

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①① N° de publication :

3 133 374

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

22 02211

⑤① Int Cl⁸ : B 64 D 15/12 (2022.01), B 64 C 11/26, H 05 B 3/18

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 14.03.22.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 15.09.23 Bulletin 23/37.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : Safran Aircraft Engines Société par
actions simplifiée (SAS) — FR.

⑦② Inventeur(s) : CARTRON Hugo, TREBAOL Julien
David Alexandre et OUTTRABADY Henri.

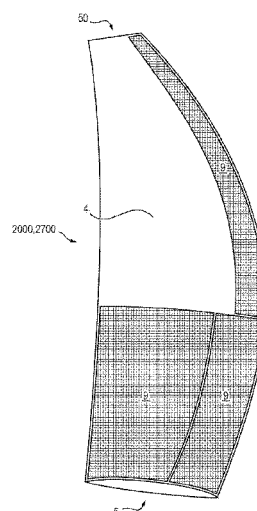
⑦③ Titulaire(s) : Safran Aircraft Engines Société par
actions simplifiée (SAS).

⑦④ Mandataire(s) : REGIMBEAU.

⑤④ Dispositif de dégivrage d'aube.

⑤⑦ La présente divulgation concerne une pièce d'aéronef
comprenant : une structure en matériau composite compre-
nant un renfort fibreux noyé dans une matrice ; un élément
de chauffage (9) configuré pour chauffer la pièce, l'élément
de chauffage (9) étant noyé dans la matrice de la structure
en matériau composite.

Figure pour l'abrégé: Fig. 6



FR 3 133 374 - A1



Description

Titre de l'invention : Dispositif de dégivrage d'aube

DOMAINE DE L'INVENTION

- [0001] La présente demande concerne le domaine de l'aéronautique. Plus précisément, la présente demande concerne le dégivrage de pièces d'un aéronef, typiquement de pièces en matériau composite, et plus particulièrement d'aubes de moteur d'aéronef.

ETAT DE LA TECHNIQUE

- [0002] Certaines pièces d'un aéronef, telles qu'une aube du moteur, sont exposées à un flux d'air froid lors du fonctionnement de l'aéronef. Une telle exposition est susceptible d'entraîner la formation, puis l'accrétion, de glace au niveau d'une surface de ces pièces qui est exposée au flux d'air froid, ce qui peut mettre en péril le fonctionnement de l'aéronef.

Exposé de l'invention

- [0003] Un but de l'invention est d'empêcher la formation et/ou l'accrétion de glace au niveau d'une surface d'une pièce d'aéronef de manière simple, peu coûteuse et facilement industrialisable.
- [0004] Il est à cet effet proposé, selon un aspect de la divulgation, une pièce d'aéronef comprenant :
- une structure en matériau composite comprenant un renfort fibreux noyé dans une matrice ;
 - au moins un élément de chauffage configuré pour chauffer la pièce, l'élément de chauffage étant noyé dans la matrice de la structure en matériau composite.
- [0005] Avantageusement, mais facultativement, la pièce selon la divulgation peut comprendre l'une au moins des caractéristiques suivantes, prise seule ou en combinaison :
- l'élément de chauffage est distinct du renfort fibreux ;
 - l'élément de chauffage comprend un support perméable à la matrice et un organe chauffant configuré pour chauffer la pièce ;
 - l'organe chauffant comprend une portion électriquement conductrice, le support étant configuré pour isoler électriquement la portion électriquement conductrice du renfort fibreux ;
 - elle comprend en outre un élément de connexion électrique configuré pour relier électriquement la portion électriquement conductrice à une source d'alimentation électrique ; et une gaine électriquement isolante recevant l'élément de connexion électrique de sorte à isoler électriquement l'élément de connexion électrique du renfort fibreux ;

- le support comprend une première couche et une deuxième couche, l'organe chauffant étant positionné entre la première couche et la deuxième couche ;
- au moins une de la première couche et de la deuxième couche comprend une portion tissée et/ou une portion tricotée ;
- au moins une de la première couche et de la deuxième couche comprend un tissu en maille jetée ;
- elle comprend une pluralité d'éléments de chauffage répartis avec une densité différente selon leur position au sein de la pièce ; et
- la pièce est une aube pour moteur d'aéronef, l'aube comprenant de préférence une pluralité d'éléments de chauffage répartis avec une densité différente selon leur position au sein de l'aube, avec une densité supérieure au niveau du pied de l'aube qu'au niveau de la tête de l'aube.

[0006] Selon un autre aspect de la divulgation, il est proposé une soufflante comprenant un moyeu et une pluralité d'aubes telles que précédemment décrites s'étendant radialement à partir du moyeu.

[0007] Selon un autre aspect de la divulgation, il est proposé un procédé de fabrication d'une pièce telle que précédemment décrite, comprenant les étapes de :
réalisation du renfort fibreux ;
fixation de l'élément de chauffage sur le renfort fibreux ; puis
solidification de la matrice.

[0008] Avantagusement, le procédé peut comprendre une étape d'imprégnation de l'élément de chauffage par la matrice. Le cas échéant, la fixation de l'élément de chauffage sur le renfort fibreux peut être mise en œuvre avant ou après l'étape d'imprégnation de l'élément de chauffage par la matrice. En outre, l'étape d'imprégnation de l'élément de chauffage par la matrice peut être mise en œuvre en même temps qu'une étape d'imprégnation du renfort fibreux par la matrice ou, alternativement, avant ou après l'étape d'imprégnation du renfort fibreux par la matrice.

DESCRIPTION DES FIGURES

[0009] D'autres caractéristiques, buts et avantages de la divulgation ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

[0010] La [Fig.1] est une vue en coupe schématique d'un ensemble propulsif pour aéronef.

[0011] La [Fig.2] est une vue en coupe schématique d'un autre ensemble propulsif pour aéronef.

[0012] La [Fig.3] illustre divers composants d'une aube pour moteur d'aéronef.

[0013] La [Fig.4] illustre une partie d'une aube selon un mode de réalisation.

[0014] La [Fig.5] est une vue en coupe de la [Fig.4].

- [0015] La [Fig.6] illustre une aube selon un mode de réalisation.
- [0016] La [Fig.7] est un organigramme présentant un mode de mise en œuvre d'un procédé de fabrication d'une aube.
- [0017] Sur l'ensemble des **figures**, les éléments similaires portent des références identiques.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Ensemble propulsif

- [0018] La [Fig.1] illustre un ensemble propulsif **1** présentant un axe longitudinal **X-X**, et comprenant un moteur **2** (ou turbomachine) et une nacelle **3** entourant le moteur **2**.
- [0019] L'ensemble propulsif **1** est destiné à être monté sur un aéronef (non représenté), tel qu'un avion ou un hélicoptère, par exemple sous l'aile de l'aéronef, sur l'aile ou encore à l'arrière du fuselage de l'aéronef. A cet égard, l'ensemble propulsif **1** peut comprendre un mât (non représenté) destiné à relier l'ensemble propulsif **1** à une partie de l'aéronef.
- [0020] Le moteur **2** illustré sur la [Fig.1] est un turboréacteur à double corps, double flux et entraînement direct. Ceci n'est toutefois pas limitatif puisque le moteur **2** peut comporter un nombre différent de corps et/ou de flux, et/ou être un autre type de turbo-réacteur, tel qu'un turboréacteur à réducteur ou un turbopropulseur.
- [0021] Sauf précision contraire, les termes « amont » et « aval » sont utilisés en référence à la direction globale d'écoulement d'air à travers l'ensemble propulsif **1** en fonctionnement. De même, une direction axiale correspond à la direction de l'axe longitudinal **X-X** et une direction radiale est une direction perpendiculaire à l'axe longitudinal **X-X** et coupant l'axe longitudinal **X-X**. Par ailleurs, un plan axial est un plan contenant l'axe longitudinal **X-X** et un plan radial est un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal **X-X**. Une circonférence s'entend comme un cercle appartenant à un plan radial et dont le centre appartient à l'axe longitudinal **X-X**. Une direction tangentielle ou circonférentielle est une direction tangente à une circonférence : elle est orthogonale à l'axe longitudinal **X-X** mais ne passe pas par l'axe longitudinal **X-X**. Enfin, les adjectifs « intérieur » (ou « interne ») et « extérieur » (ou « externe ») sont utilisés en référence à une direction radiale de sorte que la partie intérieure d'un élément est, suivant une direction radiale, plus proche de l'axe longitudinal **X-X** que la partie extérieure du même élément.
- [0022] Comme visible sur la [Fig.1], le moteur **2** comprend, de l'amont vers l'aval, une soufflante **20**, une section de compression **22** comprenant un compresseur basse pression **220** et un compresseur haute pression **222**, une chambre de combustion **24** et une section de détente **26** comprenant une turbine haute pression **262** et une turbine basse pression **260**. La soufflante **20**, la partie rotor du compresseur basse pression **220**, et la partie rotor de la turbine basse pression **260** sont reliées entre elles par un arbre

basse pression **280** s'étendant le long de l'axe longitudinal **X-X**, la soufflante **20**, le compresseur basse pression **220** et la turbine basse pression **260** formant alors un corps basse pression. La partie rotor du compresseur haute pression **222** et la partie rotor de la turbine haute pression **262** sont reliées entre elles par un arbre haute pression **282** s'étendant le long de l'axe longitudinal **X-X**, le compresseur haute pression **222** et la turbine haute pression **262** formant alors un corps haute pression. Comme visible sur la [Fig.1], la section de compression **22**, la chambre de combustion **24** et la section de détente **26** sont entourés par un carter moteur **23**, tandis que la soufflante **20** est entourée par un carter de soufflante **25**. Le carter moteur **23** et le carter de soufflante **25** sont reliés entre eux par des bras structuraux **27** profilés formant redresseurs (ou OGV pour « *Outlet Guide Vanes* » dans la terminologie anglo-saxonne) répartis de manière circonférentielle tout autour de l'axe longitudinal **X-X**. L'axe longitudinal **X-X** forme un axe de rotation pour la soufflante **20**, la partie rotor de la section de compression **22** et la partie rotor de la section de détente **26**, lesquelles sont susceptibles d'être entraînées en rotation autour de l'axe longitudinal **X-X** par rapport au carter moteur **23** et au carter de soufflante **25**.

[0023] La nacelle **3** s'étend radialement à l'extérieur du moteur **2**, tout autour de l'axe longitudinal **X-X**, de sorte à entourer à la fois le carter de soufflante **25** et le carter moteur **23**, et à définir, avec une partie aval du carter moteur **23**, une partie aval d'une veine secondaire B, la partie amont de la veine secondaire B étant définie par le carter de soufflante **25** et une partie amont du carter moteur **23**. La partie amont de la nacelle **3** définit en outre une entrée d'air **29** par laquelle la soufflante **20** aspire le flux d'air circulant à travers l'ensemble propulsif **1**.

[0024] En fonctionnement, la soufflante **20** aspire un flux d'air dont une portion, circulant au sein d'une veine primaire A, est, successivement, comprimée au sein de la section de compression **22**, enflammée au sein de la chambre de combustion **24** et détendue au sein de la section de détente **26** avant d'être éjectée hors du moteur **2**. La veine primaire A traverse le carter moteur **23** de part en part. Une autre portion du flux d'air circule au sein de la veine secondaire B qui prend une forme annulaire allongée entourant le carter moteur **23**, l'air aspiré par la soufflante **20** étant redressé par les redresseurs **27** puis éjecté hors de l'ensemble propulsif **1**. De cette manière, l'ensemble propulsif **1** génère une poussée. Cette poussée peut, par exemple, être mise au profit de l'aéronef sur lequel l'ensemble propulsif **1** est rapporté et fixé.

[0025] La [Fig.2] illustre un autre ensemble propulsif **1**, présentant également un axe longitudinal **X-X**, et comprenant aussi un moteur **2**, ainsi qu'une nacelle **3**.

[0026] Contrairement au moteur **2** de l'ensemble propulsif **1** illustré sur la [Fig.1], le moteur **2** de l'ensemble propulsif **1** illustré sur la [Fig.2] ne comprend pas de soufflante **20** carénée, mais une soufflante **20** (ou hélice) non-carénée. La nacelle **3** est, quant à elle,

destinée à être fixée à l'aéronef, de la même manière que pour l'ensemble propulsif **1** illustré sur la [Fig.1], et définit également une entrée d'air **29**. L'ensemble propulsif **1** illustré sur la [Fig.2] est du type « *Open-Rotor* », plus particulièrement dans une configuration appelée « *pusher* », c'est-à-dire dans laquelle la soufflante **20** non-carénée est positionnée à l'aval du moteur **2** et à l'aval de l'entrée d'air **29**. Ceci n'est toutefois pas limitatif, puisqu'un ensemble propulsif **1** de type « *Open-Rotor* » peut également se trouver dans une configuration appelée « *puller* », dans laquelle la soufflante **20** est positionnée en amont du moteur **2**, l'entrée d'air **29** étant positionnée en amont de la soufflante **20**, entre les deux étages rotors **200**, **202** de soufflante **20**, ou en aval de la soufflante **20**.

[0027] Sur la [Fig.2], la soufflante **20** comprend deux étages rotors **200**, **202** contrarotatifs, c'est-à-dire que, en fonctionnement, les étages rotors **200**, **202** sont entraînés en rotation autour de l'axe longitudinal **X-X** en sens opposés. Ceci n'est toutefois pas limitatif, puisque la soufflante **20** peut également comprendre un étage rotor, entraînée en rotation autour de l'axe longitudinal, et un étage stator, fixe en rotation, l'étage stator étant positionné en aval de l'étage rotor, et se comporte comme un redresseur afin de redresser le flux d'air aspiré par l'étage rotor. De manière générale, les étages rotors **200**, **202** d'un open-rotor tournent moins vite qu'une soufflante **20** carénée. En outre, la longueur des pales d'aubes **2000** de soufflante **20** est plus importante pour un ensemble propulsif **1** tel qu'illustré sur la [Fig.2] que pour un ensemble propulsif **1** tel qu'illustré sur la [Fig.1]. Les aubes **2000** de soufflante **20** d'un ensemble propulsif **1** tel qu'illustré sur la [Fig.2] sont donc particulièrement sensibles au phénomène d'accrétion de glace. En outre contrairement à une soufflante **20** carénée, toute la surface des aubes **2000** des étages rotors **200**, **202** de la soufflante **20** d'un open-rotor peut être le lieu de givrage.

[0028] Comme visible sur la [Fig.2], le moteur **2** comprend, de l'amont vers l'aval, une section de compression **22**, une chambre de combustion **24** et une section de détente **26** comprenant une turbine haute pression **262** et une turbine basse pression **260**. La partie rotor de la turbine haute pression **262** est reliée à au moins une portion de la partie rotor de la section de compression **22** par un arbre haute pression **282** s'étendant le long de l'axe longitudinal **X-X**. La turbine basse pression **260** comprend deux rotors, chacun solidaire en rotation avec les étages rotors **200**, **202** de la soufflante **20**. Ceci n'est toutefois pas limitatif puisque, lorsque la soufflante **20** comprend un étage rotor et un étage stator, une partie rotor de la turbine basse pression **260** est reliée à l'étage rotor de la soufflante **20**, tandis qu'une partie stator de la turbine basse pression **260** est reliée à l'étage stator de la soufflante **20**. La section de compression **22**, la chambre de combustion **24** et la section de détente **26** sont entourés par la nacelle **3**.

[0029] En fonctionnement, chacune de la soufflante **20** et de la section de compression **22**

aspire un flux d'air. L'air A aspiré par la section de compression **22** est, successivement, comprimé au sein de la section de compression **22**, enflammée au sein de la chambre de combustion **24** et détendue au sein de la section de détente **26** avant d'être éjectée hors du moteur **2**. L'air B aspiré par la soufflante **20** circule autour de la nacelle **3** avant d'être éjecté en aval de l'ensemble propulsif **1**. De cette manière, l'ensemble propulsif **1** génère une poussée. Cette poussée peut, par exemple, être mise au profit de l'aéronef sur lequel l'ensemble propulsif **1** est rapporté et fixé.

[0030] Le moteur **2** de chacun des ensembles propulsifs illustré sur la [Fig.1] et sur la [Fig.2] comprend au moins un rotor, typiquement la soufflante **20**, et un stator, typiquement le redresseur **27**, qui comprennent chacun un moyeu **2001**, **2701**, centré sur l'axe longitudinal **X-X**, et duquel s'étend radialement une pluralité d'aubes **2000**, **2700**.

Aube pour moteur

[0031] Comme visible sur la [Fig.3], au moins une parmi les aubes **2000**, **2700** du moteur **2**, typiquement toutes les aubes **2000**, **2700** de la soufflante **20** et du redresseur **27**, comprend une pale **4** et un pied **5**, le pied **5** permettant de fixer l'aube **2000**, **2700** au moyeu **2001**, **2701**. L'aube **2000**, **2700**, et plus particulièrement la pale **4**, peut comprendre une structure en matériau composite comprenant un renfort fibreux noyé dans une matrice. Ceci permet en effet d'optimiser la masse de l'ensemble propulsif **1** et améliore sa performance.

[0032] Le renfort fibreux peut être formé à partir d'une préforme fibreuse (ou textile) en une seule pièce, obtenue par tissage tridimensionnel ou multicouche, avec épaisseur évolutive. Il peut comprendre des torons de chaîne et de trame. Le tissage tridimensionnel indique généralement que les torons de chaîne suivent des trajets sinueux afin de lier entre eux des torons de trame appartenant à des couches de torons de trame différentes exception faite de déliaisons, étant noté qu'un tissage tridimensionnel, notamment à armure interlock, peut inclure des tissages 2D en surface. Différentes armures de tissage tridimensionnel peuvent être utilisées, telles que des armures interlock, multi-satin ou multi-voile. Le renfort fibreux peut ainsi comprendre des arrangements fibreux tissés (bidimensionnels ou tridimensionnels), tressés, tricotés ou stratifiés. Les fibres du renfort fibreux peuvent comprendre l'un des matériaux suivants : carbone, verre, basalte, aramide, polypropylène et/ou céramique.

[0033] La matrice comprend typiquement une matière organique (thermodurcissable, thermoplastique ou élastomère) ou une matrice en carbone. Par exemple, la matrice comprend une matière plastique, typiquement un polymère, par exemple époxyde, bis-maléimide ou polyimide.

[0034] La pale **4** présente, au moins sur une portion, un profil aérodynamique propre à être placé dans un flux lorsque l'ensemble propulsif **1** est en fonctionnement, afin de générer une portance. Le profil aérodynamique comprend un intrados **40**, un extrados

42, un bord d'attaque **44** et un bord de fuite **46**. Le bord d'attaque **44** est configuré pour s'étendre en regard de l'écoulement d'air au sein de l'ensemble propulsif **1**, et correspond à la partie antérieure d'un profil aérodynamique qui fait face au flux d'air et qui divise l'écoulement d'air en un écoulement d'intrados **40** et en un écoulement extrados **42**. Le bord de fuite **46**, quant à lui, correspond à la partie postérieure du profil aérodynamique, où se rejoignent les écoulements intrados **40** et extrados **42**. L'intrados **40** voire l'extrados **42** de la pale **4** peut être recouvert d'un film polyuréthane pour la protection contre l'érosion.

- [0035] Dans un mode de réalisation (non représenté) la pale peut comprendre deux peaux, qui sont raccordées l'une à l'autre et s'étendent globalement l'une en face de l'autre. Les peaux sont conformées de sorte à définir ensemble le profil aérodynamique. Les peaux sont réalisées dans un matériau composite comprenant le renfort fibreux densifié par une matrice. Elles sont donc monolithiques et sont réalisées d'une seule pièce selon un mode de réalisation non limitatif. En variante, il est possible de considérer un renfort fibreux pour l'intrados et un autre pour l'extrados.
- [0036] Dans un mode de réalisation illustré sur la [Fig.3], l'aube **2000**, **2700** comprend en outre un longeron **6**, une pièce de remplissage **7** et un bouclier **8**.
- [0037] Le longeron **6** peut comprendre, comme illustré sur la [Fig.3], une partie de pied d'aube **5** qui s'étend à l'extérieur de la pale **4** et une partie de pale qui est disposée à l'intérieur de la pale **4** de sorte à en former une âme. La partie de pied d'aube **5** est configurée pour être insérées dans le moyeu **2001**, **2701**. Le longeron **6** peut être réalisé en métal et en une seule pièce, dans laquelle la partie de pied d'aube **5** et la partie de pale sont monolithiques. Le matériau métallique du longeron **6** peut comprendre l'un au moins des matériaux suivants : acier, titane, alliage de titane (en particulier du TA6V, comprenant du titane, de l'aluminium, du vanadium et des traces de carbone, de fer, d'oxygène et d'azote), superalliage à base de nickel tel que de l'Inconel, alliage d'aluminium. En variante, le longeron **6** peut comprendre un matériau composite comprenant un renfort fibreux densifié par une matrice. De manière analogue à la structure en matériau composite de la pale **4**, la matrice du longeron **6** comprend typiquement une matière organique (thermodurcissable, thermoplastique ou élastomère) ou une matrice en carbone. Par exemple, la matrice comprend une matière plastique, typiquement un polymère, par exemple époxyde, bismaléimide ou polyimide. Les fibres du renfort fibreux du longeron **6** comprennent au moins l'un des matériaux suivants : carbone, verre, basalte, aramide, polypropylène et/ou céramique. Le renfort fibreux du longeron **6** peut comprendre des arrangements fibreux tissés (bidimensionnels ou tridimensionnels), tressés, tricotés ou stratifiés. La matrice du longeron **6** et la matrice de la structure en matériau composite de l'aube **2000**, **2700** peuvent le cas échéant être identiques. Les fibres du renfort fibreux du longeron **6**

peuvent être réalisées dans un matériau identique ou différent des fibres du renfort fibreux de la structure en matériau composite de l'aube **2000**, **2700**. En définitive, le longeron **6** est préférentiellement en matériau composite à matrice organique époxy renforcée par fibres de carbone tissées 3D avec la direction de chaîne majoritairement orientée radialement et la trame majoritairement orientée selon la corde de la pale **4** à hauteur de veine aérodynamique. Cependant, le longeron **6** peut également être un assemblage plus avantageux mécaniquement de différents matériaux composites à matrice organique (thermodurcissable, thermoplastique ou élastomère) renforcés par fibres longues (carbone, verre, aramide, polypropylène) selon plusieurs arrangements fibreux (tissé, tressé, tricoté, unidirectionnel).

- [0038] La pièce de remplissage **7** est placée au sein de la structure à profil aérodynamique de la pale **4** et entoure le longeron **6**. La pièce de remplissage **7** peut être réalisée dans un matériau comportant des cavités internes, tel qu'une mousse d'origine organique (polyéthacrylimide, polytéraphthalate d'éthylène (PET), polychlorure de vinyle (PVC), polyétherimide (PEI), polyvinyl, carbone, polyisocyanurate, polyuréthane, etc.) ou métallique (notamment en alliage d'aluminium), ou encore un nid d'abeilles du type Nomex®, en kevlar, en fibres de verre ou encore en aluminium. Avantageusement, la pièce de remplissage **7** est recouverte d'une peau en matériau composite à matrice organique **400** pour augmenter la résistance de l'aube **2000**, **2700** à l'impact.
- [0039] Enfin, le bord d'attaque **44** du profil aérodynamique peut être renforcé par un bouclier **8** rapporté et fixé, par exemple par collage. Le bouclier **8** peut être titane ou alliage de titane, inox, acier, aluminium, nickel, etc.

Élément de chauffage

- [0040] La [Fig.4] et la [Fig.5] illustrent un élément de chauffage **9** configuré pour chauffer l'aube **2000**, **2700**, et la [Fig.6] illustre que l'élément de chauffage **9** est rapporté et fixé sur l'aube **2000**, **2700** en étant noyé dans la matrice de la structure en matériau composite. Les aubes **2000** de soufflante **20** et les aubes **2700** de redresseur **27** sont particulièrement sensibles au phénomène d'accrétion de glace et/ou de givre, et il est donc particulièrement avantageux que l'élément de chauffage **9** soit rapporté et fixé sur ce type d'aube **2000**, **2700**.
- [0041] Il convient toutefois de noter que l'élément de chauffage **9** est distinct du renfort fibreux de la structure en matériau composite, sur laquelle il est rapporté et fixé. L'élément de chauffage **9** peut être cousu sur le renfort fibreux, de préférence avec des points de couture aux extrémités de l'élément de chauffage **9**, ou collé, voire même être fixé au renfort fibreux au moyen d'inserts, par exemple du type punaise parisienne.
- [0042] Comme visible sur la [Fig.4] et sur la [Fig.5], l'élément de chauffage **9** comprend un support **90** et un organe chauffant **92**.

[0043] L'organe chauffant **92** est configuré pour chauffer l'aube **2000, 2700**. De préférence, comme illustré sur la [Fig.4] et sur la [Fig.5], l'organe chauffant **92** fonctionne à l'énergie électrique et chauffe l'aube **2000, 2700** par effet Joule en dissipant du courant électrique circulant à travers lui. Ceci n'est toutefois pas limitatif puisque l'organe chauffant **92** peut également être de type chimique, et fournir de la chaleur par réaction chimique de composants internes à l'organe chauffant **92**, ou hydraulique, et fournir de la chaleur par conduction thermique d'un fluide caloporteur circulant à travers l'organe chauffant **92**. En tout état de cause, la [Fig.4] et la [Fig.5] illustrent que l'organe chauffant **92** comprend une portion électriquement conductrice **920**, laquelle est configurée pour chauffer l'aube **2000, 2700**. La portion électriquement conductrice **920** peut prendre la forme d'un serpentín, comme illustré sur la [Fig.4], afin d'optimiser la répartition de la chaleur produite par l'organe chauffant **92**. Le serpentín comprend un certain nombre de portions de fils électriques qui sont coudées, identiques ou non les unes aux autres, et raccordées les unes aux autres, par exemple en étant venues de matière les unes avec les autres, c'est-à-dire en étant obtenues d'une seule pièce les unes avec les autres. De préférence, l'organe chauffant **92** comprend un métal, tel que du cuivre, car c'est une matière qui conduit bien la chaleur. En tout état de cause, les motifs, la matière et la section des éléments conducteurs électriquement dans la portion électriquement conductrice **920**, sont des paramètres qui peuvent être ajustés selon le besoin en chauffage. Il convient néanmoins que l'organe de chauffage, et donc les fils électriques qui le composent le cas échéant, soient suffisamment souples pour épouser la forme de l'aube **2000, 2700**.

[0044] Comme illustré sur la [Fig.4] et sur la [Fig.5], le support **90** est perméable à la matrice, c'est-à-dire qu'il est configuré pour être imprégné par la matrice. En outre, notamment lorsque l'organe chauffant **92** fonctionne à l'énergie électrique et comprend une portion électriquement conductrice **920**, le support **90** est configuré pour isoler électriquement la portion électriquement conductrice **920** du renfort fibreux, lequel est généralement conducteur d'électricité. Ceci permet d'éviter la création de boucles de courant dans l'aube **2000, 2700**, ce qui pourrait l'endommager. Avantageusement, comme visible sur la [Fig.5], le support **90** comprend une première couche **901** et une deuxième couche **902**, l'organe chauffant **92** étant positionné entre la première couche **901** et la deuxième couche **902**. Ceci permet d'améliorer l'isolation électrique de l'organe chauffant **92** vis-à-vis du renfort fibreux. De retour à la [Fig.4], l'un au moins parmi la première couche **901** et la deuxième couche **902** peut comprendre une portion tissée et/ou une portion tricotée, qui permettent d'obtenir la perméabilité à la matrice requise, car elle présente une porosité suffisante. Dans une variante avantageuse, l'un au moins parmi la première couche **901** et la deuxième couche **902** peut comprendre un tissu en marquise, typiquement en maille jetée, qui est illustrée sur la [Fig.4], dont la

perméabilité à la matrice est optimale, c'est-à-dire qu'elle présente des mailles suffisamment larges pour que le flux de matrice ne soit pas perturbé, et suffisamment étroites pour garantir l'isolation électrique de la portion électriquement conductrice **920**. Les tissus en maille jetée sont réalisés à partir de boucles de chaînes formées dans la longueur et entrelacées dans la largeur du tricot. De tels tricots présentent l'avantage de ne pas voir ses mailles se défaire. De manière générale, le support **90** peut comprendre n'importe quel polymère qui n'est pas conducteur électriquement et résiste en outre suffisamment à la chaleur, c'est-à-dire qu'il ne se détériore pas pour des températures allant de **50°C** à **100°C**. Alternativement, ou en complément, l'une et l'autre de la première couche **901** et de la deuxième couche **902** sont telles que décrites ci-dessus, voire sont identiques.

[0045] Lorsque l'organe chauffant **92** est de type électrique, comme visible sur la [Fig.4] et sur la [Fig.5], il est possible de prévoir un élément de connexion électrique **94** configuré pour relier électriquement la portion électriquement conductrice **920** de l'organe chauffant **92** à une source d'alimentation **96** électrique. Cet élément de connexion électrique **94** peut s'étendre en dehors du support **90**, typiquement en longeant le pied **5** de l'aube **2000, 2700**. Dès lors, pour éviter que l'élément de connexion électrique **94** n'établisse un contact électrique avec le renfort fibreux, il est possible de prévoir une gaine **98** électriquement isolante recevant l'élément de connexion électrique **94** de sorte à isoler électriquement l'élément de connexion électrique **94** du renfort fibreux.

[0046] Ainsi, comme visible sur la [Fig.6], l'élément de chauffage **9** peut prendre la forme d'un tapis intégré à l'aube **2000, 2700**, au niveau de toute ou partie d'une surface externe de l'aube **2000, 2700**. La forme de tapis n'est toutefois pas limitative, puisqu'il est tout à fait possible d'envisager différents patchs, répartis sur toute la surface de l'aube **2000, 2700**. En fonction des zones de l'aube **2000, 2700** exposées à un flux d'air froid, il est possible de densifier certaines parties avec un élément de chauffage **9** configuré pour dissiper une quantité de chaleur plus grande, typiquement dont la portion électriquement conductrice **920** voit circuler une puissance électrique plus importante, qu'elle dissipe par effet Joule, par exemple dont la portion électriquement conductrice **920** comprend des fils électriques plus épais. Le cas échéant, il est possible de prévoir un réseau électrique (avec une alimentation électrique et un élément de connexion électrique **94**) par organe chauffant **92** ou, au contraire, un unique réseau électrique relié à l'ensemble des organes chauffants, mais où la densité surfacique des fils électriques des différents organes chauffants varie selon leur positionnement sur l'aube **2000, 2700**. Typiquement, l'accrétion de glace est généralement plus fréquente et plus importante au niveau d'une portion de la pale **4** qui est proche du pied **5** de l'aube **2000, 2700**. Le réseau électrique de l'organe chauffant **92** y est donc plus dense

qu'en tête **50** d'aube **2000, 2700** où l'accrétion est plus rare, du fait des vitesses atteintes lors de la rotation de l'aube **2000, 2700** autour de l'axe longitudinal **X-X**. Différents éléments de chauffage **9** peuvent donc être prévus sur la surface de l'aube **2000, 2700** en étant de préférence répartis avec une densité différente selon leur position au sein de l'aube **2000, 2700**. La densité des éléments de chauffage **9** correspond ici au nombre d'éléments de chauffage **9** par unité d'espace, cette unité pouvant être surfacique ou volumique. Ainsi, dans le cas avantageux où les éléments de chauffage **9** sont répartis avec une densité supérieure au niveau du pied **5** de l'aube **2000, 2700** qu'au niveau de la tête **50** de l'aube **2000, 2700**, cela signifie que le nombre d'éléments de chauffage par unité de surface et/ou de volume est supérieur dans une région située au niveau du pied **5** de l'aube **2000, 2700** que dans une région située au niveau de la tête **50** de l'aube **2000, 2700**, comme par exemple visible sur la [Fig.6].

Procédé de fabrication

- [0047] En référence à la [Fig.7], un procédé **E** de fabrication d'une aube **2000, 2700** pour moteur **2** telle que précédemment décrite, comprend généralement la réalisation **E1** du renfort fibreux, la fixation **E2** de l'élément de chauffage **9** sur le renfort fibreux et la solidification **E3** de la matrice.
- [0048] Une manière de réaliser ce procédé **E** de fabrication consiste à utiliser un procédé d'injection sous vide de résine appelé procédé RTM (pour « *Resin Transfer Molding* » dans la terminologie anglo-saxonne) ou encore VARTM (pour « *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* » dans la terminologie anglo-saxonne). Ce procédé consiste en général à préparer une préforme fibreuse par tissage en trois dimensions puis à disposer cette préforme dans un moule et d'y injecter une résine polymérisable telle qu'une résine époxy, qui est la matrice qui va imprégner la préforme, en maintenant éventuellement une pression réduite au cours de l'imprégnation (dans le cas du VARTM). Après polymérisation et durcissement de la pale **4**, et plus précisément de la peau en matériau composite à matrice organique **400** le cas échéant, c'est-à-dire après solidification **E3** de la matrice, le bord d'attaque **44** de la pale **4** est renforcé par le bouclier **8**, de préférence métallique, lequel est rapporté et fixé, par exemple par collage. La polymérisation est une forme de solidification **E3** de la matrice, comme l'est également le therm durcissement. Ainsi, la solidification **E3** de la matrice peut nécessiter ou non l'apport de chaleur extérieure. Le cas échéant, le procédé **E** de fabrication comprend une étape de cuisson. Bien entendu, d'autres procédés de solidification **E3** de la matrice sont envisageables, lesquels dépendent notamment de la composition de la matrice.
- [0049] L'élément de chauffage **9** peut typiquement être rapporté et fixé **E3** sur le renfort fibreux au sein du moule, typiquement par collage, avant que la matrice ne soit

injectée, de sorte à ce que celle-ci puisse imprégner à la fois le renfort fibreux et l'élément de chauffage **9**. Ceci n'est toutefois pas limitatif, puisque l'élément de chauffage **9** peut également être rapporté et fixé sur le renfort fibreux après que ce dernier a été imprégné par la matrice, l'élément de chauffage **9** étant ensuite imprégné par la matrice avant sa solidification **E3**. Avantageusement, la position de l'élément de chauffage **9** sur le renfort fibreux peut être contrôlée au moyen d'un laser.

[0050] Dans ce qui a été décrit précédemment, l'élément de chauffage **9** et le renfort fibreux sont imprégnés par la matrice dans le moule. Ceci n'est toutefois pas limitatif, puisqu'il est également possible de pré-imprégner l'élément de chauffage **9** et/ou le renfort fibreux avec la matrice, puis de rapporter et fixer l'élément de chauffage **9** sur le renfort fibreux, avant solidification **E3** de la matrice.

[0051] Une fois la matrice solidifiée, il est possible de prévoir une étape d'usinage de l'aube **2000, 2700** pour lui conférer le profil aérodynamique souhaité, et ce avant d'y rapporter et d'y fixer le bouclier **8** au niveau du bord d'attaque **44**.

[0052] La fabrication du longeron **6** peut, quant à elle, faire intervenir plusieurs procédés spécifiques comme par exemple l'usinage, la forge, le formage, la fonderie ou encore la fabrication additive (impression 3D).

[0053] Le cas échéant, le longeron **6** et la pièce de remplissage **7** sont insérés au sein de la structure en matériau composite avant l'étape de solidification **E3** de la matrice, typiquement par cuisson.

[0054] Des étapes de contrôle de l'aube **2000, 2700** peuvent être prévus afin d'en vérifier la tenue mécanique avant de la fixer au moyeu **2001, 2701**.

Avantages obtenus

[0055] En noyant l'élément de chauffage **9** dans la matrice de la structure en matériau composite de l'aube **2000, 2700**, divers avantages sont obtenus.

[0056] Tout d'abord, cela dispense d'utiliser un tapis chauffant rapporté et fixé sur une partie de la surface externe de l'aube, typiquement entre l'aube et le bouclier de protection rapporté et fixé sur le bord d'attaque de l'aube. Se défaire d'un tel tapis chauffant permet d'obtenir une aube qui ne présente pas de surépaisseur, laquelle serait susceptible de pénaliser les propriétés aérodynamiques de l'aube ou de limiter la possibilité de faire usage du bouclier de protection, puisque l'adhérence au niveau de la surépaisseur serait plus faible. Et un agencement dégradé du bouclier de protection compromettrait la tenue mécanique de l'aube, surtout en cas d'impact d'un corps étranger. En outre, l'élément de chauffage est moins sensible à la corrosion que ne le serait le tapis chauffant. Enfin, le procédé de fabrication de l'aube est plus simple et moins coûteux que de rapporter et fixer un tapis chauffant, car il est plus facilement répétable à grande échelle.

[0057] Ensuite, cela dispense de réchauffer l'aube à l'aide d'air chaud prélevé dans le

moteur. Se défaire d'un système de dégivrage par prélèvement d'air chaud permet de réduire la complexité et la masse du moteur, qui ne comprend alors plus les conduits d'acheminement de l'air chaud depuis le moteur vers les pièces à dégivrer. En outre, cela permet de réduire la complexité de fabrication des aubes, qui ne doivent plus comprendre des conduits d'acheminement internes pour recevoir l'air chaud.

[0058] Enfin, cela dispense de prévoir que l'aube est déformable sous la pression interne d'un fluide pour rompre la glace accumulée au niveau d'une surface externe de l'aube, comme pour un bord d'attaque d'une aile d'aéronef. De telles modifications géométriques de l'aube seraient en effet trop pénalisantes pour l'efficacité du moteur.

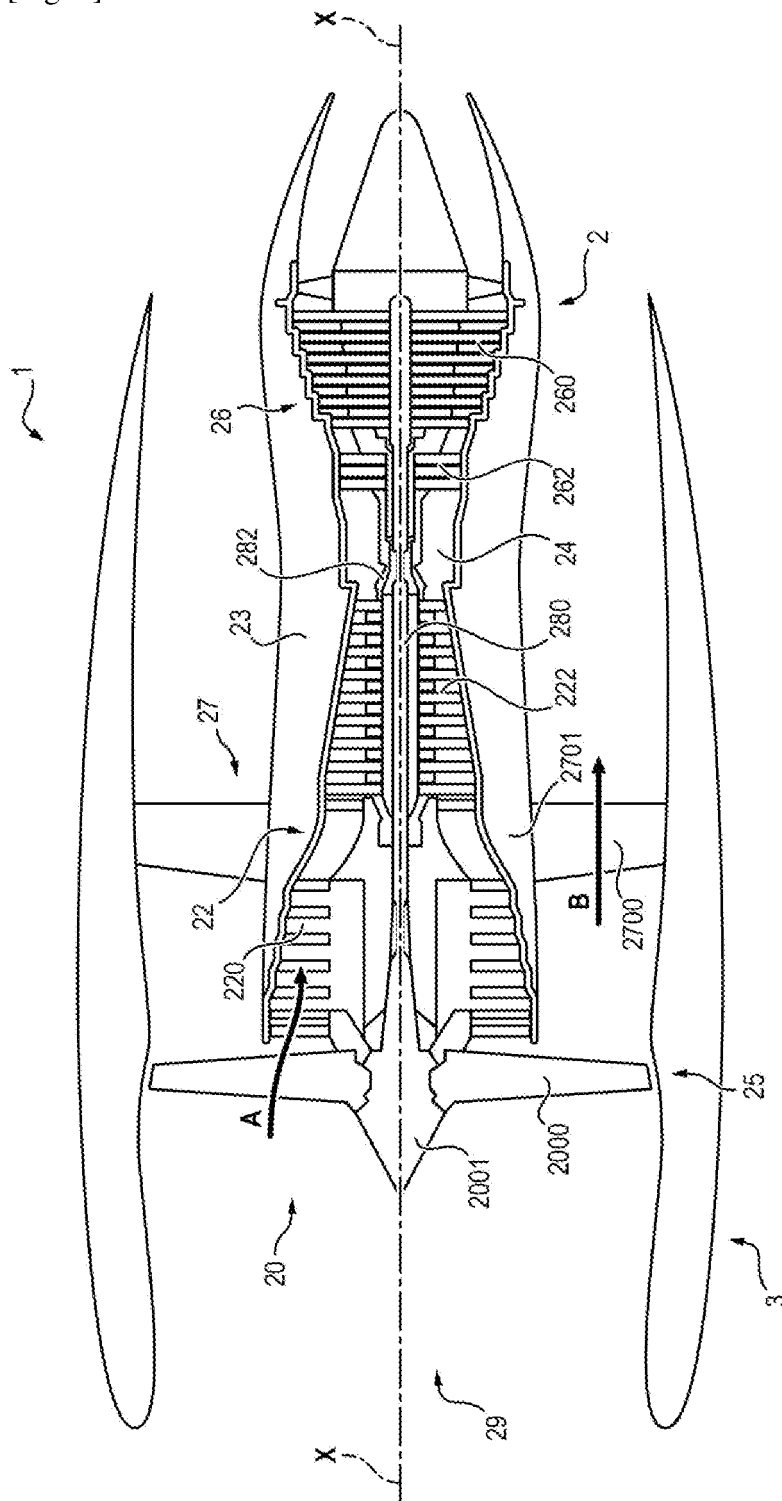
[0059] Bien qu'il ait été décrit un élément de chauffage rapporté sur une aube pour moteur d'aéronef, ceci n'est toutefois pas limitatif. En effet, un aéronef peut également comprendre d'autres pièces comprenant une structure en matériau composite, lesquelles peuvent également intégrer un élément de chauffage, un élément de connexion électrique et/ou une gaine électriquement isolante tels que précédemment décrits. De telles pièces peuvent être des parties du fuselage de l'aéronef ou de la nacelle. En outre, de telles pièces en matériau composite peuvent être fabriquées selon le procédé de fabrication précédemment décrit.

Revendications

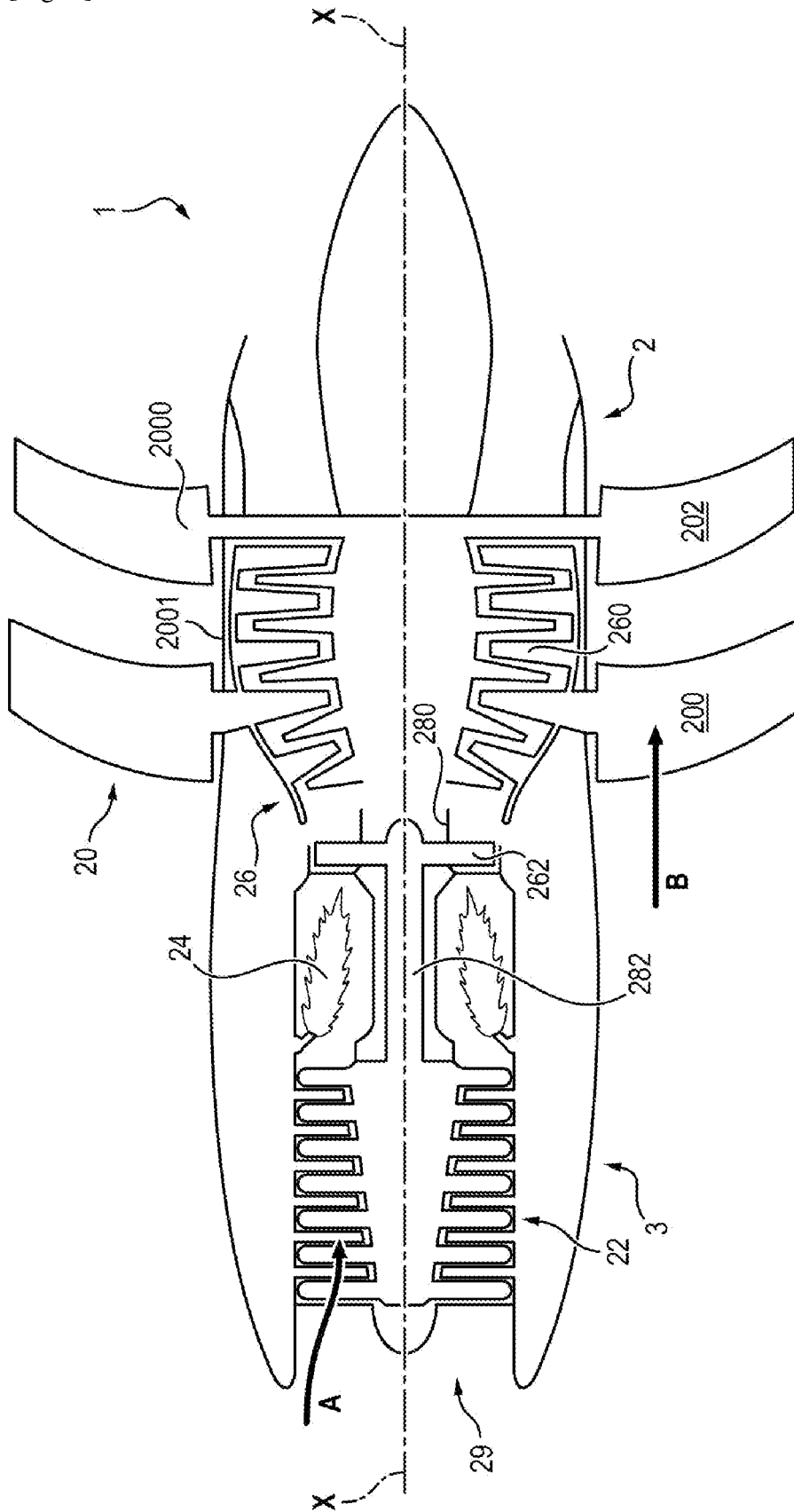
- [Revendication 1] Pièce d'aéronef comprenant :
- une structure en matériau composite comprenant un renfort fibreux noyé dans une matrice ;
 - au moins un élément de chauffage (9) configuré pour chauffer la pièce, l'élément de chauffage (9) étant noyé dans la matrice de la structure en matériau composite.
- [Revendication 2] Pièce selon la revendication 1, dans laquelle l'élément de chauffage (9) est distinct du renfort fibreux.
- [Revendication 3] Pièce selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle l'élément de chauffage (9) comprend :
- un support (90) perméable à la matrice ; et
 - un organe chauffant (92) configuré pour chauffer la pièce.
- [Revendication 4] Pièce selon la revendication 3, dans laquelle l'organe chauffant (92) comprend une portion électriquement conductrice (920), le support (90) étant configuré pour isoler électriquement la portion électriquement conductrice (920) du renfort fibreux.
- [Revendication 5] Pièce selon la revendication 4, comprenant en outre :
- un élément de connexion électrique (94) configuré pour relier électriquement la portion électriquement conductrice (920) à une source d'alimentation électrique (96) ; et
 - une gaine (98) électriquement isolante recevant l'élément de connexion électrique (94) de sorte à isoler électriquement l'élément de connexion électrique (94) du renfort fibreux.
- [Revendication 6] Pièce selon l'une des revendications 3 à 5, dans laquelle le support (90) comprend une première couche (901) et une deuxième couche (902), l'organe chauffant (92) étant positionné entre la première couche (901) et la deuxième couche (902).
- [Revendication 7] Pièce selon la revendication 6, dans laquelle au moins une de la première couche (901) et de la deuxième couche (902) comprend une portion tissée et/ou une portion tricotée.
- [Revendication 8] Pièce selon l'une des revendications 6 et 7, dans laquelle au moins une de la première couche (901) et de la deuxième couche (902) comprend un tissu en maille jetée.
- [Revendication 9] Pièce selon l'une des revendications 1 à 8, comprenant une pluralité d'éléments de chauffage (9) répartis avec une densité différente selon leur position au sein de la pièce.

- [Revendication 10] Pièce selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle la pièce est une aube (2000, 2700) pour moteur (2) d'aéronef, l'aube (2000, 2700) comprenant de préférence une pluralité d'éléments de chauffage (9) répartis avec une densité différente selon leur position au sein de l'aube (2000, 2700), avec une densité supérieure au niveau du pied (5) de l'aube (2000, 2700) qu'au niveau de la tête (50) de l'aube (2000, 2700).
- [Revendication 11] Soufflante (20) comprenant un moyeu (2001) et une pluralité d'aubes (2000) selon la revendication 10 s'étendant radialement à partir du moyeu (2001).
- [Revendication 12] Procédé de fabrication d'une pièce selon l'une des revendications 1 à 10, comprenant les étapes de :
réalisation (E1) du renfort fibreux ;
fixation (E2) de l'élément de chauffage (9) sur le renfort fibreux ; puis
solidification (E3) de la matrice.

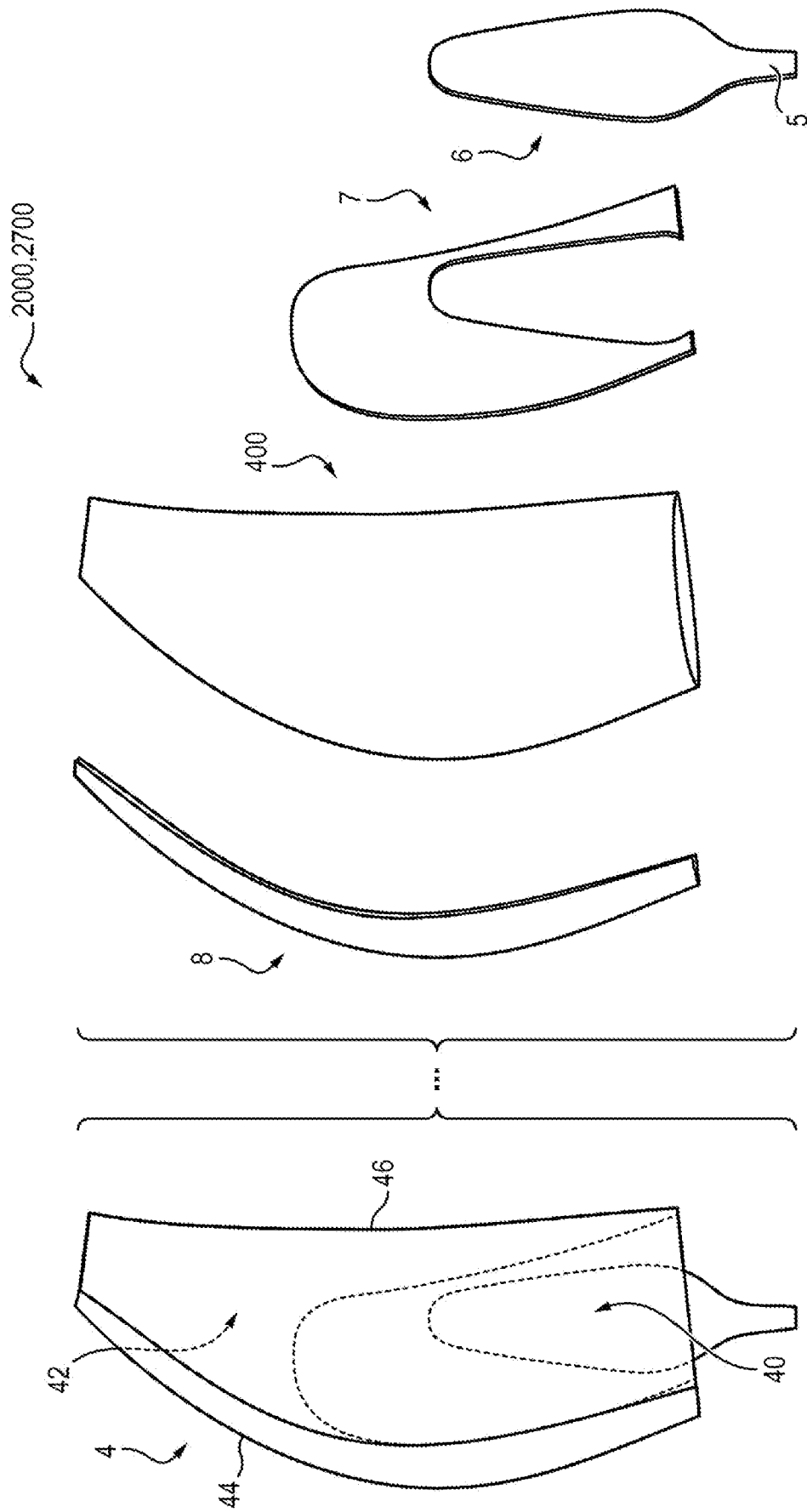
[Fig. 1]



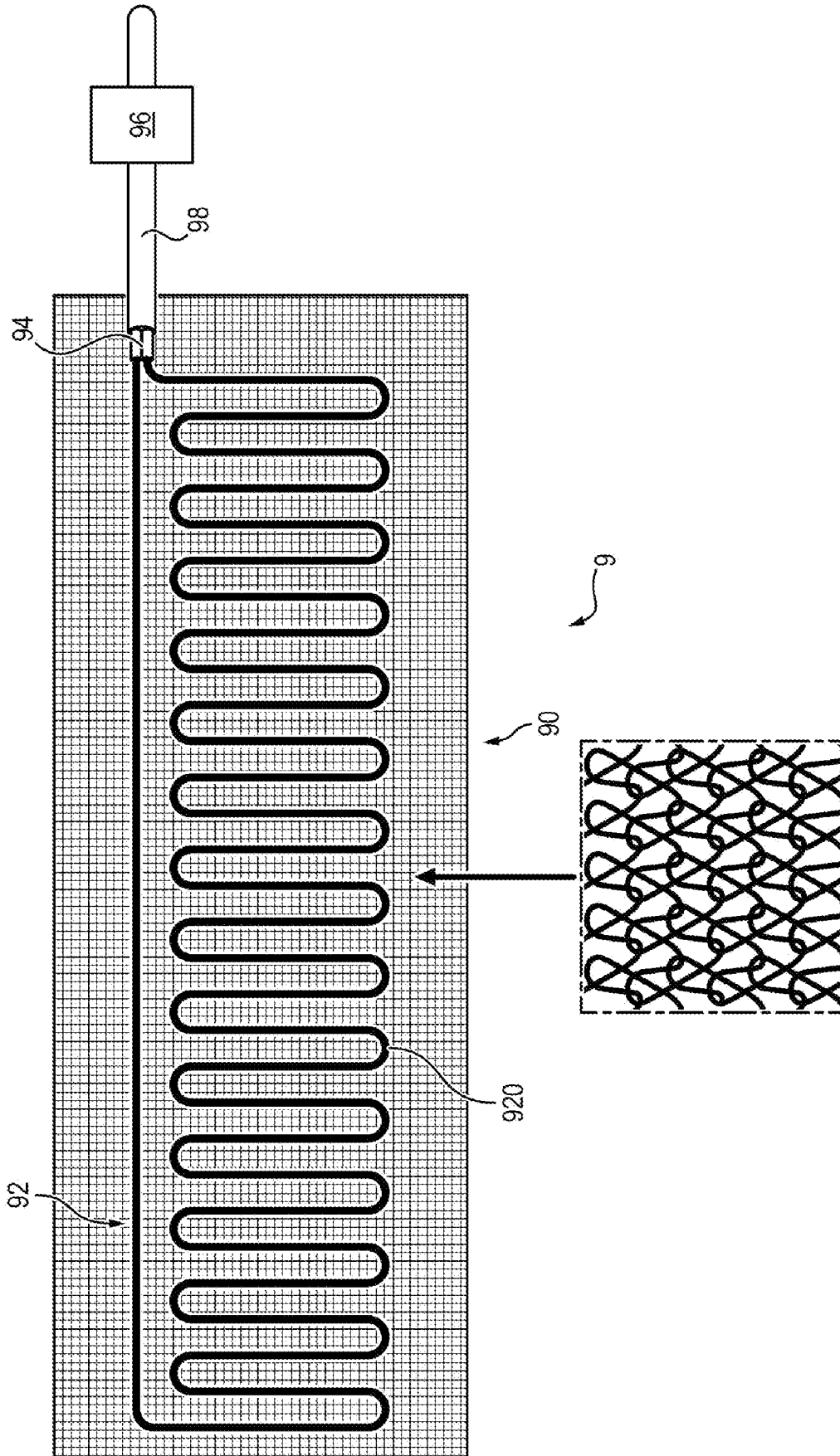
[Fig. 2]



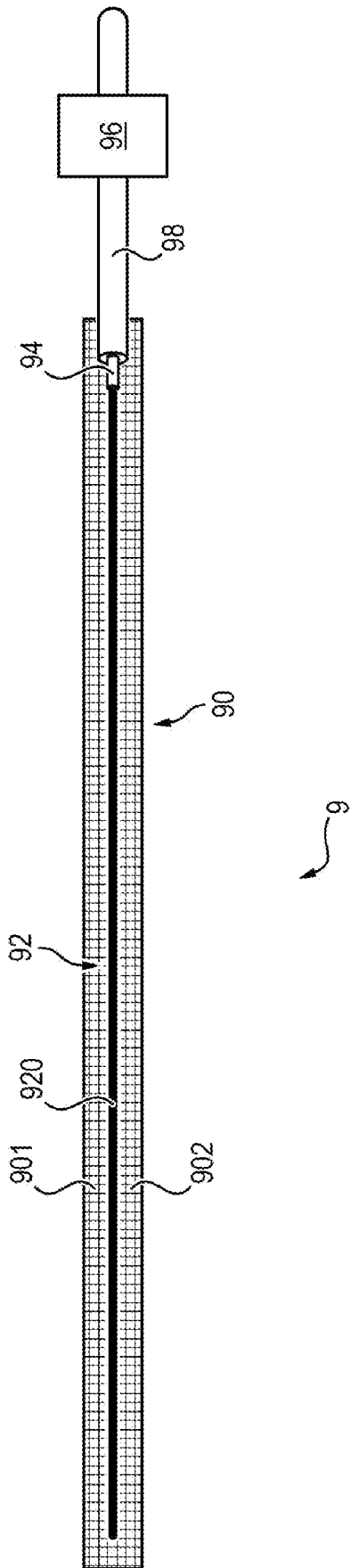
[Fig. 3]



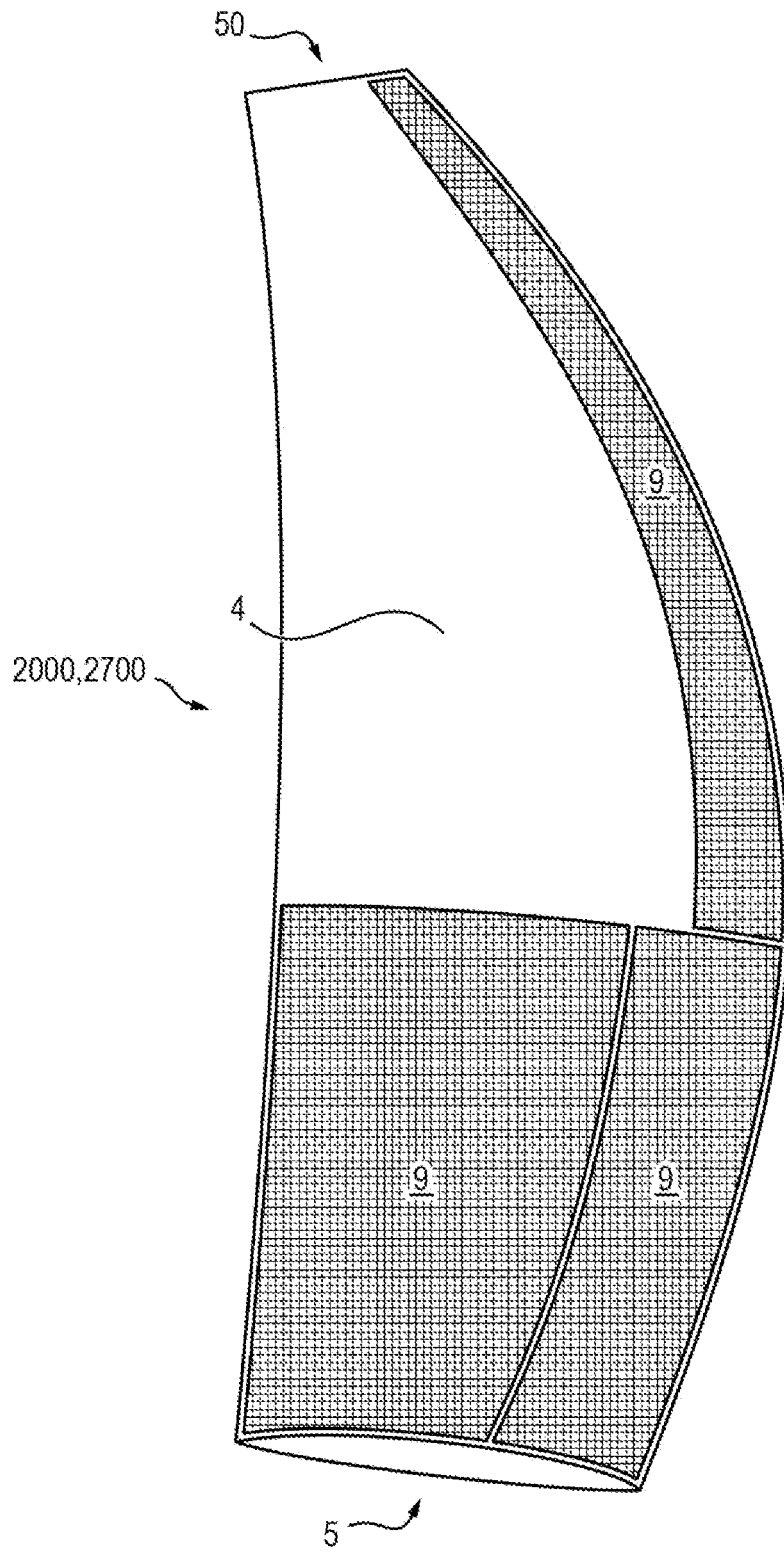
[Fig. 4]



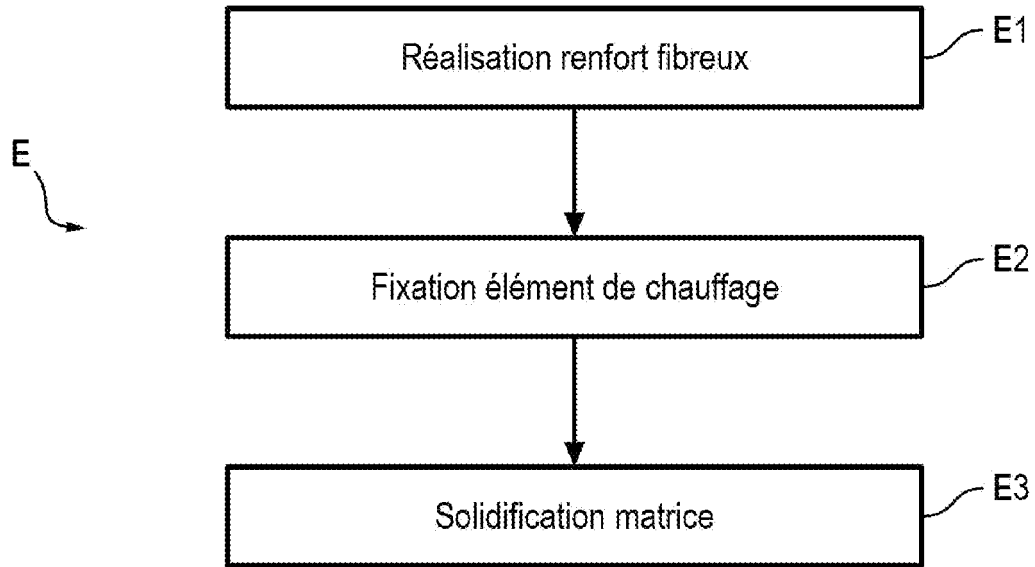
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 905299
FR 2202211

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 2 687 068 A1 (GKN AEROSPACE SERVICES STRUCTURES CORP [US]) 22 janvier 2014 (2014-01-22) * alinéas [0024] - [0040]; revendications 1, 4, 10; figures 1-5 * -----	1-12	B64D15/12 B64C11/26 H05B3/18
X	US 2005/189345 A1 (BRUNNER DANIEL [FR] ET AL) 1 septembre 2005 (2005-09-01) * alinéas [0031] - [0044]; figures 1-6 * -----	1-12	
X	US 7 913 952 B2 (EUROCOPTER FRANCE [FR]) 29 mars 2011 (2011-03-29) * abrégé; revendication 17; figures 3-7 * -----	1, 2, 9, 12	
X	US 2015/053663 A1 (SAKOTA NEBOJSA [GB] ET AL) 26 février 2015 (2015-02-26) * alinéas [0049], [0060]; figures 1-5 * -----	1-9, 12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B64D B64C F01D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 octobre 2022		Lambert, Brice	
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 2202211 FA 905299**

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 **04-10-2022**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2687068 A1	22-01-2014	EP 2687068 A1	22-01-2014
		US 2014078693 A1	20-03-2014
		WO 2012125919 A1	20-09-2012

US 2005189345 A1	01-09-2005	EP 1564142 A1	17-08-2005
		FR 2866000 A1	12-08-2005
		US 2005189345 A1	01-09-2005

US 7913952 B2	29-03-2011	CN 101200219 A	18-06-2008
		EP 1911673 A1	16-04-2008
		FR 2906786 A1	11-04-2008
		US 2008251642 A1	16-10-2008

US 2015053663 A1	26-02-2015	GB 2517465 A	25-02-2015
		US 2015053663 A1	26-02-2015
