

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 132 927

②1 N° d'enregistrement national : 22 01522

⑤1 Int Cl⁸ : F 01 D 5/28 (2022.01), F 01 D 5/14, B 29 B 11/16

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 21.02.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 25.08.23 Bulletin 23/34.

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
SOCIETE PAR ACTIONS SIMPLIFIEE — FR.

⑦2 Inventeur(s) : SCHNEIDER-DIE-GROSS Julien Paul,
IGLESIAS CANO Celia et LAUWICK Lucas Antoine
Christophe.

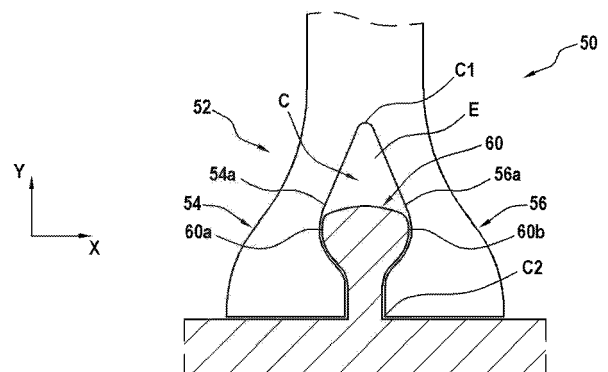
⑦3 Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES
SOCIETE PAR ACTIONS SIMPLIFIEE.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

⑤4 Préforme d'aube, aube et système de fixation d'aube de turbomachine.

⑤7 L'invention concerne un système de fixation d'une aube pour turbomachine, comprenant: une aube comportant, au niveau du pied d'aube, deux portions (54, 56) écartées l'une de l'autre suivant la direction transversale X de manière à ménager entre elles une cavité (C) s'étendant vers le bas suivant la direction Y de la hauteur de l'aube, depuis un fond (C1) de cavité jusqu'à une ouverture (C2) de cavité sur l'extérieur, située au niveau de l'extrémité inférieure du pied d'aube, -un élément d'attache (60) de l'aube engagé partiellement à l'intérieur de la cavité avec la partie engagée possédant une forme, dans un plan défini par les directions X et Y, qui s'étend en direction du fond (C1) en s'évasant suivant la direction X, les deux portions écartées (54, 56) du pied d'aube qui sont au contact de la forme évasée de l'élément d'attache (60) ayant des formes évasées correspondantes.

Figure pour l'abrégé : Fig. 4.



FR 3 132 927 - A1



Description

Titre de l'invention : Préforme d'aube, aube et système de fixation d'aube de turbomachine

Domaine technique

[0001] Le présent exposé concerne le domaine des aubes en matériau tissé tridimensionnellement pour turbomachine, notamment pour aéronef, et plus particulièrement la fixation de telles aubes sur la turbomachine.

Technique antérieure

[0002] On connaît dans les turbomachines, notamment pour aéronef, des systèmes pour fixer des aubes en matériau composite, par exemple des aubes d'une soufflante, sur des pièces qui sont montées sur la structure centrale du moteur ou qui font partie de cette structure. Ces pièces sont métalliques en raison des contraintes mécaniques et d'intégration sur la structure centrale du moteur auxquelles elles doivent répondre.

[0003] Lors du fonctionnement de la turbomachine (aéronef en vol), les aubes de la soufflante sont soumises de manière principale à des sollicitations en flexion (en raison de l'incidence des aubes par rapport au flux d'air rencontré) qui génèrent des modes vibratoires et également à des sollicitations de pression aérodynamique constante. Ces sollicitations s'appliquent de manière statique et dynamique sur les aubes. En cas d'impact (ex : corps étrangers tels que oiseaux...) les aubes peuvent être soumises à des sollicitations de plus grandes amplitudes.

[0004] On connaît aujourd'hui deux types de fixation d'aube qui sont :

- d'une part, une fixation par bridage comme illustré sur la [Fig.1A] où une aube 1A (partiellement représentée) en matériau composite présente en section transversale une forme en T retournée avec la barre verticale 1A1 du T formant la pale de l'aube et la barre horizontale 1A2 du T formant le pied de l'aube et où des éléments de fixation 1A3 traversent l'épaisseur du pied d'aube 1A2 pour venir le fixer à une pièce métallique horizontale 1A4 disposée en dessous,

- et, d'autre part, une fixation tangentielle comme illustré sur la [Fig.1B] où une aube 1B (partiellement représentée) en matériau composite présente en section transversale une forme sensiblement verticale dont le pied d'aube 1B1 est enchâssé dans une pièce métallique 1B2 disposée en dessous, plus particulièrement, dans l'espace ménagé entre deux parois parallèles 1B21 et 1B22 de la pièce 1B2 qui s'étendent perpendiculairement à une base horizontale 1B23 de cette pièce, des éléments de fixation 1B3 traversant horizontalement les deux parois parallèles 1B21 et 1B22 et le pied d'aube 1B1 pour fixer cette dernière à la pièce 1B2.

[0005] Bien que chacune de ces solutions soit satisfaisante, elles présentent néanmoins

certain points d'amélioration.

[0006] L'attache avec bridage de la [Fig.1A] nécessite de modifier la géométrie de l'aube en partie inférieure de celle-ci en formant une pièce en composite avec un angle de 90° (pied d'aube 1A2 perpendiculaire à la pale 1A1). Il en résulte une transformation des sollicitations exercées sur l'aube qui passent de sollicitations exercées dans le plan de la pale à des sollicitations exercées hors plan pouvant s'avérer limitantes pour les technologies composites. Cependant, cette modification géométrique et l'éloignement des fixations mécaniques de la pale de l'aube permettent d'obtenir un moment quadratique plus important et d'offrir une raideur en flexion/torsion plus importante de la structure ainsi réalisée.

[0007] L'attache tangentielle de la [Fig.1B] ne nécessite pas une telle modification géométrique de l'aube et reprend l'effort de flexion dû au phénomène de cisaillement qui se produit au niveau des perçages des éléments de fixation 1B3. Cependant, une telle structure offre le moment quadratique le plus faible entre les deux structures des figures 1A et 1B, ce qui rend la structure avec attache tangentielle de la [Fig.1B] bien moins rigide et résistante que la structure avec attache par bridage de la [Fig.1B] vis-à-vis des modes de flexion auxquels est soumise la pale de l'aube.

[0008] Le présent exposé vise ainsi à répondre au moins partiellement à ces problématiques en proposant une préforme d'aube, une aube et un système de fixation d'aube adaptés.

Exposé de l'invention

[0009] A cet effet, le présent exposé concerne une préforme d'aube en matériau composite tissé obtenue par tissage tridimensionnel, pour turbomachine, la préforme d'aube présentant une forme générale qui est allongée suivant une première direction Y, représentant la direction de la hauteur de l'aube, et qui s'étend suivant deux autres directions perpendiculaires dont une deuxième direction axiale Z représentant la direction de la corde de l'aube et une troisième direction transversale X représentant la direction de l'épaisseur de l'aube, la préforme d'aube comprenant, alignées suivant la première direction Y, une zone inférieure apte à former un pied d'aube et une zone supérieure apte à former une pale d'aube incluant un sommet d'aube, caractérisée en ce que la zone inférieure est tissée et conformée de manière à comprendre deux peaux écartées l'une de l'autre suivant la direction transversale X, ménageant ainsi entre les deux peaux un espace libre qui forme une déliaison dans le matériau tissé, chaque peau étant apte à former une portion du pied d'aube.

[0010] Cette configuration de préforme d'aube permet de conférer à la zone destinée à former le pied d'aube une géométrie qui est obtenue simplement à partir d'une forme conventionnelle de préforme d'aube. Cette géométrie est adaptée à une fixation d'aube grâce à laquelle, en opération, les sollicitations auxquelles est soumise l'aube ainsi

fixée restent dans le plan de tissage de la préforme et ne s'exercent pas transversalement à ce plan comme pour la [Fig.1A] décrite ci-dessus.

[0011] En outre, la réalisation des deux peaux écartées transversalement l'une de l'autre va permettre, après fixation de l'aube et lors de son utilisation, de générer un moment quadratique plus élevé que pour la structure de la [Fig.1B] décrite ci-dessus.

[0012] Selon d'autres caractéristiques possibles :

- chacune des deux peaux s'étend suivant la première direction Y sur une partie de la hauteur de la préforme d'aube ;
- la préforme d'aube présente un tissage tridimensionnel monolithique dans la partie de la préforme qui s'étend au-delà des deux peaux en incluant la zone supérieure;
- chacune des deux peaux s'étend suivant la direction axiale Z sur la totalité de la longueur de la préforme d'aube;
- chacune des deux peaux s'étend suivant la direction axiale Z sur une partie de la longueur de la préforme d'aube;
- la partie de la longueur de la préforme d'aube est située entre les deux extrémités opposées de la préforme d'aube qui sont aptes respectivement à former un bord d'attaque et un bord de fuite de l'aube;
- la partie de la longueur de la préforme d'aube s'étend jusqu'à une des deux extrémités opposées de la préforme d'aube qui sont aptes respectivement à former un bord d'attaque et un bord de fuite de l'aube;
- la préforme d'aube comporte en outre une zone complémentaire monolithique en matériau tissé tridimensionnellement qui s'étend notamment contre l'une des deux peaux de manière à former une surépaisseur externe suivant la direction transversale X, la zone complémentaire monolithique formant avec le matériau tissé tridimensionnellement de la préforme d'aube une déliaison qui s'étend dans la zone supérieure jusqu'à l'extrémité supérieure de cette dernière.

[0013] Le présent exposé concerne également une aube pour turbomachine réalisée de manière monolithique en matériau composite à partir d'une préforme d'aube telle que brièvement exposée ci-dessus, la préforme d'aube ayant été mise en forme dans un moule et noyée dans une matrice.

[0014] Le présent exposé concerne en outre un système de fixation d'une aube pour turbomachine, comprenant :

- une aube telle que brièvement exposée ci-dessus, comportant, au niveau du pied d'aube, deux portions écartées l'une de l'autre suivant la direction transversale X de manière à ménager entre elles une cavité qui s'étend vers le bas suivant la direction Y de la hauteur de l'aube, depuis un fond de cavité jusqu'à une ouverture de cavité sur l'extérieur, située au niveau de l'extrémité inférieure du pied d'aube,
- au moins un élément d'attache de l'aube qui est engagé partiellement à l'intérieur de

la cavité, la partie engagée dudit au moins un élément d'attache ayant une forme, prise dans un plan défini par les deux directions X et Y, qui s'étend en direction du fond de la cavité en s'évasant suivant la direction transversale X, les deux portions écartées du pied d'aube qui sont au contact de la forme évasée dudit au moins un élément d'attache ayant des formes évasées correspondantes.

[0015] La configuration dudit au moins un élément d'attache à forme évasée (ou à moignon) permet de maîtriser le changement de géométrie de l'aube (configuration du pied d'aube avec les deux portions écartées transversalement) en assurant sa fixation/attache de manière efficace. Les deux portions du pied d'aube écartées transversalement permettent d'accroître le moment quadratique de la structure composite par rapport à une structure telle que celle de la [Fig.1B].

[0016] Selon d'autres caractéristiques possibles :

- chacune des deux portions écartées du pied d'aube comprend une face interne en contact avec une face externe dudit au moins un élément d'attache, la face interne de chaque portion du pied d'aube ayant, dans une zone de contact avec la partie la plus évasée de la face externe dudit au moins un élément d'attache, suivant une vue en section dans un plan défini par les directions X et Y, une inclinaison comprise entre 5° et 35° par rapport à la direction Y;

- ledit au moins un élément d'attache s'étend suivant au moins une partie de la cavité du pied d'aube suivant la direction axiale Z;

- ledit au moins un élément d'attache s'étend suivant une partie de la cavité du pied d'aube et comprend plusieurs éléments d'attache écartés l'un de l'autre suivant la direction axiale Z;

- la cavité du pied d'aube est fermée aux deux extrémités opposées de l'aube qui définissent respectivement un bord d'attaque et un bord de fuite de l'aube éloignés l'un de l'autre suivant la direction axiale Z ;

- la cavité du pied d'aube est ouverte à l'une des deux extrémités opposées de l'aube qui définissent respectivement un bord d'attaque et un bord de fuite de l'aube éloignés l'un de l'autre suivant la direction axiale Z ;

- le système de fixation d'aube comporte des éléments de fixation transversaux qui traversent transversalement ledit au moins un élément d'attache et les deux portions écartées du pied d'aube.

[0017] Le présent exposé concerne également une turbomachine comprenant un système de fixation d'aube tel que brièvement exposé précédemment.

Brève description des dessins

[0018] L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description détaillée faite ci-après de différents modes de réalisation de l'invention donnés à titre

d'exemples non limitatifs.

- [0019] [Fig.1A] La [Fig.1A] est une vue schématique en section transversale d'un système de fixation d'aube par bridage selon l'art antérieur ;
- [0020] [Fig.1B] La [Fig.1B] est une vue schématique en section transversale d'un système de fixation tangentielle d'aube selon l'art antérieur ;
- [0021] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue schématique en section axiale d'une turbomachine selon un mode de réalisation de l'invention ;
- [0022] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue schématique en section transversale d'une préforme d'aube avant sa mise en forme selon un mode de réalisation de l'invention ;
- [0023] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue schématique d'un système de fixation d'aube selon un mode de réalisation de l'invention suivant une vue en section transversale ;
- [0024] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue schématique partielle agrandie d'une zone de contact entre élément d'ancrage et portion de pied d'aube de la [Fig.4] ;
- [0025] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue schématique du système de fixation d'aube de la [Fig.4] suivant une vue en section axiale;
- [0026] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue schématique d'un système de fixation d'aube selon une variante de réalisation du système de la [Fig.6] ;
- [0027] [Fig.8] La [Fig.8] est une vue schématique d'un système de fixation d'aube selon une variante de réalisation du système de la [Fig.4];
- [0028] [Fig.9] La [Fig.9] est une vue schématique du système de fixation d'aube de la [Fig.4], avant insertion de l'élément d'attache dans le pied d'aube.

Description des modes de réalisation

- [0029] Sur l'ensemble des figures, les éléments en commun sont repérés par des références numériques identiques.
- [0030] La [Fig.2] représente, en section axiale passant par un plan vertical contenant l'axe principal A, une turbomachine d'aéronef 10 telle qu'un turboréacteur à double flux selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0031] La turbomachine 10 comporte, d'amont en aval selon la circulation du flux d'air, une soufflante 12, un compresseur basse pression 14, un compresseur haute pression 16, une chambre de combustion 18, une turbine haute pression 20 et une turbine basse pression 22.
- [0032] La soufflante 12 est munie d'une pluralité d'aubes de soufflante montées angulairement autour de l'axe principal A sur un disque connecté ici à l'arbre basse pression de la turbomachine. Le disque forme une partie d'une structure centrale du moteur de la turbomachine 10.
- [0033] Une telle aube de soufflante comprend un pied d'aube configuré pour être monté sur le disque en étant fixé à ce dernier et une pale d'aube qui s'étend à partir du pied d'aube

en direction du sommet de l'aube. De manière connue, une pale d'aube présente une face extrados et une face intrados qui s'étendent chacune d'amont en aval entre un bord d'attaque et un bord de fuite de l'aube.

- [0034] La description qui suit concerne une aube de soufflante telle que décrite ci-dessus en référence à la [Fig.3] et, notamment, une préforme d'aube de soufflante à partir de laquelle l'aube de soufflante est réalisée, ainsi qu'un système de fixation d'une telle aube sur la turbomachine.
- [0035] Il convient de noter que la préforme d'aube, l'aube obtenue à partir de cette préforme et le système de fixation d'une telle aube peuvent concerner d'autres types d'aubes de la turbomachine décrite ci-dessus ou d'autres turbomachines. En particulier, les aubes concernées par la présente invention peuvent être des aubes d'un redresseur de flux (OGV) pour une soufflante non carénée, c'est-à-dire des aubes statiques. Les aubes concernées par la présente invention peuvent également concerner des aubes mobiles comme celles de la soufflante décrite ci-dessus, voire, plus généralement, des aubes de compresseurs ou de turbines pour turbomachine. On notera que les aubes concernées peuvent être ou non équipées d'un mécanisme à calage variable. Par ailleurs, la turbomachine comportant de telles aubes peut être carénée ou non.
- [0036] La [Fig.3] représente de manière schématique une section transversale d'une préforme d'aube 30 suivant une vue prise dans un plan défini par deux directions X (direction transversale représentant la direction de la largeur ou épaisseur de la préforme d'aube et donc de l'aube) et Y (direction qui représente la direction de la hauteur de la préforme d'aube et donc de l'aube), étant entendu que la préforme d'aube s'étend également suivant la direction axiale ou longitudinale Z perpendiculaire aux deux premières directions et correspondant à la corde de l'aube.
- [0037] Comme représenté sur la [Fig.3], la préforme d'aube 30 comprend une première zone ou zone inférieure Z1 qui est apte à former un pied d'aube (la zone Z1 peut englober le pied d'aube et également une partie appelée échasse située au-dessus et qui forme une transition entre le pied et la pale de l'aube) et une deuxième zone ou zone supérieure Z2, située au-dessus de la zone Z1, et qui est apte à former une pale d'aube. La délimitation entre les zones Z1 et Z2 peut être différente et, par exemple, la zone Z2 peut inclure l'échasse de l'aube comme c'est le cas sur la représentation de la [Fig.3].
- [0038] La préforme d'aube de la [Fig.3] est réalisée manière connue en matériau composite tissé suivant un tissage tridimensionnel de fibres, par exemple de fibres de carbone, par exemple selon une armure interlock 3D. .
- [0039] La préforme d'aube de la [Fig.3] est à un stade de fabrication où elle n'a pas encore été mise en forme et peut donc être qualifiée d'ébauche de préforme.
- [0040] À l'extrémité supérieure, dans la deuxième zone Z2, le tissage débute par la réalisation d'une peau ou tronçon supérieur 32 qui formera la pale et l'échasse de l'aube.

Cette zone Z2 de la préforme présente un tissage tridimensionnel monolithique.

- [0041] Une zone de déliaison débute en dessous de ce tronçon 32 et comprend un première peau ou tronçon inférieur 34 et une deuxième peau ou tronçon inférieur 36 qui sont tissés conjointement de manière déliée avec un plan de déliaison 38. Des méthodes de tissage permettant de réaliser une telle déliaison sont bien connues dans le domaine du tissage 3D.
- [0042] Les deux peaux ou tronçons inférieurs 34 et 36 sont écartés l'un de l'autre suivant la direction transversale X en raison de la déliaison réalisée dans le matériau tissé 3D. Comme représenté sur la [Fig.3], chaque peau inférieure 34,36 s'étend suivant la direction Y sur une partie seulement de la hauteur de la préforme d'aube 30 et qui correspond ici à la hauteur de la première zone Z1 correspondant au pied de l'aube.
- [0043] Chaque peau inférieure 34,36 est destinée à former une portion du pied de l'aube.
- [0044] On notera qu'une étape de mise en forme telle qu'une étape connue de découpage par jet d'eau pour les lisières et les bords non utiles du tissage peut être mise en œuvre sur l'ébauche de la [Fig.3] ainsi qu'une étape de taille sur les fibres tissées (connue en terminologie anglo-saxonne sous le terme de « trimming »).
- [0045] La représentation illustrée sur la [Fig.3] laisse penser que le plan de déliaison 38 s'étend suivant la totalité de la dimension axiale (corde) ou longueur de l'ébauche de préforme d'aube, prise suivant la direction axiale Z.
- [0046] Cette configuration peut en effet être envisagée en fonction de la configuration finale retenue pour l'aube et son système de fixation.
- [0047] Toutefois, d'autres configurations peuvent être envisagées telles qu'une configuration où chacune des deux peaux inférieures 34 et 36 séparées l'une de l'autre par le plan de déliaison 38 s'étend sur une partie seulement de la dimension axiale (corde) de l'ébauche de préforme d'aube. Il en est de même pour le plan de déliaison 38.
- [0048] L'exemple de tissage décrit ci-dessus n'est qu'un exemple parmi de nombreux autres exemples de tissage connus de l'homme du métier. En particulier, d'autres déliaisons d'autres techniques de tissage telles que des croisements de couches, des sorties de couches ou des transitions d'épaisseur pour obtenir une géométrie de préforme analogue peuvent être utilisées. L'homme du métier trouvera notamment de nombreux exemples de tissage dans le document WO 2014/076408.
- [0049] L'ébauche de préforme d'aube peut ensuite être humidifiée pour l'assouplir et permettre un cadrage plus aisé des fibres. L'ébauche est ensuite introduite dans un moule de formage dont l'espace intérieur est ajusté à la géométrie recherchée pour la préforme d'aube.
- [0050] La préforme d'aube ainsi mise en forme est disposée dans un moule d'injection, aux dimensions de l'aube finale souhaitée. Un ou plusieurs inserts peuvent en outre être insérés dans l'espace formé entre les deux peaux 34 et 36 afin de maintenir le volume

interne de cet espace et d'empêcher la matrice de remplir ce volume. La matrice, par exemple une résine époxy, est alors injectée selon un procédé connu tel qu'un procédé connu sous la terminologie LCM (acronyme signifiant en terminologie anglo-saxonne «Liquid Composite Molding »).

- [0051] la [Fig.4] illustre en section transversale dans le plan défini par les directions X et Y une vue partielle agrandie d'un système de fixation d'aube 50 selon un mode de réalisation de l'invention.
- [0052] Le système de fixation d'aube 50 comprend, d'une part, une aube 52 telle que celle obtenue comme décrit plus haut à partir de l'ébauche de préforme d'aube 30 de la [Fig.3] et, d'autre part, au moins un élément de fixation ou d'attache métallique de l'aube 60. Cet élément d'attache peut provenir d'une pièce inférieure par exemple du disque de la turbomachine mentionné plus haut ou former une pièce rapportée, par exemple par fixation notamment au moyen de vis, servant à la fixation de l'aube à la turbomachine.
- [0053] L'aube 52 comprend plus particulièrement un pied d'aube comprenant deux portions ou jambes 54 et 56 qui sont écartées l'une de l'autre suivant la direction transversale X de manière à ménager entre elles une cavité interne C. Les portions ou jambes 54 et 56 sont formées à partir des peaux inférieures écartées 34 et 36 de la [Fig.3] et s'étendent axialement suivant la direction axiale (corde) Z de l'aube (l'écartement des peaux l'une de l'autre permet d'accroître la raideur). La cavité interne C est formée à partir de l'espace 38 entre les deux peaux 34 et 36 et s'étend également suivant la direction axiale Z de l'aube.
- [0054] Comme représenté sur la [Fig.4], la cavité interne C comprend un fond C1 situé dans la zone de l'aube où les deux portions ou jambes 54 56 se rejoignent et s'étend suivant la direction Y vers l'extrémité inférieure du pied d'aube jusqu'à une ouverture de cavité C2 située au droit de l'extrémité inférieure du pied d'aube.
- [0055] La cavité interne C définie entre les deux portions écartées 54 et 56 présente une forme bombée ou évasée dans sa partie interne située entre l'ouverture C2 et le fond C1. On notera que cette forme est réalisée lors de la mise en forme de la préforme et est ensuite figée géométriquement lors de la densification de la préforme par la résine.
- [0056] L'élément d'attache de l'aube 60 est engagé partiellement à l'intérieur de la cavité C et s'étend ainsi depuis son ouverture C2 jusqu'à l'intérieur de la cavité, en restant toutefois à distance du fond C1. Dans la vue de la [Fig.4], l'élément d'attache 60 présente une forme resserrée au niveau de l'ouverture de cavité C2 et qui s'évase progressivement en direction de la partie centrale de la cavité, adoptant ainsi une forme générale de bulbe ou de moignon.
- [0057] La configuration de l'élément d'attache et des portions écartées du pied d'aube définissant entre elles la cavité interne dans laquelle l'élément d'attache est disposé

permet d'assurer de manière fiable et simple la fixation de l'aube, tout en maîtrisant le moment quadratique grâce à l'écartement des deux portions du pied d'aube.

L'écartement des portions du pied d'aube permet d'assurer une plus grande raideur vis-à-vis des modes de flexion auxquels est soumise l'aube. On notera que l'élément d'attache permet non seulement d'assurer l'attache ou l'accrochage du pied d'aube mais également l'écartement des deux portions du pied d'aube.

- [0058] La configuration des portions écartées et épaissies du pied d'aube permet de faire travailler mécaniquement les portions de pied d'aube jusqu'en bas de l'aube mais dans des domaines limités (hors plan et en compression).
- [0059] Les deux portions écartées 54 et 56 du pied d'aube sont resserrées autour de la forme de bulbe de l'élément d'attache 60 et comprennent des faces internes 54a et 56a qui sont en contact localement avec des faces externes latérales 60a et 60b de l'élément d'attache à l'endroit où la forme de l'élément d'attache est la plus évasée. Les faces internes 54a et 56a se prolongent ensuite en convergeant en direction du fond C1 de la cavité sans toutefois se rapprocher trop rapidement l'une de l'autre après la zone de contact avec la forme évasée de l'élément d'attache.
- [0060] En effet, il est préférable que les faces internes 54a et 56a restent les plus parallèles possibles entre elles après avoir dépassé la zone de contact, ceci afin de limiter les sollicitations mécaniques du matériau dans la direction hors-plan.
- [0061] La [Fig.5] représente de manière schématique partielle la zone de contact entre la face externe 60b de l'élément d'attache 60 et la face interne 56a de la portion 56 et illustre l'angle d'inclinaison α de la face interne avec la direction verticale Y (une disposition symétrique est envisagée pour l'autre portion 54). Dans cet exemple, l'angle d'inclinaison α est compris entre 5° et 35° afin que la pente de la courbe formée par la face interne de chaque portion de pied d'aube, immédiatement après la zone de contact, soit la moins raide possible.
- [0062] La [Fig.6] illustre une vue schématique en section dans un plan défini par les directions X et Z au niveau de la partie évasée de l'élément d'attache 60 de la [Fig.4], . Les épaisseurs des deux portions 54 et 56 ont été volontairement réduites pour les besoins de l'illustration.
- [0063] Comme représenté sur cette figure, la cavité interne C est fermée aux deux extrémités opposées de l'aube qui définissent respectivement un bord d'attaque BA et un bord de fuite BF de l'aube alignés l'un avec l'autre suivant la corde de l'aube.
- [0064] Dans la représentation de la [Fig.6] les deux portions écartées du pied d'aube 54 et 56 se rejoignent chacune à leurs deux extrémités opposées pour former au niveau du pied d'aube la partie correspondante des bords d'attaque et de fuite, étant entendu que les bords d'attaque et de fuite s'étendent suivant toute la hauteur de l'aube (perpendiculaire au plan de la [Fig.6]).

- [0065] L'élément d'attache 60 s'étend axialement suivant la quasi-totalité de la dimension axiale (corde) ou longueur de l'aube, à l'exception toutefois de deux espaces internes E1 et E2 encadrant l'élément d'attache 60 et situés chacun entre une extrémité de l'élément d'attache et l'un des bords correspondants d'attaque et de fuite. Ces espaces internes s'étendent par exemple sur une partie de la hauteur de l'aube et peuvent être obtenus en réalisant une déliaison suivant une partie de la hauteur de l'aube. Ces espaces internes ont la même fonction que la cavité interne C décrite ci-dessus.
- [0066] Des éléments de fixation transversaux 62 et 64, tels que des vis, complètent le système de fixation d'aube en solidarissant transversalement l'élément d'attache 60 aux deux portions écartées de pied d'aube 54 et 56, ce qui apporte une sécurité supplémentaire en termes de fixation.
- [0067] On notera que la partie supérieure de la cavité interne C identifiée par la lettre E sur la [Fig.4] peut être remplie par un matériau d'âme, tel qu'une mousse de remplissage, par exemple au moment de l'injection de la préforme d'aube.
- [0068] De même, les espaces internes E1 et E2 visibles sur la [Fig.6] peuvent également être remplis par un matériau d'âme similaire. Ce remplissage peut se faire après l'assemblage afin d'éviter d'induire des contraintes géométriques.
- [0069] L'obtention de la préforme peut être réalisée par exemple de deux manières :
- soit par un procédé de co-injection, l'élément d'attache ou moignon 60 étant inséré entre les peaux inférieures 54 et 56, puis les éléments sont cuits ensemble dans un moule après injection de la résine ;
 - soit par insertion et collage de l'élément d'attache ou moignon 60 entre les peaux une fois la préforme imprégnée, l'ensemble étant ensuite placé dans un autoclave pour effectuer la polymérisation (l'insertion est réalisée avant polymérisation lorsque la préforme est souple et l'appairage est relativement simple).
- [0070] La [Fig.7] illustre une vue schématique en section dans un plan défini par les directions X et Z analogue à la vue de la [Fig.6].
- [0071] Toutefois, le système de fixation d'aube comporte ici deux éléments d'attache 70 et 72 qui sont éloignés l'un de l'autre suivant la direction axiale Z (corde) et qui sont engagés à l'intérieur de la cavité interne C de la [Fig.4] entre les deux portions écartées 54 et 56 du pied d'aube.
- [0072] L'écartement axial entre les deux éléments d'attache 70 et 72 ménage entre ces éléments un espace interne ou évidement E3 qui s'étend par exemple suivant toute la hauteur de la cavité C et peut également être réalisé par l'intermédiaire d'une des liaisons dans le tissage comme pour les espaces E1 et E2. Cette discontinuité au niveau de l'élément d'attache permet de réduire le poids de l'ensemble.
- [0073] La configuration discontinue représentée sur la [Fig.7] n'est qu'un exemple possible et peut bien entendu prendre d'autres formes non représentées ici avec un nombre

d'éléments d'attache différents et/ou avec des formes différentes.

- [0074] L'espace interne ou évidement E3 peut également être rempli avec un matériau de remplissage comme décrit plus haut.
- [0075] Des éléments de fixation transversaux 74 et 76, tels que des vis, complètent le système de fixation d'aube en solidarissant transversalement les éléments d'attache respectifs 70 et 72 aux deux portions écartées de pied d'aube 54 et 56.
- [0076] Selon une variante de réalisation illustrée en pointillés sur la [Fig.3], la préforme d'aube peut en outre comporter une zone complémentaire monolithique en matériau tissé tridimensionnellement Zc, réalisée sous la forme d'une peau ou tronçon supplémentaire ou pan libre, qui s'étend notamment contre l'une des deux peaux inférieures (contre la face externe de cette peau), à savoir ici la peau 36, de manière à former une surépaisseur externe suivant la direction transversale X. La peau supplémentaire s'étend ici suivant toute la hauteur de la préforme et est tissée conjointement de manière déliée avec un autre plan de déliaison 40 qui, ici, s'étend dans la zone supérieure Z2 jusqu'à l'extrémité supérieure de celle-ci.
- [0077] Une fois le tissage terminé, la peau supplémentaire est découpée de manière à former une peau ou tronçon transversal qui formera une plate-forme Ptf de l'aube comme pour l'aube 80 illustrée sur la [Fig.8] (cette aube reprend les caractéristiques décrites en relation avec la [Fig.4]).
- [0078] On notera que cette surépaisseur permet de concevoir une portion de pied plus épaisse notamment pour augmenter la résistance mécanique en termes de raideur ou en ce qui concerne l'assemblage par boulonnage d'éléments de fixation transversaux.
- [0079] Par ailleurs, la réalisation d'une plate-forme intégrée comme illustré sur la [Fig.8] permet de réduire l'épaisseur ou dimension transversale de l'aube dans sa partie constituant la pale, conférant ainsi un profil aérodynamique plus mince de la pale.
- [0080] Plusieurs matériaux fibreux peuvent être utilisés pour réaliser cette variante, en particulier un premier type de fibres pour réaliser la préforme de la [Fig.3] et un deuxième type de fibres pour réaliser la plate-forme et la portion inférieure renforcée du pied d'aube sous la plate-forme.
- [0081] Selon une variante de réalisation non représentée, la cavité interne est ouverte à l'une et/ou à l'autre des deux extrémités opposées définissant les bords d'attaque et de fuite de l'aube suivant la corde de l'aube. Dans cette configuration, l'élément d'attache peut avoir une section transversale, dans un plan défini par les directions X et Y, en forme de queue d'aronde.
- [0082] À titre d'exemple l'aube est obtenue de manière monobloc par tissage tridimensionnel d'une préforme fibreuse telle que celle décrite plus haut.
- [0083] La [Fig.9] illustre l'aube 50 de la [Fig.4] avant insertion de l'élément d'attache 60 entre les portions écartées 54, 56 du pied d'aube.

[0084] Bien que la présente invention ait été décrite en se référant à des exemples de réalisation spécifiques, il est entendu que des modifications et des changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. En particulier, des caractéristiques individuelles des différents modes de réalisation illustrés/mentionnés peuvent être combinées dans des modes de réalisation additionnels. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.

Revendications

- [Revendication 1] Préforme d'aube (10) en matériau composite tissé obtenue par tissage tridimensionnel, pour turbomachine, la préforme d'aube présentant une forme générale qui est allongée suivant une première direction Y, représentant la direction de la hauteur de l'aube, et qui s'étend suivant deux autres directions perpendiculaires dont une deuxième direction axiale Z représentant la direction de la corde de l'aube et une troisième direction transversale X représentant la direction de l'épaisseur de l'aube, la préforme d'aube comprenant, alignées suivant la première direction Y, une zone inférieure (Z1) apte à former un pied d'aube et une zone supérieure (Z2) apte à former une pale d'aube incluant un sommet d'aube, caractérisée en ce que la zone inférieure (Z1) est tissée et conformée de manière à comprendre deux peaux (34, 36) écartées l'une de l'autre suivant la direction transversale X, ménageant ainsi entre les deux peaux un espace libre qui forme une déliaison (38) dans le matériau tissé, chaque peau (34, 36) étant apte à former une portion du pied d'aube.
- [Revendication 2] Préforme d'aube selon la revendication 1, caractérisée en ce que chacune des deux peaux (34, 36) s'étend suivant la première direction Y sur une partie de la hauteur de la préforme d'aube.
- [Revendication 3] Préforme d'aube selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que la préforme d'aube présente un tissage tridimensionnel monolithique dans la partie de la préforme qui s'étend au-delà des deux peaux (34, 36) en incluant la zone supérieure.
- [Revendication 4] Préforme d'aube selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que chacune des deux peaux (34, 36) s'étend suivant la direction axiale Z sur la totalité de la longueur de la préforme d'aube.
- [Revendication 5] Préforme d'aube selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que chacune des deux peaux (34, 36) s'étend suivant la direction axiale Z sur une partie de la longueur de la préforme d'aube.
- [Revendication 6] Préforme d'aube selon la revendication précédente, caractérisée en ce que la partie de la longueur de la préforme d'aube est située entre les deux extrémités opposées de la préforme d'aube qui sont aptes respectivement à former un bord d'attaque et un bord de fuite de l'aube.
- [Revendication 7] Préforme d'aube selon la revendication 4, caractérisée en ce que la partie de la longueur de la préforme d'aube s'étend jusqu'à une des deux extrémités opposées de la préforme d'aube qui sont aptes respec-

- tivement à former un bord d'attaque et un bord de fuite de l'aube.
- [Revendication 8] Préforme d'aube selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la préforme d'aube comporte en outre une zone complémentaire monolithique en matériau tissé tridimensionnellement qui s'étend notamment contre l'une des deux peaux de manière à former une surépaisseur externe suivant la direction transversale X, la zone complémentaire monolithique formant avec le matériau tissé tridimensionnellement de la préforme d'aube une déliaison qui s'étend dans la zone supérieure jusqu'à l'extrémité supérieure de cette dernière.
- [Revendication 9] Aube pour turbomachine réalisée de manière monolithique en matériau composite à partir d'une préforme d'aube selon l'une des revendications 1 à 8, la préforme d'aube ayant été mise en forme dans un moule et noyée dans une matrice.
- [Revendication 10] Système de fixation d'une aube pour turbomachine, comprenant :
 -une aube selon la revendication 9 comportant, au niveau du pied d'aube, deux portions (54, 56) écartées l'une de l'autre suivant la direction transversale X de manière à ménager entre elles une cavité (C) qui s'étend vers le bas suivant la direction Y de la hauteur de l'aube, depuis un fond (C1) de cavité jusqu'à une ouverture (C2) de cavité sur l'extérieur, située au niveau de l'extrémité inférieure du pied d'aube,
 -au moins un élément d'attache (60) de l'aube qui est engagé partiellement à l'intérieur de la cavité, la partie engagée dudit au moins un élément d'attache (60) ayant une forme, prise dans un plan défini par les deux directions X et Y, qui s'étend en direction du fond de la cavité en s'évasant suivant la direction transversale X, les deux portions écartées (54, 56) du pied d'aube qui sont au contact de la forme évasée dudit au moins un élément d'attache (60) ayant des formes évasées correspondantes.
- [Revendication 11] Système de fixation d'aube selon la revendication précédente, caractérisé en ce que chacune des deux portions (54, 56) écartées du pied d'aube comprend une face interne (54a, 56a) en contact avec une face externe (60a, 60b) dudit au moins un élément d'attache (60), la face interne de chaque portion du pied d'aube ayant, dans une zone de contact avec la partie la plus évasée de la face externe dudit au moins un élément d'attache, suivant une vue en section dans un plan défini par les directions X et Y, une inclinaison comprise entre 5° et 35° par rapport à la direction Y.
- [Revendication 12] Système de fixation d'aube selon la revendication 10 ou 11, caractérisé

en ce que ledit au moins un élément d'attache (60) s'étend suivant au moins une partie de la cavité (C) du pied d'aube suivant la direction axiale Z.

[Revendication 13] Système de fixation d'aube selon la revendication 11, caractérisé en ce que ledit au moins un élément d'attache (60) s'étend suivant une partie de la cavité du pied d'aube et comprend plusieurs éléments d'attache (70, 72) écartés l'un de l'autre suivant la direction axiale Z.

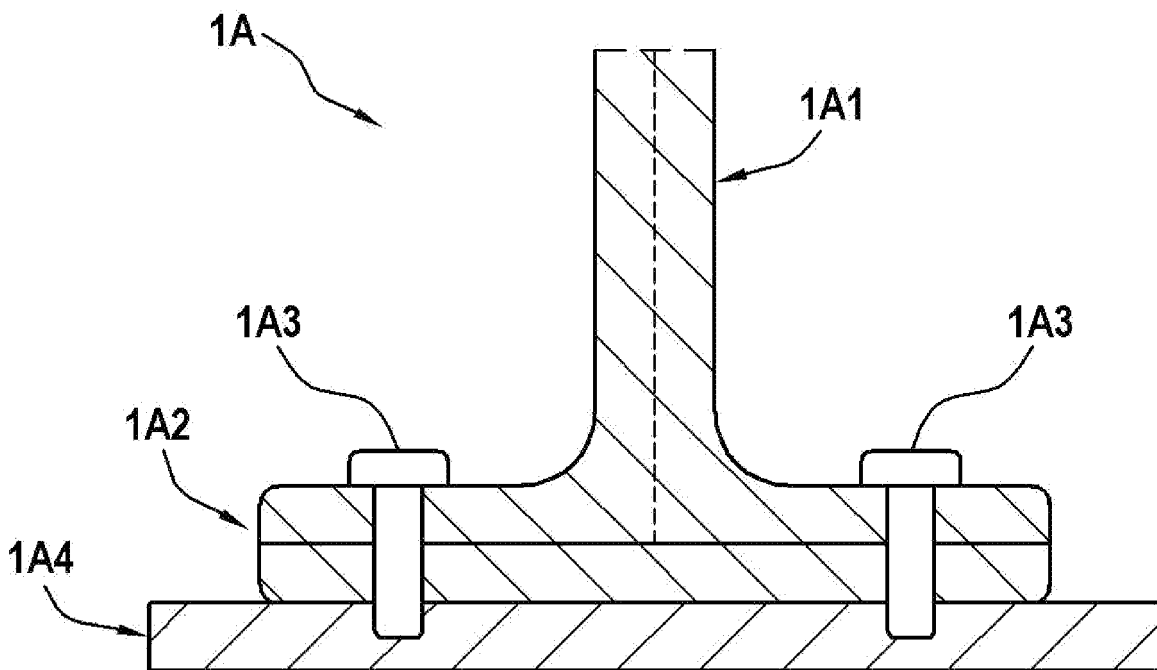
[Revendication 14] Système de fixation d'aube selon l'une des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que la cavité (C) du pied d'aube est fermée aux deux extrémités opposées de l'aube qui définissent respectivement un bord d'attaque BA et un bord de fuite BF de l'aube éloignés l'un de l'autre suivant la direction axiale Z.

[Revendication 15] Système de fixation d'aube selon l'une des revendications 10 à 14, caractérisé en ce que la cavité du pied d'aube est ouverte à l'une des deux extrémités opposées de l'aube qui définissent respectivement un bord d'attaque BA et un bord de fuite BF de l'aube éloignés l'un de l'autre suivant la direction axiale Z.

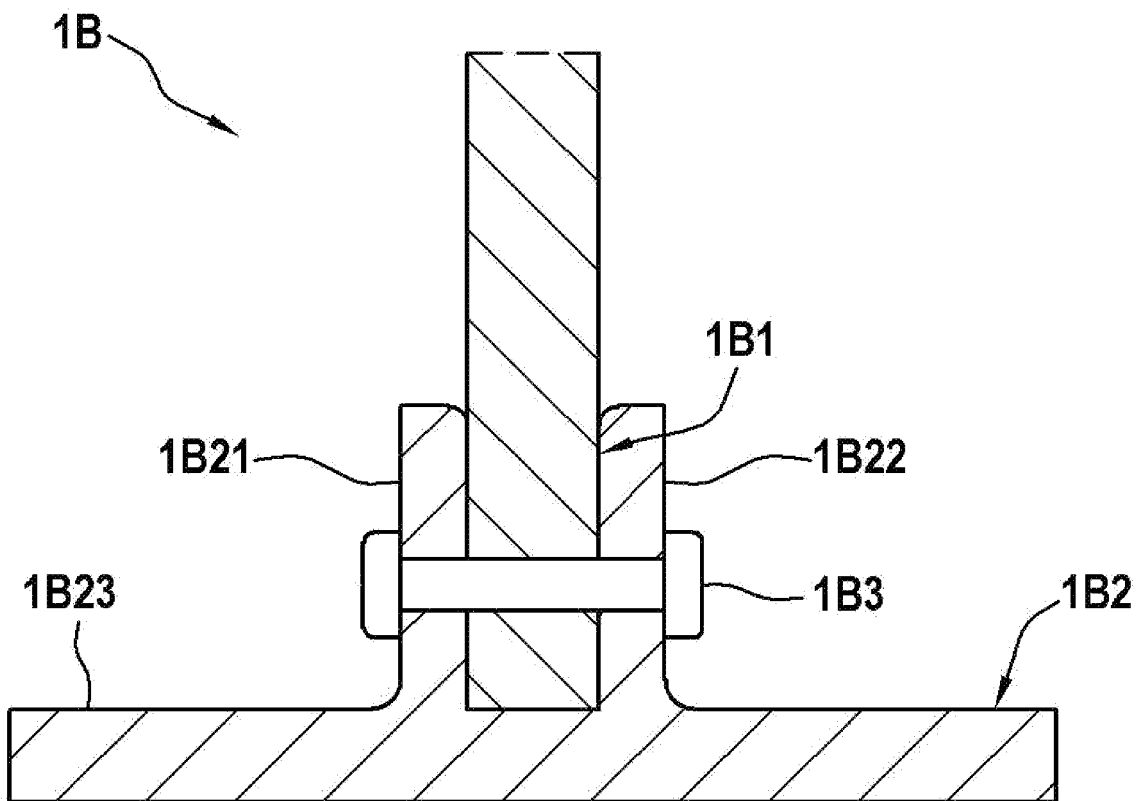
[Revendication 16] Système de fixation d'aube selon l'une des revendications 10 à 15, caractérisé en ce qu'il comporte des éléments de fixation transversaux (62, 64 ; 74, 76) qui traversent transversalement ledit au moins un élément d'attache (60 ; 70, 72) et les deux portions écartées du pied d'aube.

[Revendication 17] Turbomachine comprenant un système de fixation d'aube selon l'une des revendications 10 à 16.

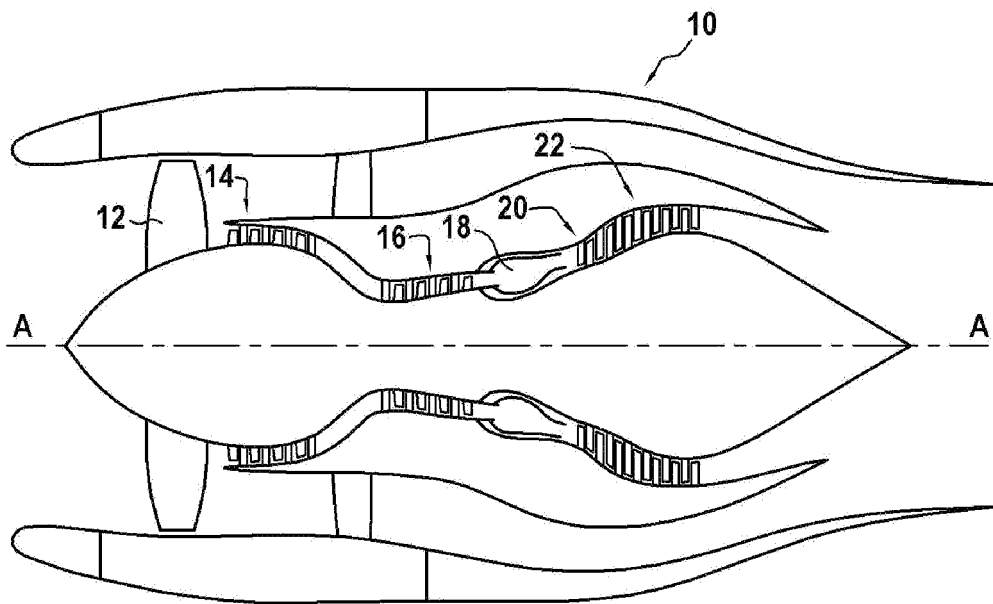
[Fig. 1A]



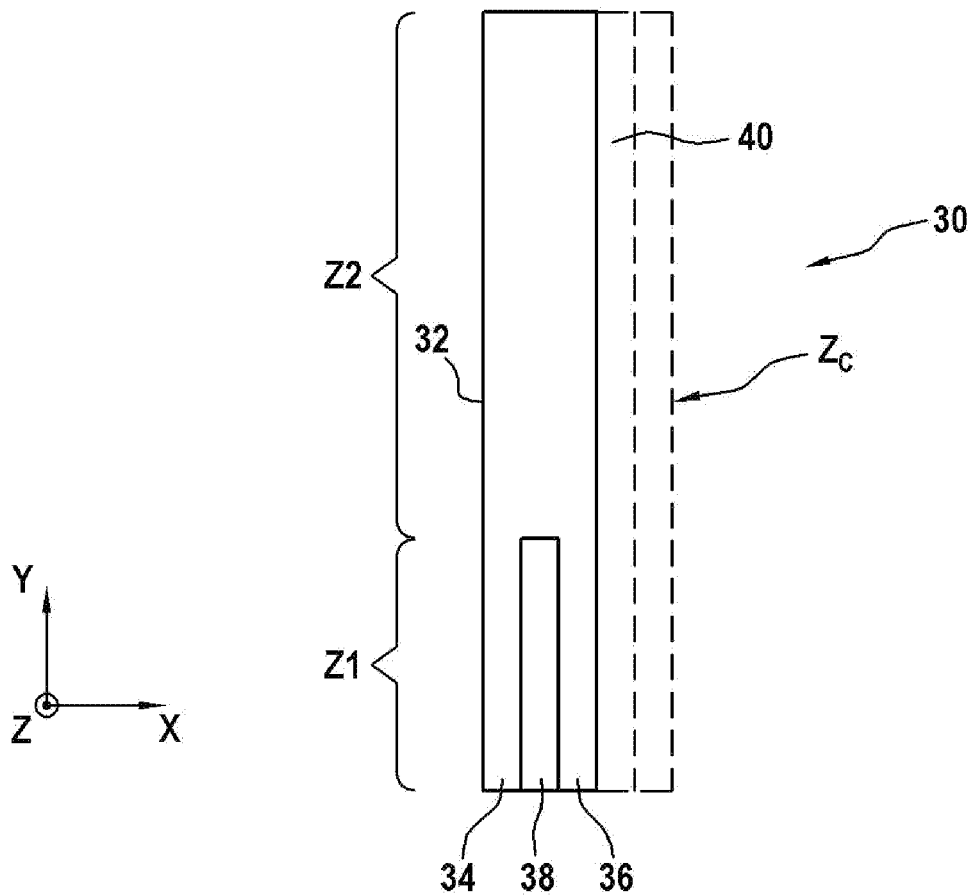
[Fig. 1B]



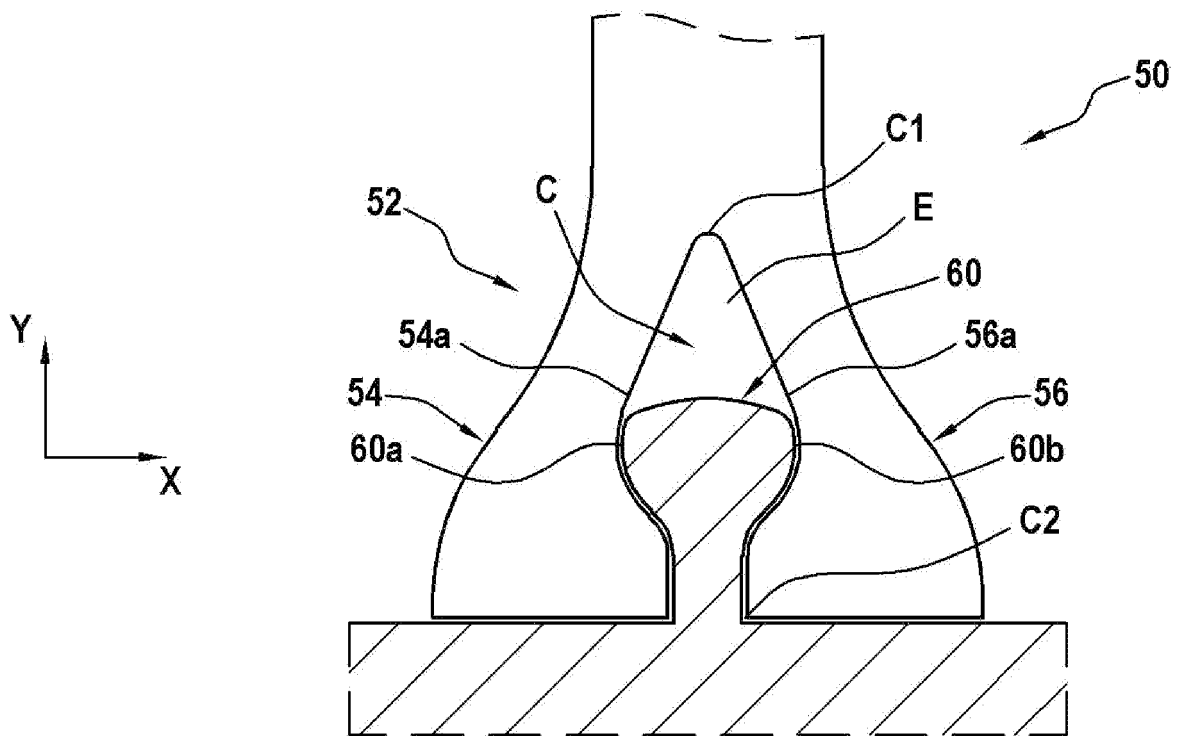
[Fig. 2]



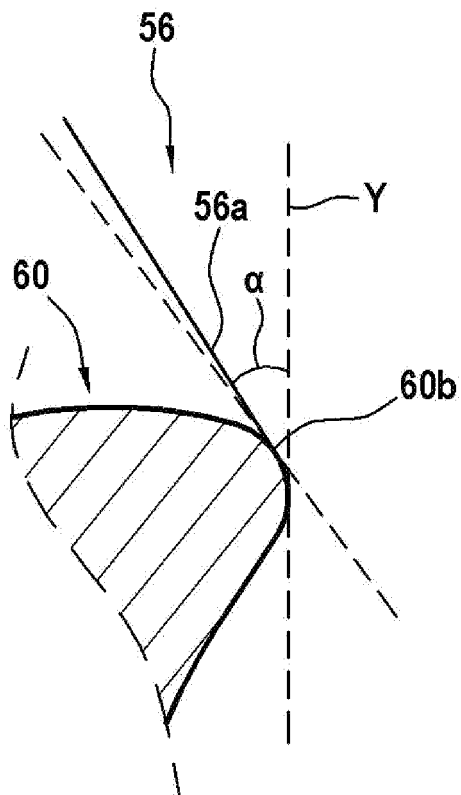
[Fig. 3]



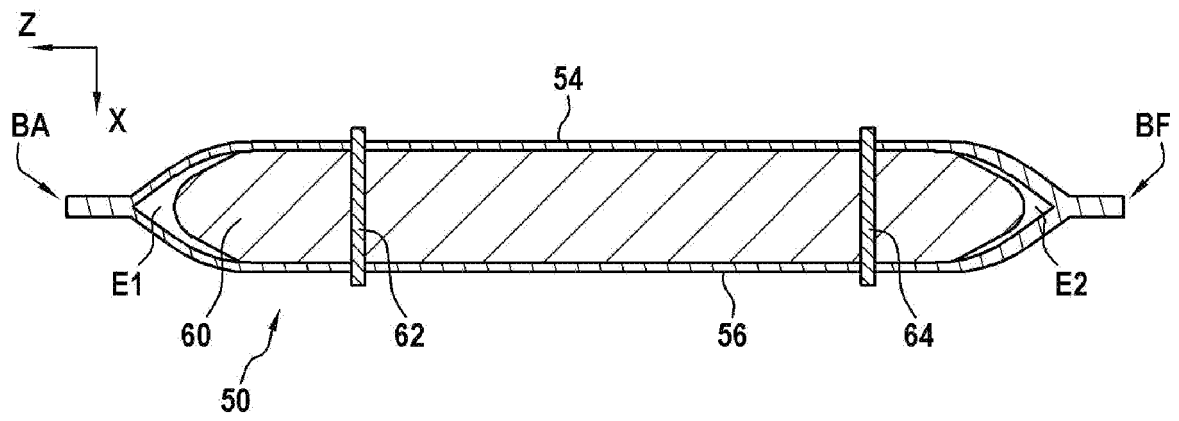
[Fig. 4]



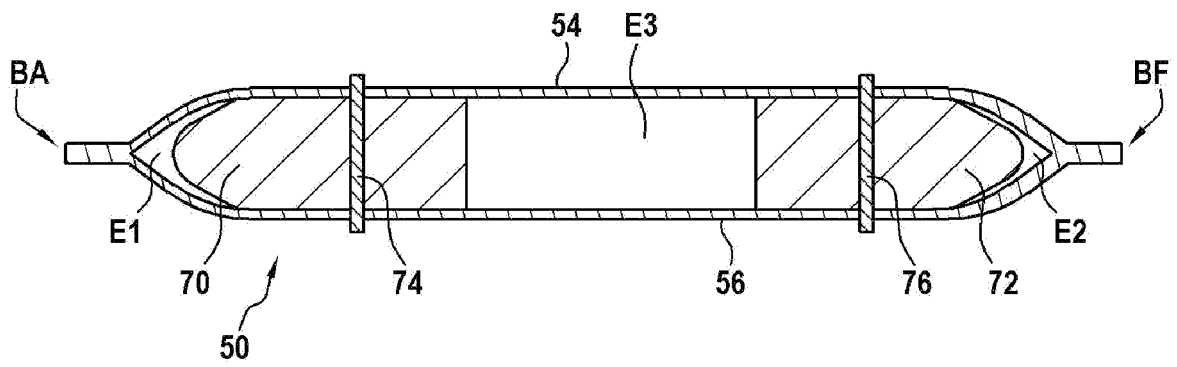
[Fig. 5]



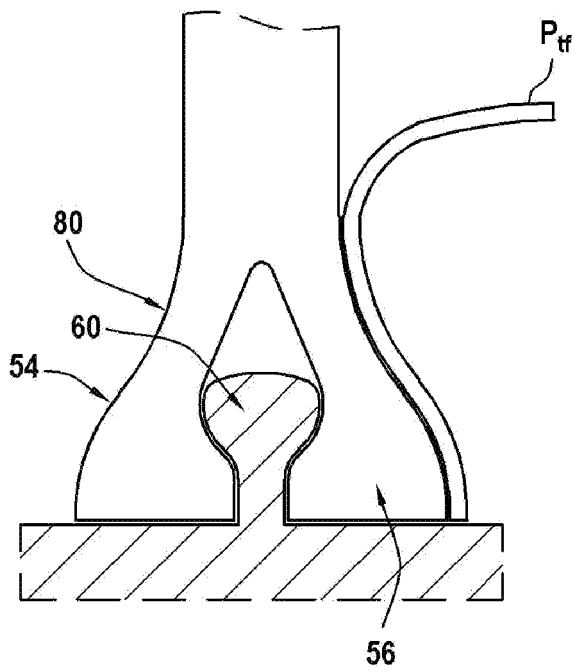
[Fig. 6]



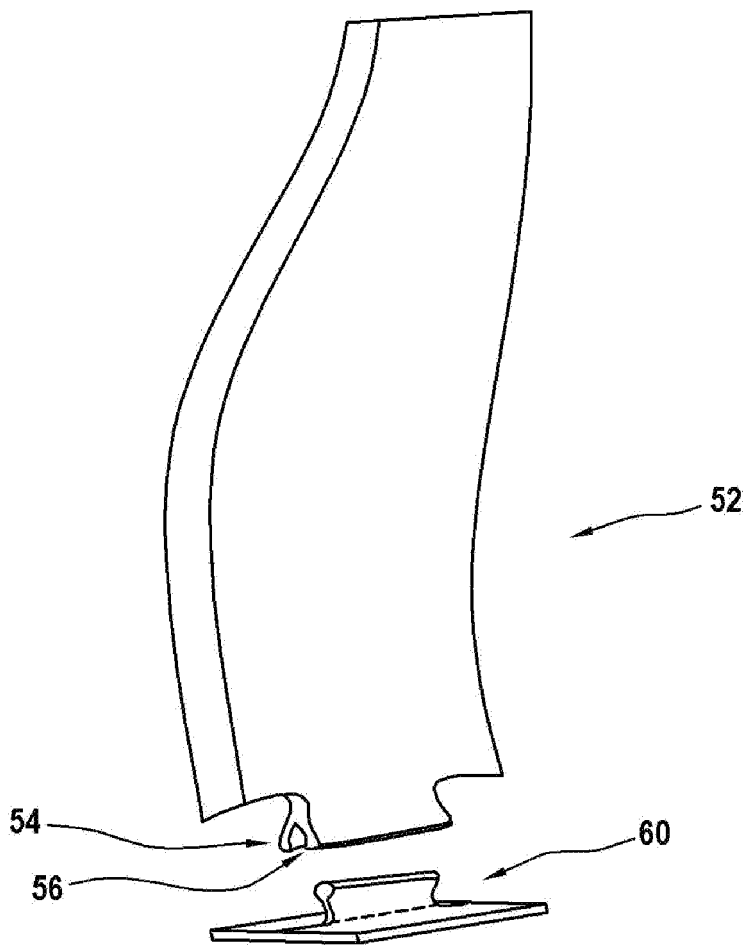
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[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 904999
FR 2201522

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	FR 2 946 999 A1 (SNECMA [FR]; SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR]) 24 décembre 2010 (2010-12-24)	1-9	F01D5/28 F01D5/14 B29B11/16
A	* page 8, ligne 1 - page 22, ligne 10; figures *	10-17	
X	US 2018/119549 A1 (VETTERS DANIEL K [US] ET AL) 3 mai 2018 (2018-05-03)	1-9	
A	* alinéa [0075] - alinéa [0100]; figures *	10-17	
X	WO 2016/174346 A1 (SNECMA [FR]) 3 novembre 2016 (2016-11-03)	1-9	
A	* le document en entier *	10-17	
X	WO 2013/079860 A1 (HERAKLES [FR]; SNECMA [FR]) 6 juin 2013 (2013-06-06)	1-9	
A	* le document en entier *	10-17	
X	FR 2 981 602 A1 (SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR]; SNECMA [FR]) 26 avril 2013 (2013-04-26)	1-9	
A	* le document en entier *	10-17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	WO 2018/189470 A1 (SAFRAN [FR]) 18 octobre 2018 (2018-10-18)	1-9	F01D B29C D03D
A	* le document en entier *	10-17	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
20 septembre 2022		Teissier, Damien	
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 2201522 FA 904999**

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 **20-09-2022**
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
FR 2946999	A1	24-12-2010	BR PI1015980 A2	19-04-2016
			CA 2765021 A1	23-12-2010
			CN 102803657 A	28-11-2012
			EP 2443318 A1	25-04-2012
			FR 2946999 A1	24-12-2010
			JP 5730864 B2	10-06-2015
			JP 2012530212 A	29-11-2012
			RU 2012101635 A	27-07-2013
			US 2012099982 A1	26-04-2012
			WO 2010146288 A1	23-12-2010

US 2018119549	A1	03-05-2018	AUCUN	

WO 2016174346	A1	03-11-2016	BR 112017023163 A2	24-07-2018
			CA 2983970 A1	03-11-2016
			CN 107530909 A	02-01-2018
			EP 3288738 A1	07-03-2018
			FR 3035678 A1	04-11-2016
			JP 6771488 B2	21-10-2020
			JP 2018523041 A	16-08-2018
			RU 2017141278 A	29-05-2019
			US 2018100400 A1	12-04-2018
			WO 2016174346 A1	03-11-2016

WO 2013079860	A1	06-06-2013	CA 2857453 A1	06-06-2013
			CN 103974824 A	06-08-2014
			EP 2785520 A1	08-10-2014
			FR 2983428 A1	07-06-2013
			JP 5973589 B2	23-08-2016
			JP 2015500416 A	05-01-2015
			RU 2014121516 A	10-02-2016
			US 2015040396 A1	12-02-2015
			WO 2013079860 A1	06-06-2013

FR 2981602	A1	26-04-2013	CA 2853040 A1	02-05-2013
			EP 2771547 A2	03-09-2014
			FR 2981602 A1	26-04-2013
			US 2014314556 A1	23-10-2014
			WO 2013060977 A2	02-05-2013

WO 2018189470	A1	18-10-2018	BR 112019021205 A2	28-04-2020
			CA 3059195 A1	18-10-2018
			CN 110505957 A	26-11-2019
			EP 3592546 A1	15-01-2020
			FR 3065182 A1	19-10-2018
			RU 2019135618 A	13-05-2021

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2201522 FA 904999**

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 **20-09-2022**
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
		US 2020108569 A1	09-04-2020
		WO 2018189470 A1	18-10-2018
