

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 092 270

②1 N° d'enregistrement national : 19 01174

⑤1 Int Cl⁸ : B 29 C 70/24 (2019.01), B 29 C 70/34, 70/48, F 01 D 5/14

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 06.02.19.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 07.08.20 Bulletin 20/32.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

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

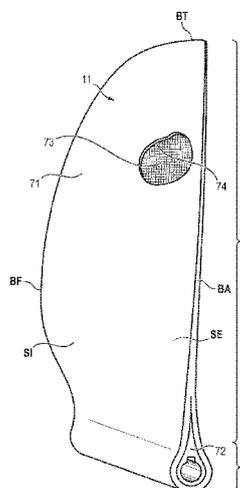
⑦2 Inventeur(s) : COURTIER Vivien Mickaël.

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

⑦4 Mandataire(s) : REGIMBEAU.

⑤4 AUBE COMPRENANT UNE STRUCTURE EN MATERIAU COMPOSITE ET PROCEDE DE FABRICATION ASSOCIE.

⑤7 L'invention concerne une aube (7) comprenant :
- une structure en matériau composite (71) comprenant un renfort fibreux (73) obtenu par tissage tridimensionnel et une matrice (74) dans laquelle est noyé le renfort fibreux (73), le renfort fibreux (73) comprenant une portion d'intrados, une portion d'extrados et une portion de pied d'aube reliant la portion d'intrados du renfort fibreux (73) à la portion d'extrados du renfort fibreux (73), et
- une pièce d'attache de pied d'aube (72), dans laquelle la portion de pied d'aube du renfort fibreux (73) est enroulée autour de la pièce d'attache de pied d'aube (72).
Figure 2



FR 3 092 270 - A1



Description

Titre de l'invention : AUBE COMPRENANT UNE STRUCTURE EN MATERIAU COMPOSITE ET PROCEDE DE FABRICATION ASSOCIE

Domaine technique

[0001] L'invention concerne une aube comprenant une structure en matériau composite.

[0002] L'invention concerne plus particulièrement, mais non exclusivement, une aube destinée à être utilisée dans un rotor de soufflante non-carénée de moteur d'aéronef (tels qu'un moteur de type « Open Rotor » présentant deux hélices tournantes ou un moteur de type USF pour « Unducted Single Fan » présentant un aubage mobile et un aubage fixe ou un turbopropulseur présentant une architecture avec une seule hélice).

Technique antérieure

[0003] L'intérêt des moteurs à soufflante non-carénée est que le diamètre de la soufflante n'est pas limité par la présence d'un carénage, de sorte qu'il est possible de concevoir un moteur présentant un fort taux de dilution, et par conséquent une consommation réduite de carburant.

[0004] Ainsi, dans ce type de moteur, les aubes de la soufflante peuvent présenter une grande envergure.

[0005] De plus, ces moteurs comprennent généralement un mécanisme permettant de modifier l'angle de calage des aubes afin d'adapter la poussée générée par la soufflante en fonction des différentes phases de vol.

[0006] Cependant, la conception de telles aubes nécessite de prendre en compte des contraintes antagonistes.

[0007] D'un côté, le dimensionnement de ces aubes doit permettre des performances aérodynamiques optimales (maximiser le rendement et fournir la poussée tout en minimisant les pertes). L'amélioration des performances aérodynamiques de la soufflante tend vers une augmentation du taux de dilution (BPR), ce qui se traduit par une augmentation du diamètre externe, et donc de l'envergure de ces aubes.

[0008] D'un autre côté, il est également nécessaire de garantir une résistance aux contraintes mécaniques pouvant s'exercer sur ces aubes tout en limitant leur signature acoustique.

[0009] Par ailleurs, sur les architectures à soufflante non-carénée, le démarrage du moteur est généralement effectué avec un calage très ouvert. Par exemple, les turbopropulseurs sont démarrés avec une hélice dont le calage des pales est proche de l'axe moteur. En effet, un calage très ouvert permet de consommer la puissance par le couple, ce qui assure la sécurité machine en garantissant des régimes de soufflante faibles. Sur les architectures non carénées, cette pratique a été reprise et généralisée.

- [0010] Or, avec un calage très ouvert, les aubes subissent un écoulement aérodynamique turbulent, partiellement ou complètement décollé, qui génère une excitation vibratoire large bande. En particulier sur des aubes à large corde et de grande envergure, l'effort de flexion est intense, bien que le régime moteur ne soit pas maximal.
- [0011] En fonctionnement normal, durant les phases au sol et en vol, le calage est modifié (l'angle de calage est plus fermé) pour produire de la poussée. L'écoulement aérodynamique est donc parfaitement sain (recollé au profil aérodynamique). Les sollicitations large bande disparaissent, le régime de rotation étant plus élevé, et l'effort de flexion est maîtrisé.
- [0012] Dans les moteurs d'avion, il est connu d'utiliser des aubes en matériau métallique car celles-ci ont une très bonne résistance mécanique. Ces aubes présentent toutefois l'inconvénient d'avoir une masse relativement importante. Afin de réduire cette masse, il est souhaitable de pouvoir fabriquer ces aubes en matériau composite. Toutefois, les efforts aérodynamiques intenses auxquelles ces aubes seraient soumises de façon répétée au démarrage risqueraient d'endommager l'aube et/ou le moyeu dans la zone d'interface entre ces aubes et le moyeu du rotor de la soufflante. Ce problème se pose plus particulièrement lorsque les aubes sont reliées au moyeu par le biais d'attaches brochées.

Résumé de l'invention

- [0013] Un but de l'invention est de proposer une aube incluant un matériau composite, adaptée pour être utilisée avec un mécanisme de calage variable, tout en étant capable de résister à des efforts aérodynamiques intenses.
- [0014] Ce but est atteint dans le cadre de la présente invention grâce à une aube comprenant :
- [0015] - une structure en matériau composite comprenant un renfort fibreux obtenu par tissage tridimensionnel et une matrice dans laquelle est noyé le renfort fibreux, le renfort fibreux comprenant une portion d'intrados, une portion d'extrados et une portion de pied d'aube reliant la portion d'intrados du renfort fibreux à la portion d'extrados du renfort fibreux, et
- [0016] - une pièce d'attache de pied d'aube,
- [0017] dans laquelle la portion de pied d'aube du renfort fibreux est enroulée autour de la pièce d'attache de pied d'aube.
- [0018] Dans l'assemblage proposé, la pièce d'attache est destinée à être utilisée pour attacher le pied d'aube au rotor de la soufflante. En particulier, la pièce d'attache peut comprendre un alésage propre à recevoir un arbre et des aménagements propres à solidariser en rotation l'aube sur l'arbre.
- [0019] De cette manière, les efforts s'appliquant sur l'aube sont transmis au moyeu via la

pièce d'attache, et non via les surfaces externes du pied d'aube comme c'est le cas dans un montage par attache brochée. La pièce d'attache procure une attache de pied d'aube suffisamment rigide pour encaisser les sollicitations vibratoires large bande causées par un flux aérodynamique complètement décollé.

- [0020] L'aube peut en outre présenter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :
- [0021] - la pièce d'attache comprend un alésage propre à recevoir un arbre et une rainure ménagée dans une surface interne de l'alésage et propre à recevoir une clavette pour solidariser en rotation l'aube sur l'arbre ;
- [0022] - la pièce d'attache comprend une partie renflée, autour de laquelle est enroulé le renfort fibreux, et une partie effilée s'étendant entre la portion d'intrados du renfort fibreux et la portion d'extrados du renfort fibreux ;
- [0023] - la pièce d'attache est en métal, par exemple en acier ou en titane ;
- [0024] - l'aube comprend une tête d'aube présentant un bord de tête d'aube, et le renfort fibreux comprend des torons de chaîne s'étendant successivement depuis le bord de la tête d'aube, dans la portion d'intrados, dans la portion de pied d'aube autour de la pièce d'attache, et dans la portion d'extrados jusqu'au bord de la tête d'aube ;
- [0025] - la portion de pied d'aube du renfort fibreux présente une épaisseur qui augmente puis diminue lorsqu'on parcourt la portion de pied d'aube depuis la portion d'intrados jusqu'à la portion d'extrados ;
- [0026] - l'aube comprend un pied d'aube dans lequel s'étend la portion de pied d'aube du renfort fibreux, et un collier entourant le pied d'aube.
- [0027] L'invention se rapporte également à un procédé de fabrication d'une aube à partir d'un renfort fibreux obtenu par tissage tridimensionnel et d'une pièce d'attache de pied d'aube, le renfort fibreux comprenant une portion d'intrados, une portion d'extrados et une portion de pied d'aube reliant la portion d'intrados et la portion d'extrados entre elles, ayant des étapes comprenant :
- [0028] - enrouler la portion de pied d'aube du renfort fibreux autour de la pièce d'attache de manière à superposer la portion d'intrados et la portion d'extrados entre elles,
- [0029] - placer le renfort fibreux muni de la pièce d'attache dans un moule,
- [0030] - injecter de la matière plastique dans le moule de manière à former une structure en matériau composite comprenant le renfort fibreux et une matrice dans laquelle sont noyés le renfort fibreux et la pièce d'attache.
- [0031] Dans un mode de réalisation de l'invention, le procédé comprend une étape préalable de :
- [0032] - tissage du renfort fibreux en trois dimensions, avec des torons de chaîne s'étendant à la fois dans la portion d'intrados, dans la portion de pied d'aube et dans la portion d'extrados.
- [0033] Dans un mode de réalisation de l'invention, l'étape de tissage du renfort fibreux

comprend successivement le tissage d'une portion de renfort fibreux provisoire, le tissage de l'une de la portion d'intrados et de la portion d'extrados, le tissage de la portion de pied d'aube et le tissage de l'autre de la portion d'intrados et de la portion d'extrados, le procédé comprenant en outre une étape de découpe de la portion de renfort fibreux provisoire.

[0034] Dans un mode de réalisation de l'invention, le renfort fibreux est tissé de sorte que chacune de la portion d'intrados du renfort fibreux et de la portion d'extrados du renfort fibreux présente une épaisseur croissante lorsqu'on parcourt la portion en se rapprochant de la portion de pied d'aube, c'est-à-dire en s'éloignant desdites portions d'intrados et d'extrados, ces portions d'intrados et d'extrados pouvant aussi avoir une épaisseur croissante en se rapprochant de ladite portion de pied d'aube.

[0035] Dans un mode de réalisation de l'invention, la pièce d'attache comprend un alésage présentant une surface interne et une rainure ménagée dans la surface interne de l'alésage et propre à recevoir une clavette, le procédé ayant des étapes comprenant :

[0036] - insérer une pièce de remplissage provisoire dans l'alésage de manière à remplir l'alésage et la rainure avant l'étape d'injection de la matière plastique, et

[0037] - retirer la pièce de remplissage provisoire après l'étape d'injection de la matière plastique.

[0038] Dans un mode de réalisation de l'invention, le procédé comprend une étape de :

[0039] - fixation d'un collier autour de la portion de pied d'aube.

[0040] L'invention concerne en outre un moteur à turbine à gaz comprenant une soufflante, la soufflante comprenant un moyeu et des aubes s'étendant radialement à partir du moyeu, les aubes telles que définies précédemment.

Brève description des dessins

[0041] D'autres caractéristiques et avantages ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative et doit être lue en regard des figures annexées, parmi lesquelles :

[0042] [fig.1]

la figure 1 représente de manière schématique un exemple de moteur incluant une soufflante non-carénée,

[0043] [fig.2]

la figure 2 représente de manière schématique une aube conforme à un mode de réalisation possible de l'invention,

[0044] [fig.3]

la figure 3 représente de manière schématique un renfort fibreux faisant partie de l'aube de la figure 2,

[0045] [fig.4]

la figure 4 représente de manière schématique une pièce d'attache faisant partie de l'aube de la figure 2,

[0046] [fig.5]

la figure 5 représente de manière schématique un arbre sur lequel peut être fixée la pièce d'attache, et une clavette,

[0047] [fig.6]

la figure 6 représente de manière schématique un collier,

[0048] [fig.7]

[0049] [fig.8]

[0050] [fig.9]

[0051] [fig.10]

[0052] [fig.11]

[0053] [fig.12]

les figures 7 à 12 représentent de manière schématiques différentes étapes d'un procédé de fabrication d'une aube conforme à un mode de réalisation possible de l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION

[0054] Sur la figure 1, le moteur 1 représenté est un moteur de type « Open Rotor », en configuration couramment qualifiée de « pusher » (i.e. la soufflante est placée à l'arrière du générateur de puissance avec une entrée d'air située sur le côté, à droite sur la figure 1).

[0055] Le moteur 1 comprend une nacelle 2 destinée à être fixée à un fuselage d'un aéronef, et une soufflante 3 non-carénée. La soufflante 3 comprend deux rotors de soufflante contrarotatifs 4 et 5. Autrement dit, lorsque le moteur 1 est en fonctionnement, les rotors 4 et 5 sont entraînés en rotation par rapport à la nacelle 2 autour d'un même axe de rotation X (qui coïncide avec un axe principal du moteur), en sens opposés.

[0056] Dans l'exemple illustré sur la figure 1, le moteur 1 est un moteur de type « Open Rotor », en configuration « pusher », à rotors de soufflante contrarotatifs. Cependant, l'invention n'est pas limitée à cette configuration. L'invention s'applique également à des moteurs de type « Open Rotor », en configuration « puller » (i.e. la soufflante est placée en amont du générateur de puissance avec une entrée d'air située avant, entre ou juste derrière les deux rotors de soufflante).

[0057] En outre, l'invention s'applique également à des moteurs présentant des architectures différentes, telles qu'une architecture comprenant un rotor de soufflante comprenant des aubes mobiles et un stator de soufflante comprenant des aubes fixes, ou bien un unique rotor de soufflante.

[0058] L'invention est applicable à des architectures de type turbopropulseur (comprenant un unique rotor de soufflante).

- [0059] Sur la figure 1, chaque rotor de soufflante 4, 5 comprend un moyeu 6 monté rotatif par rapport à la nacelle 2 et une pluralité d'aubes 7 fixées au moyeu 6. Les aubes 7 s'étendent sensiblement radialement par rapport à l'axe de rotation X du moyeu 6.
- [0060] La figure 2 représente de manière schématique une aube 7 conforme à un mode de réalisation de l'invention.
- [0061] Comme illustré sur cette figure, l'aube 7 comprend un pied d'aube 8, et une pale 9 à profil aérodynamique s'étendant à partir du pied d'aube 8. La pale 9 à profil aérodynamique comprend un bord d'attaque BA, un bord de fuite BF, une surface d'intrados SI et une surface d'extrados SE.
- [0062] De plus, la pale 9 comprend une tête d'aube 11, située à une extrémité de la pale 9 opposée à l'extrémité de la pale reliée au pied d'aube 8 et un bord de tête d'aube BT.
- [0063] L'aube 7 comprend une structure en matériau composite 71 et une pièce d'attache 72.
- [0064] La structure en matériau composite 71 comprend un renfort fibreux 73 obtenu par tissage tridimensionnel et une matrice 74 dans laquelle est noyé le renfort fibreux 73. Le renfort fibreux 73 entoure la pièce d'attache 72. De plus, la pièce d'attache 72 est également noyée dans la matrice 74.
- [0065] La figure 3 représente plus en détails le renfort fibreux 73. Le renfort fibreux 73 est tissé à partir de fils de fibres de carbone.
- [0066] Le renfort fibreux 73 comprend une portion d'intrados 731, une portion d'extrados 732 et une portion de pied d'aube 733 reliant la portion d'intrados 731 du renfort fibreux à la portion d'extrados 732 du renfort fibreux.
- [0067] Le renfort fibreux 73 est replié sur lui-même de sorte que la portion de pied d'aube 733 entoure la pièce d'attache 72 de pied d'aube, et que la portion d'extrados 732 est superposée avec la portion d'intrados 731.
- [0068] De cette manière, la portion d'intrados 731 s'étend entre la surface d'intrados SI de l'aube et la portion d'extrados 732. De même, la portion d'extrados 732 s'étend entre la surface d'extrados SE de l'aube et la portion d'intrados 731.
- [0069] En outre, le renfort fibreux 73 est tissé de telle sorte qu'il comprend des fils de chaîne C qui s'étendent continument depuis le bord de la tête d'aube BT, dans la portion d'intrados 731, dans la portion de pied d'aube 733 autour de la pièce d'attache 72, dans la portion d'extrados 732 et jusqu'au bord de la tête d'aube BT.
- [0070] Par ailleurs, le renfort fibreux 73 présente, dans la portion de pied d'aube 733, une épaisseur e supérieure à l'épaisseur du renfort fibreux dans la portion d'intrados 731 ainsi que dans la portion d'extrados 732. En outre, l'épaisseur e du renfort fibreux 73 dans la portion d'intrados 731 diminue continument lorsqu'on parcourt le renfort fibreux 73 depuis le pied d'aube 8 vers le bord BT de la tête de l'aube. De même, l'épaisseur e du renfort fibreux 73 dans la portion d'extrados 732 diminue continument lorsqu'on parcourt le renfort fibreux 73 depuis le pied d'aube 8 vers le bord BT de la

tête de l'aube.

- [0071] La figure 4 représente de manière schématique la pièce d'attache 72.
- [0072] La pièce d'attache 72 peut être formée en métal, par exemple en acier ou en titane. Elle comprend une partie renflée 721 et une partie effilée 722.
- [0073] La partie renflée 721 présente une forme sensiblement tubulaire. Plus précisément, la partie renflée 721 présente une surface externe 723 ayant une forme sensiblement cylindrique de révolution. La surface externe 723 de la partie renflée 721 peut présenter une rugosité plus importante que le reste de la pièce d'attache 72, de manière à favoriser une adhésion de la structure en matériau composite 71 sur la pièce d'attache 72 et à limiter un risque de déchaussement de la structure en matériau composite 71 de la pièce d'attache 72.
- [0074] Alternativement, la pièce d'attache 72 peut présenter des épaulements agencés de part et d'autre de la structure en matériau composite 71, les épaulements formant des butées axiales empêchant le déchaussement axial de la structure en matériau composite 71 à partir de la pièce d'attache 72.
- [0075] La partie renflée 721 comprend un alésage 724 présentant une surface interne 725 ayant également une forme cylindrique de révolution et une rainure longitudinale 726 ménagée à partir de la surface interne 725 de l'alésage 724 et propre à recevoir une clavette.
- [0076] La partie effilée 722 s'étend en saillie de la partie renflée 721, selon un plan radial par rapport à l'axe de l'alésage 724. La partie effilée 722 présente une épaisseur qui diminue continuellement lorsqu'on parcourt la partie effilée 722 en s'éloignant de la partie renflée 721. De cette manière, la pièce d'attache 72 présente une section transversale en forme de larme.
- [0077] La portion de pied d'aube 733 du renfort fibreux 73 est enroulée autour de la partie renflée 723, tandis que la partie effilée 722 s'étend entre la portion d'intrados 731 et la portion d'extrados 732 du renfort fibreux 73.
- [0078] La partie effilée 722 de la pièce d'attache 72 empêche que la structure en matériau composite 73 puisse tourner par rapport à la pièce d'attache 72. En outre, la partie effilée 722 de la pièce d'attache 72 permet d'augmenter la raideur de la pale 9 à proximité du pied d'aube 8 de manière à encaisser les sollicitations vibratoires large bande qui viennent solliciter la pale 9 en flexion.
- [0079] La figure 5 représente de manière schématique un arbre 12 propre à être reçu dans l'alésage 724 de la pièce d'attache 72 pour attacher l'aube 7 au moyeu 6 du rotor de la soufflante 3.
- [0080] Dans le mode de réalisation illustré sur cette figure, l'arbre 12 présente une surface externe 121 ayant une forme générale cylindrique de révolution. L'arbre 12 comprend en outre une rainure longitudinale 122 ménagée à partir de la surface externe 121 et

propre à recevoir une clavette 13.

[0081] La clavette 13 est propre à être insérée dans la rainure 726 de la pièce d'attache 72 et dans la rainure 122 de l'arbre 12 de manière à solidariser en rotation l'aube 7 sur l'arbre 12.

[0082] Alternativement, la clavette 13 peut être formée en une seule pièce de matériau avec l'arbre 12. Alternativement, d'autres aménagements équivalents au montage rainure et clavette peuvent être considérés. Il pourrait s'agir d'une liaison de type cannelure dans la pièce et l'arbre. Dans les deux cas (montage à clavette ou à cannelures), il faut noter que le montage est de type serré ce qui assure que la pale ne bagote pas autour de l'axe.

[0083] Toutefois, le fait que la clavette 13 soit une pièce distincte de l'arbre 12 permet de concevoir une clavette 13 constituant une pièce fusible. Autrement dit, en cas de sollicitation intense, la clavette 13 constitue une pièce de moindre résistance propre à se rompre ou à se déformer en premier. Cela évite d'endommager la pièce d'attache 72 et l'arbre 12. En cas de rupture ou d'endommagement de la clavette 13, celle-ci peut être facilement remplacée, sans qu'il soit nécessaire de remplacer les autres pièces.

[0084] La figure 6 représente de manière schématique un collier 14 propre à entourer la structure en matériau composite 71 au niveau du pied d'aube 8, afin de limiter un risque de décohésion entre la structure en matériau composite 71 et la pièce d'attache 72. Le collier 14 présente une section transversale en forme de C. Il comprend en particulier deux branches 141 et 142 propres à s'étendre de part et d'autre de la structure en matériau composite 71 à l'endroit où celle-ci entoure la pièce d'attache 72.

[0085] Les figures 7 à 12 illustrent des étapes d'un procédé de fabrication d'une aube 7 de soufflante conforme à un mode de réalisation possible de l'invention.

[0086] Selon une première étape (figure 7), le renfort fibreux 73 est fabriqué à plat, par tissage tridimensionnel sur un métier à tisser de type jacquard. Lors du tissage, des faisceaux de fils de chaîne C (ou torons de chaîne) sont disposés en plusieurs couches de plusieurs centaines de fils chacune. Des fils de trame T (ou torons de trame) sont entrelacés avec les fils de chaîne C de manière à lier les différentes couches de fils de chaînes C entre elles.

[0087] Dans l'exemple illustré, le tissage tridimensionnel est un tissage à armure « interlock ». Par « interlock », on désigne une armure de tissage dans laquelle chaque couche de fils de trame lie plusieurs couches de fils de chaîne avec tous les fils d'une même colonne de trame ayant le même mouvement dans le plan de l'armure.

[0088] D'autres types de tissages tridimensionnels connus peuvent être utilisés, comme notamment ceux décrits dans le document WO 2006/136755.

[0089] Le renfort fibreux 73 est tissé à partir de fils de chaîne et de fils de trame en fibres de carbone.

- [0090] Comme illustré sur la figure 8, l'étape de tissage du renfort fibreux brut (ou préforme) 73 comprend successivement le tissage d'une portion de renfort fibreux provisoire 734 (qui sera chutée plus tard au cours du procédé de fabrication), le tissage d'une portion d'intrados 731 (ou respectivement d'une portion d'extrados 732), le tissage d'une portion de pied d'aube 733 puis le tissage d'une portion d'extrados 732 (ou respectivement d'une portion d'intrados 731). Le tissage de la portion de renfort fibreux provisoire 734 permet de préparer le tissage de la préforme en intégrant tous les torons de chaîne nécessaires au tissage. Cette étape permet qu'en commençant le tissage par la gauche ou la droite en considérant la figure 8 ou la figure 9, la préforme ne présente pas l'épaisseur maximale à ces extrémités représentées à gauche et à droite, en absence de fil de trame à auxdites extrémités.
- [0091] La portion de renfort fibreux provisoire 734 est tissée en entrelaçant tous les torons de chaîne C nécessaires à la réalisation du renfort fibreux 73. Une fois que la colonne de trame a atteint une largeur l prédéterminée, la portion de renfort fibreux d'intrados 731 est tissée : seuls certains fils de chaîne C sont tissés.
- [0092] Au fur et à mesure du tissage du renfort fibreux 73 dont l'épaisseur et la largeur varient, un certain nombre de fils de chaîne C ne sont pas tissés, ce qui permet de définir un contour, une largeur et une épaisseur voulus continument variables, du renfort fibreux 73.
- [0093] Comme cela est visible sur la figure 8, la portion d'intrados 731 du renfort fibreux 73 présente une épaisseur e qui augmente dans le sens du tissage (flèche A), à mesure que l'on se rapproche de la portion de pied d'aube 733. La portion de pied d'aube 733 présente une épaisseur supérieure à l'épaisseur de la portion d'intrados 731. Puis, la portion d'extrados 732 présente une épaisseur qui diminue dans le sens du tissage (flèche A), à mesure que l'on s'éloigne de la portion de pied d'aube 732.
- [0094] Dans le mode de réalisation illustré sur les figures, la portion d'intrados 731 et la portion d'extrados 732 peuvent être symétriques l'une de l'autre par rapport à un plan transversal médian passant par le centre de la portion de pied d'aube 733. Toutefois, la portion d'intrados 731 et la portion d'extrados 732 pourraient être dissymétriques.
- [0095] Selon une deuxième étape, les fils de chaîne C et les fils de trame T situés à la limite de la masse tissé (appelés « flottés ») sont découpés, de manière à extraire le renfort fibreux 73.
- [0096] Ensuite, le renfort fibreux 73 fini est obtenu en réalisant un détournage (« contouring ») de la préforme. Le détournage désigne la découpe de la préforme à plat le long du bord d'attaque BA, du bord de fuite BF, du bord de la tête d'aube BT (en laissant des surlongueurs sur ces trois coupes).
- [0097] En outre, la portion 734 de renfort fibreux provisoire est découpée afin d'être éliminée.

- [0098] Le détournage de la préforme et la découpe des flottés peuvent être réalisés au jet d'eau sous pression.
- [0099] La figure 9 représente de manière schématique la préforme obtenue à l'issue de la deuxième étape.
- [0100] Sur cette figure, on a représenté uniquement un fil de chaîne C et deux fils de trame T. Comme on peut le voir sur cette figure, le fil de chaîne C s'étend de manière continue d'une extrémité à l'autre de la préforme, dans la portion d'intrados 731, dans la portion de pied d'aube 733 et dans la portion d'extrados 732. Ainsi, une fois le renfort fibreux 73 enroulé autour de la pièce d'attache 72, les efforts centrifuges qui s'appliquent sur le renfort fibreux 73 génèrent des contraintes de traction parallèles aux fils de chaîne C, ce qui garantit une bonne résistance de l'aube 7 aux efforts centrifuges.
- [0101] Selon une troisième étape (figure 10), le renfort fibreux 73 est replié autour de la pièce d'attache 72. A cet effet, la portion de pied d'aube 733 est enroulé autour de la partie renflée 721 de la pièce d'attache 72 et la portion d'extrados 732 est superposée à la portion d'intrados 731, la portion effilée 722 de la pièce d'attache 72 s'étendant alors entre la portion d'intrados 731 et la portion d'extrados 732.
- [0102] Selon une quatrième étape (figure 11), une pièce de remplissage provisoire 15 est insérée dans l'alésage 724 de la pièce d'attache 72 de manière à remplir complètement l'alésage 724 et la rainure 726. Puis, le renfort fibreux 73 muni de la pièce d'attache 72 et de la pièce de remplissage provisoire 15 est placé dans un moule 40. Le moule 40 est un moule présentant une cavité 41 ayant la forme de la pièce finale moulée (à savoir l'aube 7 de soufflante).
- [0103] Selon une cinquième étape, de la matière plastique (appelée « résine »), est injectée dans la cavité 41 du moule 40 de manière à imprégner tout le renfort fibreux 73. L'injection de matière plastique peut être réalisée par une technique d'injection appelée « Resin Transfert Molding » (RTM). La matière plastique injectée est par exemple une composition liquide thermodurcissable contenant un précurseur organique du matériau de la matrice. Le précurseur organique se présente habituellement sous forme d'un polymère, tel qu'une résine, éventuellement dilué dans un solvant.
- [0104] Selon une sixième étape, la matière plastique est chauffée de manière à provoquer une polymérisation de la matière plastique, par exemple par réticulation. A cet effet, le moule 40 est placé dans une étuve.
- [0105] La polymérisation de la matière plastique conduit à une solidarisation de la portion d'intrados 731 et de la portion d'extrados 732 du renfort fibreux 73 entre elles. La polymérisation de la matière plastique conduit également à une solidarisation du renfort fibreux 73 et de la pièce d'attache 72.
- [0106] Selon une septième étape, la pièce obtenue est démoulée.

- [0107] Selon une huitième étape, la pièce est détournée par usinage du bord d'attaque BA, du bord de fuite BF et de la tête d'aube 11 afin d'obtenir une pièce présentant la forme désirée. Le pied d'aube 8 peut également être usiné.
- [0108] Le renfort 73 imprégné de matière plastique constituant la matrice 74 forme une structure en matériau composite 71.
- [0109] La pièce de remplissage provisoire 15 est ensuite retirée.
- [0110] Le procédé peut en outre comprendre les étapes supplémentaires suivantes :
- [0111] Selon une neuvième étape (figure 12), une ou plusieurs pièce(s) de renfort 42, 43 peu(ven)t être rapportée(s) sur la structure en matériau composite 71. En particulier, les pièces de renfort peuvent comprendre une pièce de renfort de bord d'attaque 72 et/ou une pièce de renfort de bord de fuite 43.
- [0112] La ou les pièce(s) de renfort 72, 43 peu(ven)t être formée(s) en métal. Elle(s) peu(ven)t être collée(s) sur la structure en matériau composite 71.
- [0113] En outre, le collier 14 peut également être rapporté sur le pied d'aube 8, de sorte que la structure en matériau composite 71 se trouve enserrée entre la pièce d'attache 72 et le collier 14 au niveau du pied d'aube 8.
- [0114] Selon une dixième étape, la structure en matériau composite 71 peut être recouverte d'une couche de protection, par exemple une couche de protection en polyuréthane, afin de protéger l'aube contre l'abrasion et les impacts d'objets.

Revendications

- [Revendication 1] Aube (7) comprenant :
- une structure en matériau composite (71) comprenant un renfort fibreux (73) obtenu par tissage tridimensionnel et une matrice (74) dans laquelle est noyé le renfort fibreux (73), le renfort fibreux (73) comprenant une portion d'intrados (731), une portion d'extrados (732) et une portion de pied d'aube (733) reliant la portion d'intrados (731) du renfort fibreux (73) à la portion d'extrados (732) du renfort fibreux (73), et
 - une pièce d'attache de pied d'aube (72), dans laquelle la portion de pied d'aube (733) du renfort fibreux (73) est enroulée autour de la pièce d'attache de pied d'aube (72).
- [Revendication 2] Aube selon la revendication 1, dans laquelle la pièce d'attache (72) comprend un alésage (724) propre à recevoir un arbre (12) et une rainure (726) ménagée dans une surface interne (725) de l'alésage (724) et propre à recevoir une clavette (13) pour solidariser en rotation l'aube (7) sur l'arbre (12).
- [Revendication 3] Aube selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle la pièce d'attache (72) comprend une partie renflée (721), autour de laquelle est enroulé le renfort fibreux (73), et une partie effilée (722) s'étendant entre la portion d'intrados (731) du renfort fibreux (73) et la portion d'extrados (732) du renfort fibreux (73).
- [Revendication 4] Aube selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle la pièce d'attache (72) est en métal, par exemple en acier ou en titane.
- [Revendication 5] Aube selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant une tête d'aube (11) présentant un bord de tête d'aube (BT), et dans laquelle le renfort fibreux (73) comprend des torons de chaîne (C) s'étendant successivement depuis le bord de la tête d'aube (BT), dans la portion d'intrados (731), dans la portion de pied d'aube (733) autour de la pièce d'attache (72), et dans la portion d'extrados (732) jusqu'au bord de la tête d'aube (BT).
- [Revendication 6] Aube selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle la portion de pied d'aube (733) du renfort fibreux (73) présente une épaisseur (e) qui augmente puis diminue lorsqu'on parcourt la portion de pied d'aube (733) depuis la portion d'intrados (731) jusqu'à la portion d'extrados (732).
- [Revendication 7] Aube selon l'une des revendications 1 à 6, comprenant un pied d'aube

- (8) dans lequel s'étend la portion de pied d'aube (733) du renfort fibreux (73), et un collier (14) entourant le pied d'aube (8).
- [Revendication 8] Procédé de fabrication d'une aube (7) à partir d'un renfort fibreux (73) obtenu par tissage tridimensionnel et d'une pièce d'attache de pied d'aube (72), le renfort fibreux (73) comprenant une portion d'intrados (731), une portion d'extrados (732) et une portion de pied d'aube (733) reliant la portion d'intrados (731) et la portion d'extrados (732) entre elles, ayant des étapes comprenant :
- enrouler la portion de pied d'aube (733) du renfort fibreux (73) autour de la pièce d'attache (72) de manière à superposer la portion d'intrados (731) et la portion d'extrados (732) entre elles,
 - placer le renfort fibreux (73) muni de la pièce d'attache (72) dans un moule (40),
 - injecter de la matière plastique dans le moule (40) de manière à former une structure en matériau composite (71) comprenant le renfort fibreux (73) et une matrice (74) dans laquelle sont noyés le renfort fibreux (73) et la pièce d'attache (72).
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, comprenant une étape préalable de :
- tissage du renfort fibreux (73) en trois dimensions, avec des torons de chaîne (C) s'étendant à la fois dans la portion d'intrados (731), dans la portion de pied d'aube (733) et dans la portion d'extrados (732).
- [Revendication 10] Procédé selon la revendication 9, dans lequel l'étape de tissage du renfort fibreux (73) comprend successivement le tissage d'une portion de renfort fibreux provisoire (734), le tissage de l'une de la portion d'intrados (731) et de la portion d'extrados (732), le tissage de la portion de pied d'aube (733) et le tissage de l'autre de la portion d'intrados (731) et de la portion d'extrados (732), le procédé comprenant en outre une étape de découpe de la portion de renfort fibreux provisoire (734).
- [Revendication 11] Procédé selon l'une des revendications 9 et 10, dans lequel le renfort fibreux (73) est tissé de sorte que chacune de la portion d'intrados (731) du renfort fibreux (73) et de la portion d'extrados (732) du renfort fibreux (73) présente une épaisseur (e) croissante lorsqu'on parcourt la portion de pied d'aube (733) en s'éloignant desdites portions d'intrados et d'extrados.
- [Revendication 12] Procédé selon l'une des revendications 8 à 11, dans lequel la pièce d'attache (72) comprend un alésage (724) présentant une surface interne (725) et une rainure (726) ménagée dans la surface interne (725) de

l'alésage (724) et propre à recevoir une clavette (13), le procédé ayant des étapes comprenant :

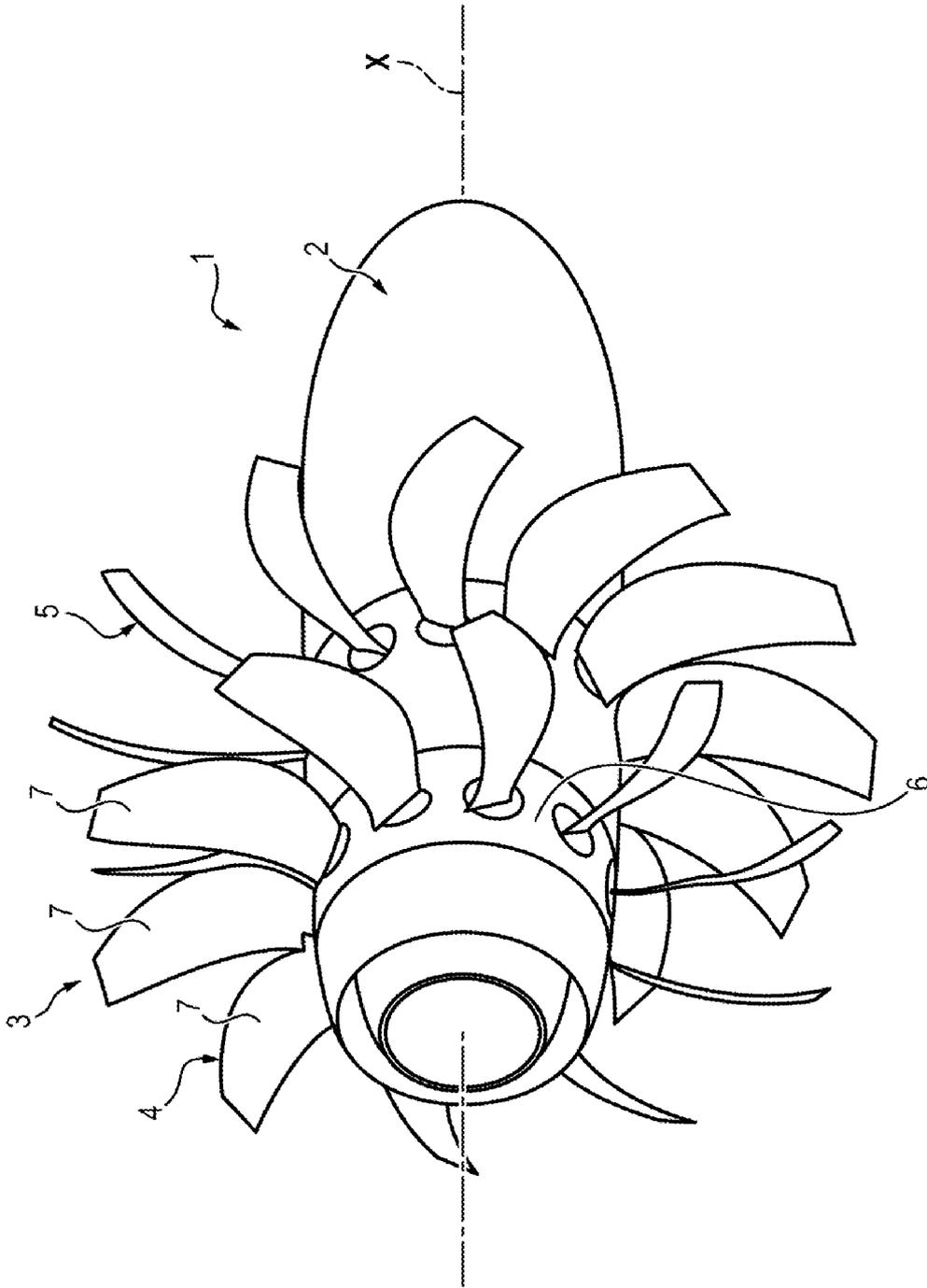
- insérer une pièce de remplissage provisoire (15) dans l'alésage (724) de manière à remplir l'alésage (724) et la rainure (726) avant l'étape d'injection de la matière plastique, et
- retirer la pièce de remplissage provisoire (15) après l'étape d'injection de la matière plastique.

[Revendication 13] Procédé selon l'une des revendications 8 à 12, comprenant une étape de :

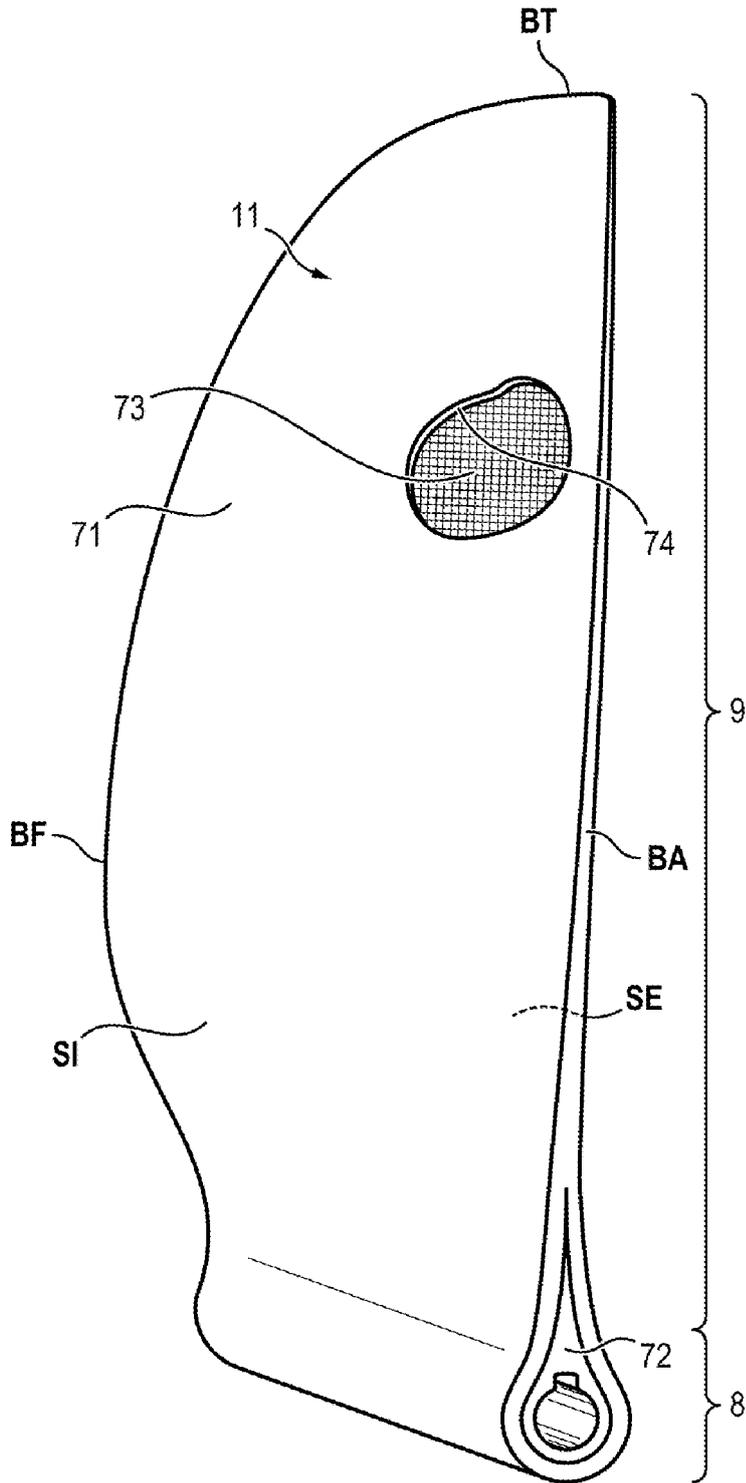
- fixation d'un collier (14) autour de la portion de pied d'aube (733).

[Revendication 14] Moteur à turbine à gaz (1) comprenant une soufflante (3), la soufflante (3) comprenant un moyeu (6) et des aubes (7) s'étendant radialement à partir du moyeu (6), les aubes (7) étant conformes à l'une des revendications 1 à 7.

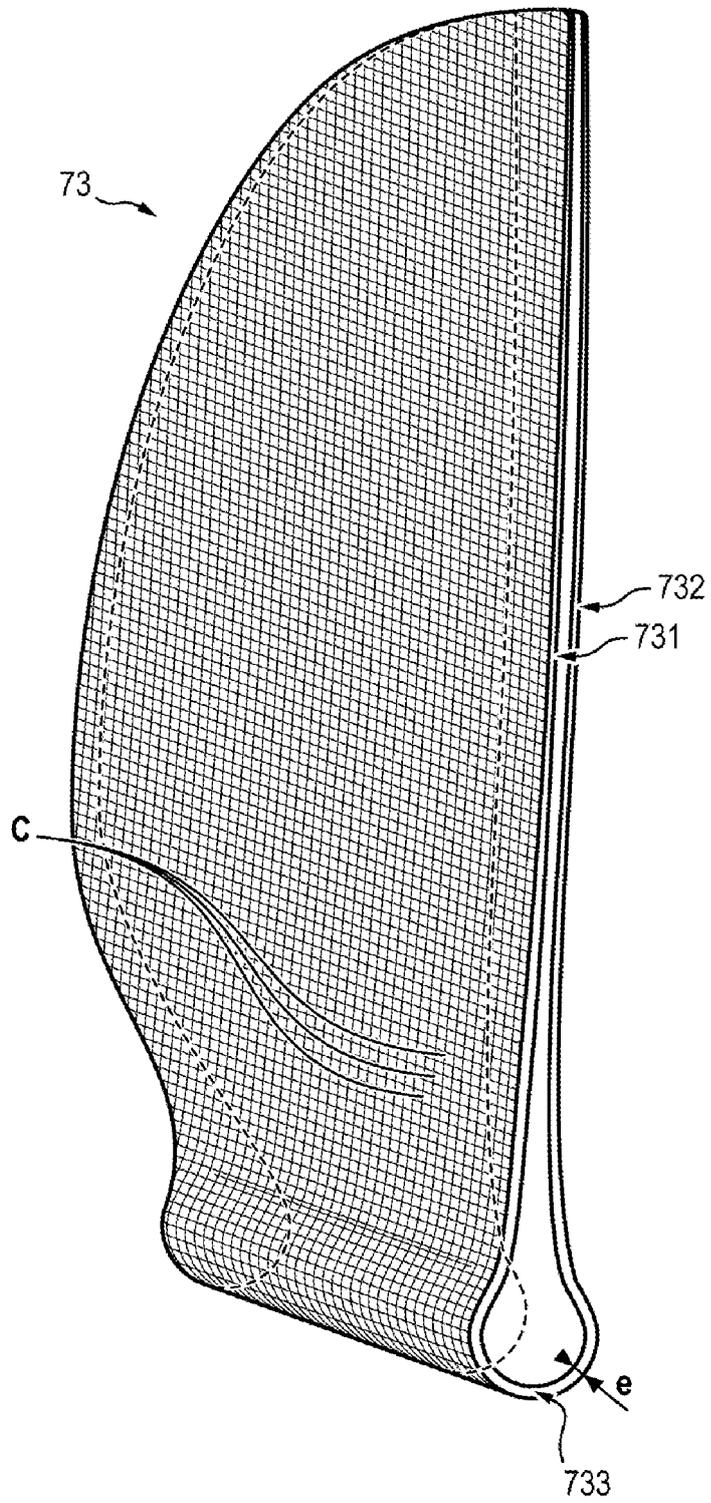
[Fig. 1]



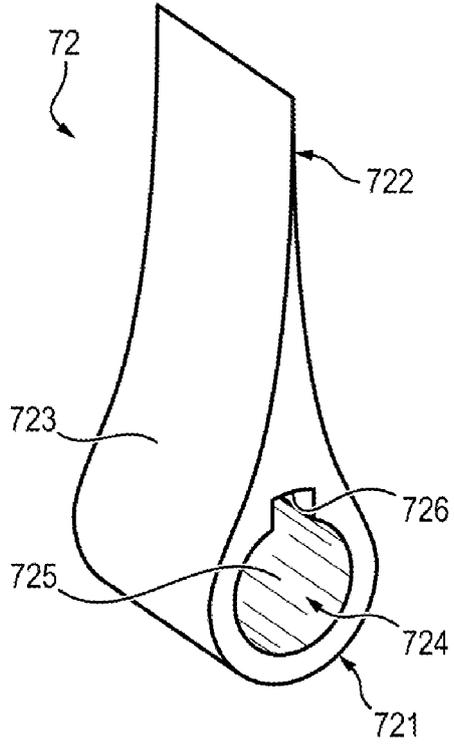
[Fig. 2]



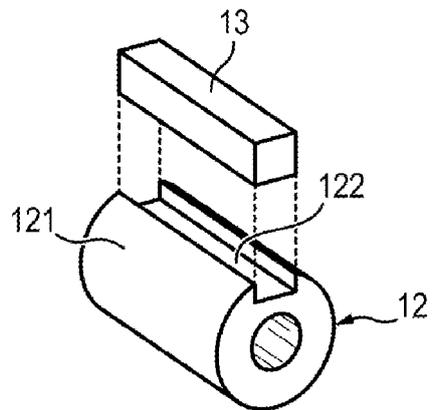
[Fig. 3]



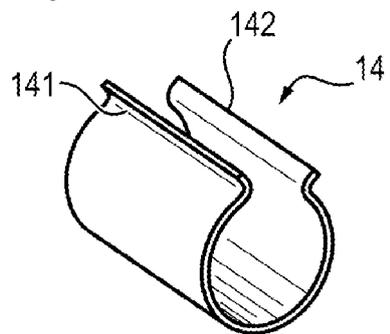
[Fig. 4]



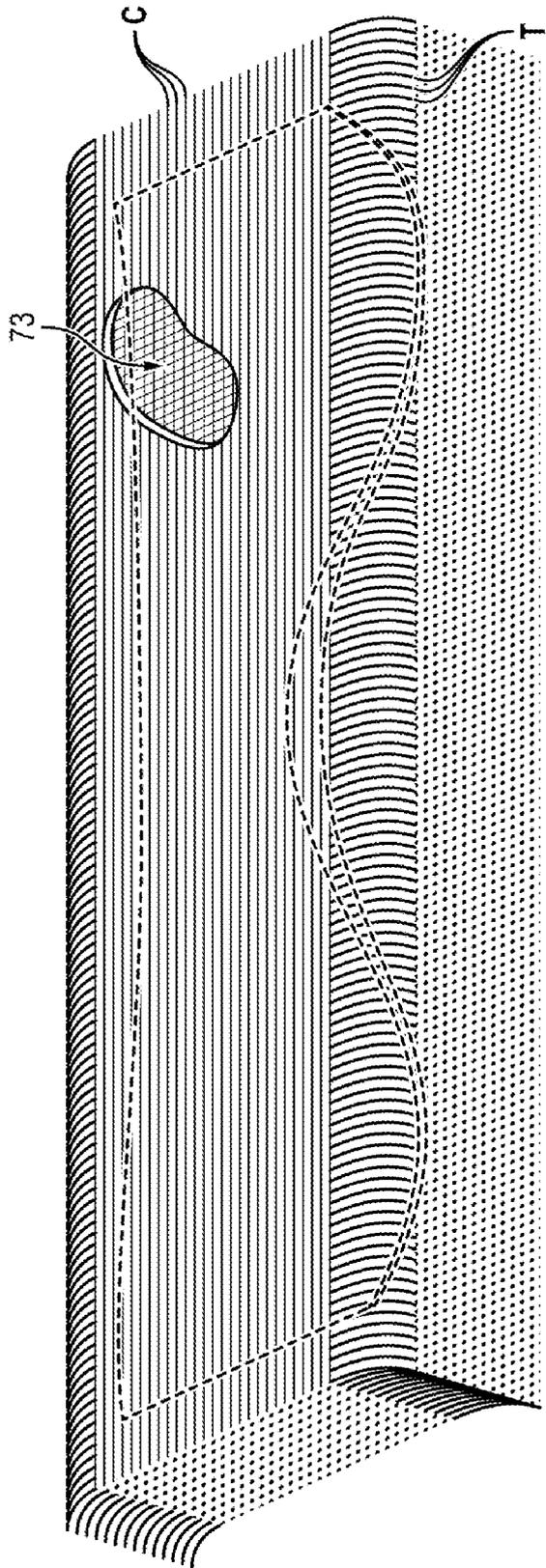
[Fig. 5]



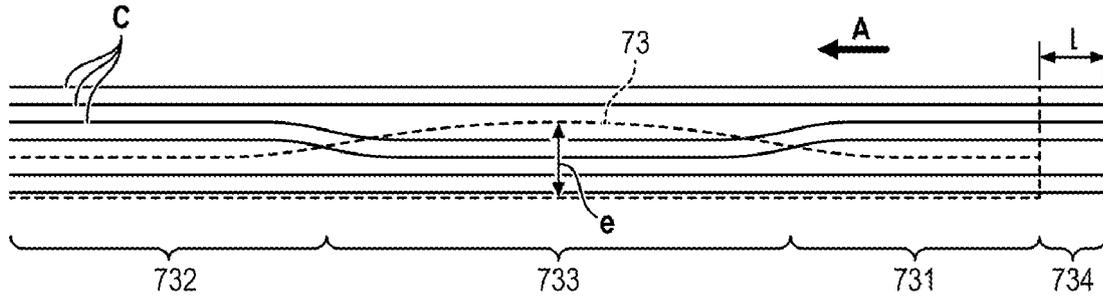
[Fig. 6]



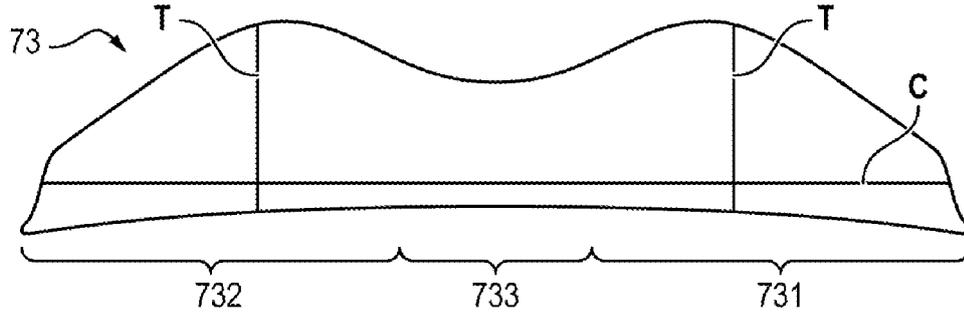
[Fig. 7]



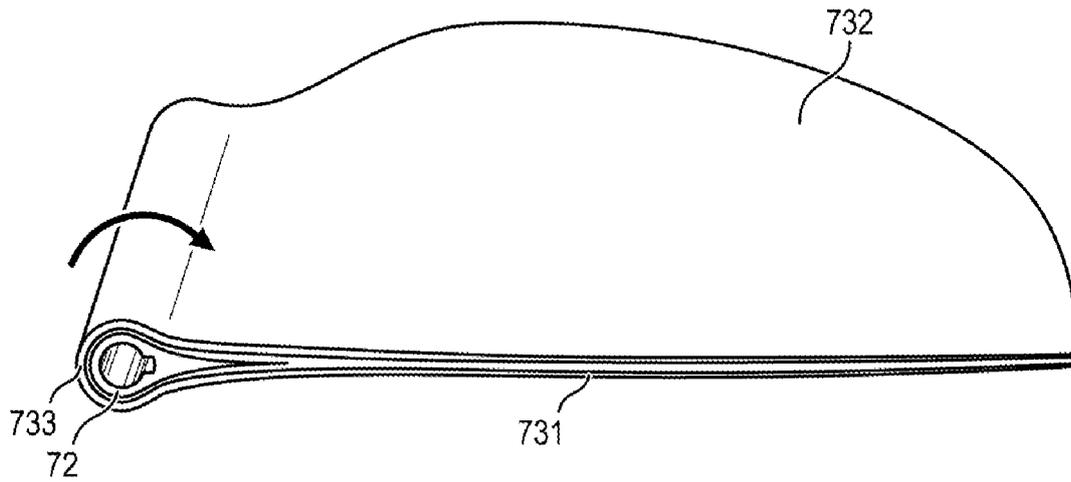
[Fig. 8]



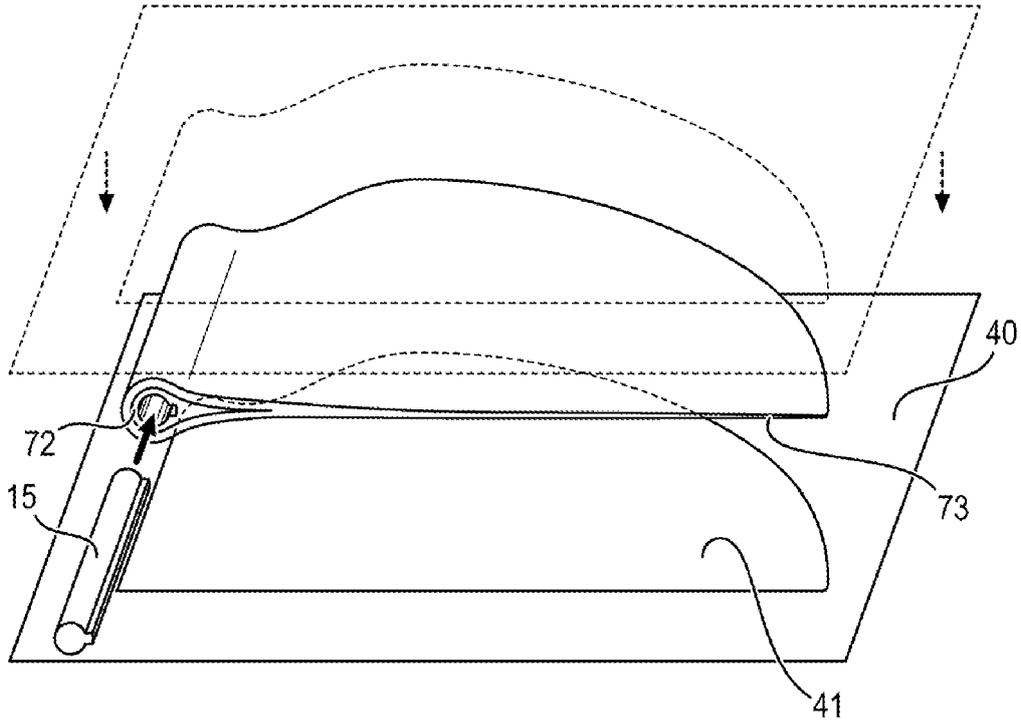
[Fig. 9]



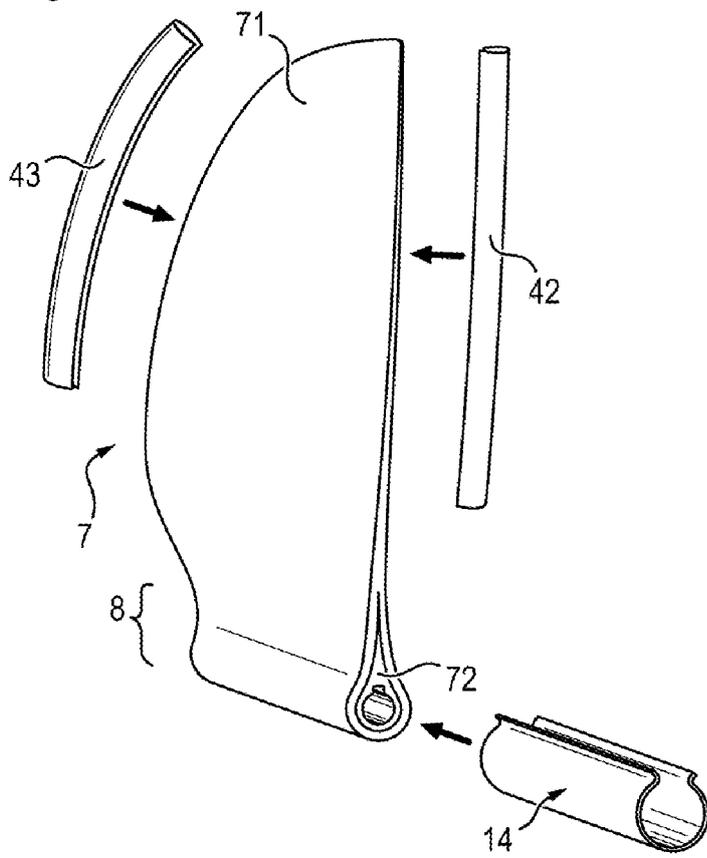
[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 12]



**RAPPORT DE RECHERCHE
 PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications
 déposées avant le commencement de la recherche
N° d'enregistrement
nationalFA 863024
FR 1901174

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 5 049 036 A (BAILEY CARLOS [US] ET AL) 17 septembre 1991 (1991-09-17) * colonne 4, ligne 27 - ligne 40 * * colonne 5, ligne 37 - ligne 53; figures *	1-14	B29C70/24 B29C70/34 B29C70/48 F01D5/14
X	GB 1 260 484 A (DOWTY ROTOL LTD) 19 janvier 1972 (1972-01-19) * page 2, ligne 16 - ligne 89; figures *	1,8,9,14	
Y	WO 91/15357 A1 (COURTAULDS PLC [GB]) 17 octobre 1991 (1991-10-17) * page 3, ligne 11 - ligne 13 * * page 5, ligne 7 - ligne 9 * * page 5, ligne 22 - ligne 27 * * page 12, ligne 20 - page 13, ligne 6; figures *	1-14	
Y	US 2 859 936 A (WARNKEN ELMER P) 11 novembre 1958 (1958-11-11) * colonne 2, ligne 49 - ligne 69 * * colonne 3, ligne 45 - ligne 56; figures *	1-14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	US 3 487 879 A (MCCARTHY ROY F J ET AL) 6 janvier 1970 (1970-01-06) * figures *	1-14	B29C F01D B29D B29L
A	US 2014/079559 A1 (LUCZAK BLAKE J [US]) 20 mars 2014 (2014-03-20) * figures 2,3a *	7,13	
A	GB 581 224 A (HALL & HALL LTD; HERBERT EDWARD SAMPSON) 4 octobre 1946 (1946-10-04) * figures 2,3 *	2,12	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
12 novembre 2019		Barrow, Jeffrey	
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 1901174 FA 863024**

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 **12-11-2019**

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5049036	A	17-09-1991	AUCUN	

GB 1260484	A	19-01-1972	FR 2007891 A1	16-01-1970
			GB 1260484 A	19-01-1972

WO 9115357	A1	17-10-1991	AUCUN	

US 2859936	A	11-11-1958	GB 775816 A	29-05-1957
			US 2859936 A	11-11-1958

US 3487879	A	06-01-1970	FR 1578306 A	14-08-1969
			US 3487879 A	06-01-1970

US 2014079559	A1	20-03-2014	EP 2895700 A2	22-07-2015
			EP 3269935 A1	17-01-2018
			US 2014079559 A1	20-03-2014
			WO 2014084949 A2	05-06-2014

GB 581224	A	04-10-1946	AUCUN	
