

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

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

3 143 409

②① N° d'enregistrement national : **22 13319**

⑤① Int Cl⁸ : **B 29 B 11/16** (2023.01), D 02 J 1/04, B 29 C 70/48,
C 04 B 14/38, B 29 C 70/24, B 29 C 70/54, B 24 C 1/00,
F 01 D 5/28

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Fabrication d'un élément de renfort d'une aube avec pré-compactage.

②② Date de dépôt : 14.12.22.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 21.06.24 Bulletin 24/25.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 13.12.24 Bulletin 24/50.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN AIRCRAFT ENGINES
Société par actions simplifiée —FR et SAFRAN
Société anonyme — FR.*

⑦② Inventeur(s) : IGLESIAS CANO Celia,
COMMARMOT Manon et GEORGES Julien.

⑦③ Titulaire(s) : SAFRAN AIRCRAFT ENGINES Société
par actions simplifiée, SAFRAN Société anonyme.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

FR 3 143 409 - B1



Description

Titre de l'invention : Fabrication d'un élément de renfort d'une aube avec pré-compactage

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un élément de renfort pour une aube composite de moteur de turbomachine ou d'hélice. L'aube composite peut par exemple être une aube de soufflante, dite « aube fan », ou une aube directrice de sortie, dit « OGV » pour « outlet guide vane ».

Technique antérieure

[0002] Afin d'obtenir des aubes de turbomachine légères mais présentant d'excellentes propriétés thermomécaniques, on réalise de manière bien connue les aubes en matériau composite, c'est-à-dire en matériau comprenant un renfort fibreux densifié par une matrice, par exemple une matrice organique. En outre, les parties non structurales des aubes peuvent être creuses afin de gagner encore en masse.

[0003] Le document FR 3 063 514 A1 décrit un exemple d'aube de redresseur d'une turbomachine carénée s'étendant radialement entre une plateforme interne, par laquelle l'aube est fixée à un carter interne de la turbomachine, et une plateforme externe, par laquelle l'aube est fixée à un carter externe de la turbomachine. Le renfort fibreux du corps de pale de l'aube présente une partie d'extrémité comprenant deux segments déliés l'une de l'autre jusqu'à une extrémité libre. L'aube comprend en outre un insert rapporté, appelé « gap filler » ou « roving » en anglais, permettant de combler l'espace vide au niveau de la jonction entre les deux segments déliés. Un tel insert peut notamment être fabriqué au moyen d'une tresse mise en forme.

[0004] De telles aubes de turbomachine peuvent appartenir par exemple à une turbomachine double flux, dans laquelle la masse d'air aspirée par la soufflante est divisée de manière bien connue entre un flux primaire et un flux secondaire. Le taux de dilution d'une turbomachine correspond au ratio entre le débit du flux primaire et le débit du flux secondaire. Afin d'améliorer les performances de la turbomachine et de réduire sa consommation de carburant, il est intéressant d'augmenter ce taux de dilution. Toutefois, une telle augmentation du taux de dilution nécessite d'augmenter la hauteur des aubes, en particulier des aubes de la soufflante et des aubes du redresseur associé, pour conserver une poussée moteur similaire. Cette augmentation de hauteur est encore plus importante pour les turbomachines non carénées, dans lesquelles les aubes sont déjà de grandes dimensions et dans lesquelles les vitesses de rotation sont plus faibles.

[0005] Ainsi, l'insert rapporté tel que décrit précédemment doit répondre aux nouvelles contraintes géométriques et structurales de ces nouvelles aubes. L'insert rapporté doit

donc présenter une forme plus allongée et évasée, et une variation d'épaisseur plus brutale pour s'adapter aux nouvelles géométries d'aube. Or, une telle forme n'est pas réalisable à partir des techniques connues, y compris avec des inserts fabriqués à partir d'une tresse.

[0006] En outre, dans les turbomachines non carénées, le fait de fixer l'aube, en particulier une aube de redresseur, à un carter de la turbomachine uniquement par son extrémité radiale interne située au niveau du pied d'aube a pour conséquence de faire transiter l'ensemble des efforts dans la zone du pied d'aube, ce qui se traduit par des niveaux élevés de contraintes dans les parties composites du pied de l'aube. Les inserts rapportés connus ne permettent pas de renforcer localement suffisamment la zone du pied d'aube, et ainsi ne limitent pas suffisamment l'ouverture et les contraintes au niveau des segments déliés du renfort fibreux sous sollicitation de traction, compression et flexion. En outre, les inserts connus fabriqués à partir d'une tresse présentent une rigidité trop faible et ne permettent donc pas d'augmenter suffisamment la raideur globale de l'aube, ce qui entraîne un risque accru de flambage et une dégradation du placement fréquentiel du redresseur.

Exposé de l'invention

[0007] Afin de remédier aux inconvénients précités, l'invention propose la fabrication d'un élément de renfort permettant de remplir d'une part la fonction de l'insert rapporté connu de l'art antérieur et d'autre part de remplir une fonction de longeron, même lorsque ledit élément de renfort présente une géométrie très évasée.

[0008] A cet effet, l'invention propose un procédé de fabrication d'une préforme fibreuse d'un élément de renfort pour une aube, par exemple de turbomachine, comprenant les étapes suivantes :

[0009] - la réalisation d'une ébauche fibreuse par tissage tridimensionnel entre une pluralité de fils de chaîne s'étendant suivant une première direction et une pluralité de fils de trame s'étendant suivant une deuxième direction sécante, par exemple perpendiculaire, à la première direction, l'ébauche fibreuse s'étendant suivant la première direction entre une surface de référence et une surface brute, et s'étendant suivant une troisième direction sécante, par exemple perpendiculaire, aux première et deuxième directions entre deux surfaces à profiler,

[0010] - le retrait de la surface brute de l'ébauche fibreuse par découpe jet d'eau de sorte à réaliser une surface nette,

[0011] - la disposition de l'ébauche fibreuse comprenant la surface nette dans un outillage de compactage afin d'obtenir une préforme fibreuse ayant la forme de l'élément de renfort à obtenir et présentant un taux volumique de fibres déterminé ;

[0012] le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- [0013] - la disposition de l'ébauche fibreuse dans un outillage de pré-compactage avant le retrait de la surface brute de ladite ébauche, l'outillage de pré-compactage comprenant un logement délimité par un fond et deux mâchoires s'étendant depuis ledit fond, l'écartement entre les deux mâchoires étant ajustable, l'ébauche fibreuse étant disposée dans le logement de l'outillage de pré-compactage de sorte que la surface de référence de ladite ébauche soit disposée au contact du fond, puis
- [0014] - l'ajustement des mâchoires de l'outillage de pré-compactage de sorte que le logement de l'outillage de pré-compactage ait la forme de la préforme fibreuse de l'élément de renfort à obtenir afin de pré-compacter l'ébauche fibreuse, les surfaces à profiler de l'ébauche étant disposées au contact des mâchoires et la surface brute de l'ébauche fibreuse étant libre ;
- [0015] l'étape de retrait de la surface brute étant réalisée alors que l'ébauche fibreuse est pré-compactée dans l'outillage de pré-compactage, et l'ébauche fibreuse pré-compactée étant retirée de l'outillage de pré-compactage après l'étape de retrait de la surface brute avant d'être disposée dans l'outillage de compactage.
- [0016] Ainsi, on réalise la préforme de l'élément de renfort par tissage tridimensionnel de fibres, ce qui permet d'obtenir un élément de renfort avec une excellente rigidité, en particulier suivant la direction radiale par rapport à l'axe moteur de la turbomachine. En outre, l'interface entre le tissage tridimensionnel de l'élément de renfort et le tissage tridimensionnel du reste de l'aube est plus robuste.
- [0017] En découpant l'ébauche fibreuse de l'élément de renfort alors qu'elle est pré-compactée, on augmente fortement la précision de la découpe, ce qui permet de réaliser des formes d'élément de renfort plus complexes et plus adaptables aux aubes de nouvelles générations. En effet, si la découpe avait lieu de manière classique sans pré-compactage, cette étape entraînerait une déformation de l'ébauche fibreuse lors de la découpe, et la surface nette ainsi obtenue serait elle-même déformée et éloignée de la géométrie souhaitée.
- [0018] L'ébauche fibreuse peut être pré-compactée de sorte à obtenir une forme évasée au niveau de la surface nette. La préforme fibreuse de l'élément de renfort peut présenter une forme évasée. L'épaisseur de la préforme fibreuse de l'élément de renfort suivant la troisième direction D_3 peut augmenter d'au moins 200% sur une distance inférieure à 50% suivant la première direction D_1 de la longueur de ladite préforme d'élément de renfort.
- [0019] Selon un mode particulier de réalisation de l'invention, l'ébauche fibreuse est obtenue par découpe jet d'eau dans une bande fibreuse réalisée par tissage tridimensionnel en sortie d'un métier à tisser.
- [0020] Selon un autre mode particulier de réalisation de l'invention, la surface de référence et la surface brute de l'ébauche fibreuse comprennent un même nombre de fils de

chaîne.

- [0021] Ainsi, l'ébauche fibreuse est réalisée sans sortie de fils de chaîne : elle est donc plus simple et rapide à réaliser, et limite le risque d'apparition d'un défaut dans ladite ébauche après découpe des fils sortis.
- [0022] Selon un autre mode particulier de réalisation de l'invention, l'ébauche fibreuse comprend une première portion s'étendant depuis la surface de référence présentant une capacité de compactage plus grande que la capacité de compactage d'une deuxième portion de l'ébauche s'étendant depuis la surface brute.
- [0023] Selon un autre mode particulier de réalisation de l'invention, le diamètre moyen des fils de trame de la deuxième portion de l'ébauche est plus grand que le diamètre moyen des fils de trame de la première portion de ladite ébauche.
- [0024] Selon un autre mode particulier de réalisation de l'invention, la découpe jet d'eau pour le retrait de la surface brute suit un profil non rectiligne.
- [0025] Selon un autre mode particulier de réalisation de l'invention, l'ébauche fibreuse est disposée dans l'outillage de pré-compactage de sorte que deux surfaces latérales brutes de l'ébauche fibreuse opposées suivant la deuxième direction soient libres, les deux surfaces latérales brutes étant retirées par découpe jet d'eau alors que l'ébauche fibreuse est pré-compactée dans l'outillage de pré-compactage.
- [0026] Ainsi, il est également possible de réaliser la découpe de deux surfaces latérales brutes dans la même étape que la découpe de la surface brute. Il est ainsi possible de mieux maîtriser la forme des surfaces latérales de la préforme.
- [0027] L'invention concerne en outre un procédé de fabrication d'une aube en matériau composite comprenant les étapes suivantes :
- [0028] - la fabrication d'une préforme fibreuse d'un élément de renfort tel que décrit précédemment,
- [0029] - la fabrication d'une préforme fibreuse d'aube comprenant au moins deux peaux liées l'une à l'autre au niveau d'une extrémité et délimitant entre elles une cavité débouchant sur une ouverture,
- [0030] - l'insertion de tout ou partie de la préforme fibreuse de l'élément de renfort dans la cavité de l'ébauche fibreuse d'aube de sorte à combler l'ouverture de ladite cavité,
- [0031] - la densification par une matrice de l'ensemble formé par la préforme fibreuse de l'élément de renfort disposée dans la préforme fibreuse d'aube, de sorte à obtenir une aube en matériau composite comprenant un élément de renfort.
- [0032] Selon un mode particulier de réalisation de l'invention, un élément de comblement est inséré au fond de la cavité de la préforme fibreuse d'aube avant que la préforme fibreuse de l'élément de renfort soit insérée dans ladite cavité.
- [0033] L'élément de comblement présente de préférence une densité inférieure à la densité des préformes de l'élément de renfort et d'aube, ce qui permet d'alléger la masse de

l'aube finale.

[0034] Selon un mode particulier de réalisation de l'invention, l'aube est une aube de stator. L'aube peut également être une aube de rotor ou une aube d'hélice.

[0035] En effet, une telle configuration d'aube est particulièrement adaptée à une aube fixe.

[0036] L'invention concerne également une aube obtenue par le procédé de fabrication décrit précédemment, l'épaisseur de l'élément de renfort de l'aube obtenue augmentant d'au moins 200% sur une distance inférieure à 50% de la hauteur dudit élément de renfort.

[0037] L'invention concerne finalement une turbomachine comprenant au moins une aube telle que décrite précédemment.

Brève description des dessins

[0038] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue schématique partielle en perspective d'une bande fibreuse réalisée par tissage tridimensionnel.

[0039] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue schématique en perspective d'une ébauche fibreuse d'élément de renfort.

[0040] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue schématique en perspective d'un outillage de pré-compactage.

[0041] [Fig.4] La [Fig.4] est une vue schématique en coupe de l'ébauche fibreuse de la [Fig.2] disposée dans l'outillage de pré-compactage de la [Fig.3].

[0042] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue schématique en vue de dessus de l'ébauche fibreuse de la [Fig.2] disposée dans l'outillage de pré-compactage de la [Fig.3].

[0043] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue schématique en perspective de l'ébauche fibreuse de la [Fig.2] pré-compactée avec l'outillage de la [Fig.3].

[0044] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue schématique en vue de dessus d'une ébauche fibreuse disposée dans un outillage de pré-compactage selon une variante de l'invention.

[0045] [Fig.8] La [Fig.8] est une vue schématique en perspective de l'ébauche fibreuse de la [Fig.7] pré-compactée.

[0046] [Fig.9] La [Fig.9] est une vue schématique éclatée de la disposition de l'ébauche fibreuse pré-compactée de la [Fig.6] dans un outillage de compactage.

[0047] [Fig.10] La [Fig.10] est une vue schématique en coupe d'une préforme fibreuse d'élément de renfort insérée dans une préforme fibreuse d'aube.

Description des modes de réalisation

[0048] L'invention s'applique de manière générale à la réalisation d'une aube ou d'une pale de turbomachine en matériau composite, qui comprend un élément de renfort.

[0049] L'invention trouve une application avantageuse pour les aubes de stator, dites aubes fixes, par exemple pour les aubes de redresseur. L'aube obtenue par le procédé de l'invention peut être une aube de distributeur de type OGV, pour « outlet guide vane »

en anglais, dans le cas d'un moteur caréné. L'aube obtenue par le procédé de l'invention peut également être une aube de stator d'un moteur non caréné. L'aube obtenue par le procédé de l'invention peut ainsi être une aube d'un turbopropulseur de type UDF comprenant deux soufflantes non carénées et contrarotatives, ou d'un turbo-propulseur de type USF comprenant une seule soufflante non carénée et un redresseur.

- [0050] Le procédé de fabrication selon l'invention comprend la réalisation d'une ébauche fibreuse de l'élément de renfort. L'ébauche fibreuse de l'élément de renfort est destinée à mise en forme pour obtenir une préforme fibreuse de l'élément de renfort. La préforme fibreuse de l'élément de renfort est destinée à former le renfort fibreux de l'élément de renfort.
- [0051] Selon un mode particulier de réalisation de l'invention, l'ébauche fibreuse est obtenue par détournage dans une bande fibreuse. Le détournage de l'ébauche fibreuse dans la bande fibreuse peut être réalisé par découpe jet d'eau.
- [0052] La [Fig.1] illustre un exemple de bande fibreuse 1000 permettant l'obtention d'une ébauche fibreuse 100 d'un élément de renfort.
- [0053] La bande fibreuse 1000 est réalisée par tissage tridimensionnel entre une pluralité de fils de chaîne et une pluralité de fils de trame. La bande fibreuse 1000 peut être réalisée de manière bien connue au moyen d'un métier à tisser de type Jacquard. Par « tissage tridimensionnel », on entend ici un mode de tissage par lequel certains au moins des fils de chaîne lient des fils de trame sur plusieurs couches de trame. On considère qu'une bande fibreuse ou une ébauche fibreuse réalisée par tissage tridimensionnel peut comprendre un autre type de tissage à sa surface, par exemple du tissage bidimensionnel, afin d'améliorer son état de surface. La bande fibreuse ou l'ébauche fibreuse peut par exemple présenter une armure de tissage tridimensionnel de type interlock ou multisatin. Différents modes de tissage tridimensionnels utilisables sont décrits dans le document WO 2006/136755.
- [0054] Les fils de chaîne de la bande fibreuse 1000 s'étendent globalement suivant une première direction D_1 et les fils de trame de la bande fibreuse 1000 s'étendent globalement suivant une deuxième direction D_2 perpendiculaire à la première direction D_1 . Ainsi, la bande fibreuse 1000 s'étend longitudinalement suivant la première direction D_1 et transversalement suivant la deuxième direction D_2 . La bande fibreuse 1000 s'étend en épaisseur suivant une troisième direction D_3 perpendiculaire à la première direction D_1 et à la deuxième direction D_2 .
- [0055] La découpe de l'ébauche fibreuse 100 à l'intérieur de la bande fibreuse 1000 peut être réalisée de manière bien connue par découpe jet d'eau. L'ébauche fibreuse 100 est détournée dans la bande fibreuse 1000 suivant un tracé de découpe T déterminé. De préférence, pour faciliter la découpe dans la bande fibreuse 1000, le tracé T présente une forme rectangulaire comme illustré sur la [Fig.1]. Afin d'obtenir une orientation

intéressante des fibres dans l'ébauche fibreuse 1000 de l'élément de renfort, le tracé T peut être constitué de droites T_1 , T_2 , T_3 et T_4 dirigées suivant la première direction D_1 ou suivant la deuxième direction D_2 , c'est-à-dire dirigées suivant les directions chaîne et trame. Dans l'exemple illustré sur la [Fig.1], les droites longitudinales T_2 et T_4 du tracé T s'étendent suivant la première direction D_1 et les droites transversales T_1 et T_3 du tracé T s'étendent suivant la deuxième direction D_2 .

[0056] Plusieurs ébauches fibreuses d'élément de renfort peuvent être détournées dans une même bande fibreuse.

[0057] L'ébauche fibreuse 100 ainsi détournée est illustrée schématiquement sur la [Fig.2]. L'ébauche fibreuse 100 s'étend suivant la première direction D_1 entre une surface de référence 101 et une surface brute 103. Dans l'exemple illustré sur les figures 1 et 2, la surface de référence 101 a été obtenue par découpe de la bande fibreuse 1000 suivant une droite transversale T_1 du tracé T, et la surface brute 103 a été obtenue par découpe de la bande fibreuse 1000 suivant une droite transversale T_3 du tracé T. L'ébauche fibreuse 100 s'étend suivant la deuxième direction D_2 entre une première surface latérale 102 et une deuxième surface latérale 104. Dans l'exemple illustré sur les figures 1 et 2, la première surface latérale 102 a été obtenue par découpe de la bande fibreuse 1000 suivant une droite longitudinale T_2 du tracé T, et la deuxième surface latérale 104 a été obtenue par découpe de la bande fibreuse 1000 suivant une droite longitudinale T_4 du tracé T. L'ébauche fibreuse 100 s'étend suivant la troisième direction D_3 entre une première surface à profiler 105 et une deuxième surface à profiler 106. Les surfaces à profiler 105 et 106 de l'ébauche fibreuse 100 sont de préférence planes afin de faciliter leur fabrication, c'est-à-dire qu'elles s'étendent dans un plan suivant les première et deuxième directions D_1 et D_2 .

[0058] L'ébauche est ainsi réalisée par tissage tridimensionnel entre une pluralité de fils de chaîne 1001 et une pluralité de fils de trame 1002. L'ébauche fibreuse 100 peut comporter une pluralité de fils ou de filaments de diverses natures, en particulier des fils en céramique ou en carbone ou encore un mélange de tels fils. De préférence, l'ébauche fibreuse peut être réalisée à partir de fibres en carbure de silicium. De manière générale, l'ébauche fibreuse peut également être réalisées à partir de fibres constituées des matériaux suivants : l'alumine, la mullite, la silice, un aluminosilicate, un borosilicate, du carbone, ou un mélange de plusieurs de ces matériaux.

[0059] L'ébauche fibreuse 100 est de préférence réalisée sans sortie de couches de fils de chaîne 1001 afin de faciliter sa réalisation, c'est-à-dire que tous les fils de chaîne 1001 de l'ébauche fibreuse 100 s'étendent de la surface de référence 101 à la surface brute 103, sans sortie de fils de chaîne à travers les surfaces à profiler 105 et 106.

[0060] L'ébauche fibreuse 100 comprend une première portion 110 s'étendant depuis la surface de référence 101 suivant la première direction D_1 , et s'étendant sur toute la

longueur de l'ébauche fibreuse 100 entre les deux surfaces latérales 102 et 104. Ainsi, la première portion 110 comprend la surface de référence 101 et une partie des deux surfaces latérales 102 et 104. La première portion 110 ne comprend pas la surface brute 103. L'ébauche fibreuse 100 comprend en outre une deuxième portion 120 s'étendant depuis la surface de brute 103 suivant la première direction D_1 , et s'étendant sur toute la longueur de l'ébauche fibreuse 100 entre les deux surfaces latérales 102 et 104. Ainsi, la deuxième portion 120 comprend la surface de brute 103 et une partie des deux surfaces latérales 102 et 104. La deuxième portion 120 ne comprend pas la surface de référence 101.

- [0061] De préférence, la première portion 110 de l'ébauche fibreuse 100 présente une capacité de compactage plus grande que la capacité de compactage de la deuxième portion 120 de l'ébauche fibreuse 100. La première portion 110 peut présenter un foisonnement plus important que la deuxième portion 120. La différence de capacité de compactage entre la première portion 110 et la deuxième portion 120 peut être réalisée de différentes manières connues de l'homme du métier. Par exemple, la variation de capacité de compactage peut être réalisée par l'utilisation de fils de trame de différents diamètres. Ainsi, les fils de trame de la première portion 110 de l'ébauche fibreuse 100 peuvent présenter un diamètre moyen plus faible que le diamètre moyen des fils de trame de la deuxième portion 120. De préférence, afin de réaliser la forme particulière souhaitée de l'élément de renfort, l'ébauche fibreuse 100 présente un diamètre moyen des fils de trame augmentant progressivement suivant la première direction D_1 depuis la surface de référence 101 vers la surface brute 103. Chaque colonne de fils de trame de l'ébauche fibreuse 100 peut présenter le même nombre de fils de trame, les colonnes de fils de trame s'étendant chacune suivant la troisième direction D_3 .
- [0062] L'ébauche fibreuse 100 peut être formée par une pluralité de premiers fils de trame 1002a présentant un premier diamètre et par une pluralité de deuxièmes fils de trame 1002b présentant un deuxième diamètre, le deuxième diamètre étant supérieur au premier diamètre. Ainsi, les fils de trame de la première portion 110 de l'ébauche fibreuse 100 peuvent être uniquement des premiers fils de trame 1002a, alors que la deuxième portion 120 de l'ébauche fibreuse 100 peut comprendre des deuxièmes fils de trame 1002b. Dans cette configuration, si l'on souhaite augmenter progressivement le diamètre moyen des fils de trame suivant la première direction D_1 depuis la surface de référence 101 vers la surface brute 103, on peut augmenter progressivement la proportion de deuxièmes fils de trame 1002b dans chaque colonne de fils de trame. On ne sort bien entendu pas du cadre de l'invention si l'ébauche fibreuse est formée par des fils de trame présentant plus de deux diamètres différents.
- [0063] L'ébauche fibreuse 100 est ensuite disposée dans un outillage de pré-compactage 5. Un exemple d'un tel outillage de pré-compactage est illustré sur la [Fig.3].

- [0064] L'outillage de pré-compaction 5 comprend une première mâchoire 51 et une deuxième mâchoire 52 disposées en regard l'une de l'autre. En particulier, la première mâchoire 51 comprend une surface de contact 51a disposée en regard d'une surface de contact 52a de la deuxième mâchoire 52. Les mâchoires 51 et 52 peuvent être réalisées en métal, par exemple en acier. Les mâchoires 51 et 52 s'étendent globalement suivant une première direction D_{51} et suivant une deuxième direction D_{52} perpendiculaire à la première direction D_{51} . Les surfaces de contact 51a et 52a des deux mâchoires 51 et 52 peuvent présenter une géométrie identique, c'est-à-dire qu'elles sont symétriques. Les surfaces de contact 51a et 52a des deux mâchoires 51 et 52 peuvent présenter une géométrie différente.
- [0065] L'outillage de pré-compaction 5 comprend en outre un fond 53. Le fond 53 s'étend suivant la deuxième direction D_{52} et suivant une troisième direction D_{53} perpendiculaire aux première et deuxième directions D_{51} et D_{52} . Les deux mâchoires 51 et 52 s'étendent depuis le fond 53 suivant la première direction D_{51} .
- [0066] Les mâchoires 51 et 52 sont espacées l'une de l'autre suivant la troisième direction D_{53} . L'écartement entre les deux mâchoires 51 et 52 suivant la troisième direction D_{53} est ajustable. Ainsi, les deux mâchoires 51 et 52 sont mobiles en translation l'une par rapport à l'autre suivant la troisième direction D_{53} . Le volume délimité par le fond 53 et les mâchoires 51 et 52 définit un logement de pré-compaction.
- [0067] L'ébauche fibreuse 100 peut être disposée dans l'outillage de pré-compaction 5 de sorte que les première, deuxième et troisième directions D_1 , D_2 et D_3 de l'ébauche fibreuse 100 coïncident respectivement avec les première, deuxième et troisième directions D_{51} , D_{52} et D_{53} de l'outillage de pré-compaction 5, comme dans l'exemple illustré sur les figures 4 et 5.
- [0068] L'ébauche fibreuse 100 est disposée dans l'outillage de pré-compaction 5 de sorte que la surface de référence 101 de ladite ébauche fibreuse 100 soit en contact du fond 53 de l'outillage de pré-compaction 5. La surface de référence 101 est ainsi présente entre les deux mâchoires 51 et 52 de l'outillage de pré-compaction 5. Toutefois, la surface de référence 101 peut présenter une ou plusieurs portions qui dépassent des mâchoires 51 et 52 suivant la deuxième direction D_2 , D_{52} lorsque l'ébauche fibreuse 100 est disposée dans l'outillage de pré-compaction 5, comme dans l'exemple illustré sur la [Fig.5]. La surface de référence 101 peut également être entièrement présente entre les deux mâchoires 51 et 52 lorsque l'ébauche fibreuse 100 est disposée dans l'outillage de pré-compaction 5.
- [0069] L'écartement entre les mâchoires 51 et 52 est ajusté de sorte que les mâchoires 51 et 52 soient en contact des surfaces à profiler 105 et 106. Lorsque l'ébauche fibreuse 100 est disposée dans l'outillage de pré-compaction 5, la surface brute 103 est libre, c'est-à-dire qu'elle n'est pas présente entre les mâchoires 51 et 52. Les surfaces

latérales 102 et 104 présentent chacune au moins une portion qui dépasse des mâchoires 51 et 52 suivant la première direction D_1 , D_{51} lorsque l'ébauche fibreuse 100 est disposée dans l'outillage de pré-compactage 5, comme illustré sur les figures 4 et 5. Les surfaces latérales 102 et 104 de l'ébauche fibreuse 100 peuvent être présentes entre les mâchoires 51 et 52 lorsque l'ébauche fibreuse 100 est disposée dans l'outillage de pré-compactage 5. Les surfaces latérales 102 et 104 peuvent également présenter chacune au moins une portion qui dépasse des mâchoires 51 et 52 suivant la deuxième direction D_2 , D_{52} lorsque l'ébauche fibreuse 100 est disposée dans l'outillage de pré-compactage 5, comme illustré sur la [Fig.5]. Dans cette configuration, au moins une des surfaces latérales 102 ou 104 peut être libre. Les deux surfaces latérales 102 et 104 peuvent être libres lorsque l'ébauche fibreuse 100 est disposée dans l'outillage de pré-compactage 5. Dans cette configuration, les surfaces latérales 102 et 104 sont appelées surfaces latérales brutes.

- [0070] L'écartement entre les mâchoires 51 et 52 est ajusté de sorte que les mâchoires 51 et 52 compressent l'ébauche fibreuse 100 afin d'obtenir une ébauche pré-compactée 100'. L'écartement entre les mâchoires 51 et 52 est ainsi ajusté de sorte que le logement de pré-compactage, défini entre le fond 53 et les mâchoires 51 et 52, présente la forme de l'élément de renfort à obtenir. La compression de l'ébauche fibreuse 100 peut être notamment permise par les capacités de compactage différentes le long de l'ébauche fibreuse 100 suivant la première direction D_1 . Ainsi, l'épaisseur de la première portion 110 de l'ébauche fibreuse 100 suivant la troisième direction D_3 diminue plus que l'épaisseur de la deuxième portion 120 de l'ébauche fibreuse 100 suivant la troisième direction D_3 .
- [0071] De préférence, la géométrie et l'écartement des mâchoires 51 et 52 lors du sont configurés de sorte à réaliser une ébauche fibreuse pré-compactée 100' présentant une forme évasée.
- [0072] La pression appliquée par les mâchoires 51 et 52 sur l'ébauche fibreuse 100 permet de mettre en forme les surfaces à profiler 105 et 106 de sorte à obtenir des surfaces profilées 105' et 106' de l'ébauche fibreuse pré-compactée 100' à la forme souhaitée. La pression appliquée par les mâchoires 51 et 52 sur l'ébauche fibreuse 100 permet de diminuer l'aire de la surface de référence 101 de sorte à obtenir une surface de référence pré-compactée 101' de l'ébauche fibreuse pré-compactée 100' à la forme souhaitée. La pression appliquée par les mâchoires 51 et 52 sur l'ébauche fibreuse 100 permet de mettre en forme les surfaces latérales 102 et 104 de sorte à obtenir des surfaces latérales pré-compactées 102' et 104' de l'ébauche fibreuse pré-compactée 100' à la forme souhaitée.
- [0073] L'ébauche pré-compactée 100' est ensuite découpée alors qu'elle est toujours pré-compactée dans l'outillage de pré-compactage 5. L'ébauche pré-compactée 100' est

découpée de préférence par découpe jet d'eau. L'ébauche pré-compactée 100' est découpée suivant un trajet de découpe T_d . Le trajet de découpe T_d comprend au moins une portion T_{d3} permettant le retrait de la surface brute 103 de l'ébauche fibreuse 100. En effet, la surface brute 103 est retirée alors que l'ébauche fibreuse est pré-compactée dans l'outillage de pré-compactage 5. La découpe de l'ébauche fibreuse 100 en retirant la surface brute 103 permet d'obtenir une surface nette 103' ayant la forme souhaitée.

[0074] La découpe s'effectue de préférence le long des bords libres des mâchoires 51 et 52. La trajectoire du jet d'eau est de préférence orientée suivant la troisième direction D_3 , D_{53} . Le jet d'eau peut présenter une vitesse d'avance comprise entre 150 mm par minute et 250 mm par minute. Le jet d'eau peut suivre un trajet rectiligne T_{d3} suivant la deuxième direction D_2 , D_{52} pour retirer la surface brute 103, comme illustré sur la [Fig.5]. On ne sort toutefois pas du cadre de l'invention si le trajet de découpe pour retirer la surface brute 103 est non-rectiligne. Par exemple, le trajet de découpe pour retirer la surface brute 103 peut présenter des portions s'étendant suivant la première direction D_1 , D_{51} . La surface nette 103' obtenue par découpe de l'ébauche fibreuse 100 peut donc présenter des géométries particulières adaptées à la forme souhaitée de l'insert.

[0075] Le trajet de découpe T_d peut également comprendre au moins une portion T_{d2} ou T_{d4} permettant le retrait de la surface latérale brute 102 ou 104 de l'ébauche fibreuse 100. En effet, la ou les surfaces latérales brutes 102 ou 104 peuvent être retirées alors que l'ébauche fibreuse est pré-compactée dans l'outillage de pré-compactage 5. La découpe de l'ébauche fibreuse 100 en retirant les surfaces latérales brutes 102 et 104 permet d'obtenir des surfaces latérales nettes 102' et 104' ayant la forme souhaitée.

[0076] La réalisation de la découpe alors que l'ébauche est pré-compactée permet d'atteindre une géométrie d'ébauche pré-compactée évasée avec une variation brutale d'épaisseur, et avec une grande précision.

[0077] L'ébauche fibreuse pré-compactée et découpée 100' est ensuite retirée de l'outillage de pré-compactage 5, comme illustré sur la [Fig.6].

[0078] Les figures 7 et 8 illustrent une variante dans laquelle la surface brute 203 de l'ébauche fibreuse pré-compactée 200' est découpée selon un trajet de découpe T_{dbis} non rectiligne dans le plan comprenant les première et deuxième directions, pour obtenir une surface nette 203' avec une géométrie complexe. La forme de l'outillage de pré-compactage 5', en particulier la forme des mâchoires 51', est adaptée de manière évidente pour permettre la découpe.

[0079] L'ébauche fibreuse pré-compactée et découpée 100' est ensuite disposée dans un outillage de compactage 6, comme illustré sur la [Fig.9]. En effet, lorsque l'ébauche fibreuse pré-compactée 100' est extraite de l'outillage de pré-compactage 5, celle-ci peut refoisonner et ne présente pas le taux volumique de fibres souhaité.

- [0080] L'outillage de compactage 6 est de préférence composé de plusieurs blocs 60 configurés pour compacter l'ébauche fibreuse pré-compactée et découpée 100'. L'outillage de compactage 6 est configuré pour compacter l'ébauche fibreuse pré-compactée 100' au taux volumique de fibres souhaité. L'outillage de compactage 6 est configuré pour compacter l'ébauche fibreuse pré-compactée 100' de sorte à obtenir un taux volumique de fibres compris entre 50% et 70%. L'outillage de compactage 6 est configuré pour compacter l'ébauche fibreuse pré-compactée 100' en une préforme fibreuse 10 d'élément de renfort. La préforme fibreuse 10 de l'élément de renfort est destinée à former le renfort fibreux de l'élément de renfort qui sera densifié par une matrice.
- [0081] L'outillage de compactage 6 peut également remplir une fonction de séchage. Ainsi, la préforme fibreuse 10 présente dans l'outillage de compactage 10 peut être soumise à un ou plusieurs cycles de séchage. Ainsi, l'étape de compaction de l'ébauche fibreuse pré-compactée 100' en préforme fibreuse 10 et l'étape de séchage peuvent être réalisées simultanément. Puis, la préforme fibreuse 10 disposée dans l'outillage de compactage est refroidie puis démoulée à froid. Ainsi, la préforme fibreuse 10 est solidifiée et rigide, même dans les portions les plus fines. La préforme fibreuse 10 obtenue peut présenter une forme évasée avec une variation brutale d'épaisseur.
- [0082] La préforme fibreuse 10 comprend ainsi une première surface d'extrémité 11 présentant une aire faible, correspondant à la surface de référence 101' de l'ébauche fibreuse pré-compactée 100', et une deuxième surface d'extrémité 13, opposée à la première surface d'extrémité 11, présentant une aire importante, correspondant à la surface nette 103' de l'ébauche fibreuse pré-compactée 100'. La préforme fibreuse 10 comprend également deux surfaces profilées 15 et 16 correspondant aux surfaces profilées 105' et 106' de l'ébauche fibreuse pré-compactée 100'.
- [0083] La préforme fibreuse 10 de l'élément de renfort est destinée à être co-densifiée avec au moins une préforme fibreuse d'aube pour obtenir une aube en matériau composite.
- [0084] A cet effet, on réalise de manière bien connue par tissage une préforme fibreuse d'aube 20 comprenant au moins deux peaux 21 et 22 liées l'une à l'autre au moins au niveau d'une extrémité, par exemple au moyen d'une déliaison dans le tissage séparant lesdites deux peaux 21 et 22. Les deux peaux 21 et 22 de la préforme d'aube 20 délimitent entre elles une cavité débouchant sur une ouverture. La préforme fibreuse d'aube 20 peut être réalisée intégralement par tissage tridimensionnel. L'extrémité libre des peaux 21 et 22 de la préforme d'aube 20 peuvent être destinée à former une ou des plateformes de l'aube à obtenir. De préférence, la première peau 21 est destinée à être située au niveau de l'intrados dans l'aube finale et la deuxième peau 22 est destinée à être située au niveau de l'extrados de l'aube finale.
- [0085] Comme illustré sur la [Fig.10], on insère au moins une partie de la préforme fibreuse

d'élément de renfort 10 dans la cavité de la préforme fibreuse d'aube 20, de sorte que la préforme fibreuse d'élément de renfort 10 comble l'ouverture de ladite cavité. En particulier, la première surface d'extrémité 11 de la préforme fibreuse 10 est présente dans la cavité, tandis que la deuxième surface d'extrémité 13 est présente au niveau de l'ouverture de la cavité de la préforme d'aube 20.

[0086] La préforme fibreuse d'élément de renfort 10 peut être insérée en intégralité dans la cavité de la préforme d'aube 20. La préforme fibreuse d'élément de renfort 10 peut comprendre une portion présente à l'extérieur de la cavité de la préforme d'aube 20.

[0087] Selon un mode particulier de réalisation de l'invention, avant d'insérer la préforme fibreuse d'élément de renfort 10, on insère au moins un élément de comblement 30 dans le fond de la cavité de la préforme fibreuse d'aube 20. Dans cette configuration, la première surface d'extrémité 11 de la préforme fibreuse 10 peut être en contact de l'élément de comblement 30. L'élément de comblement présente une densité plus faible que les préformes fibreuses 10, 20 et 30. L'élément de comblement 30 peut être réalisé en mousse, par exemple une mousse d'origine organique (polyéthacrylimide, polytéréphtalate d'éthylène (PET), polychlorure de vinyle (PVC), polyétherimide (PEI), polyvinyl, carbone, polyisocyanurate, polyuréthane, etc.). L'élément de comblement 30 peut présenter une structure en nid d'abeille.

[0088] Selon un mode particulier de réalisation de l'invention, compatible avec le précédent mode de réalisation, une préforme fibreuse de plaque 40 peut être disposée en contact de la deuxième surface d'extrémité 13 de la préforme de l'élément de renfort 10 et en contact des deux peaux 21 et 22 de la préforme d'aube, comme illustré sur la [Fig.10].

[0089] On obtient ainsi un ensemble de préformes fibreuses comprenant la préforme de l'élément de renfort 10, la préforme d'aube 20 et éventuellement la ou les éléments de comblement 30.

[0090] La hauteur de la préforme fibreuse de l'élément de renfort 10 peut être supérieure à 3% de la hauteur totale de l'ensemble de préformes. En particulier, la hauteur de la préforme fibreuse de l'élément de renfort 10 peut être supérieure à 5% de la hauteur totale de l'ensemble de préformes, par exemple supérieure à 10% de la hauteur totale de l'ensemble de préformes. Par « hauteur de la préforme fibreuse de l'élément de renfort », on désigne la distance entre la première surface d'extrémité 11 et la portion de la deuxième surface d'extrémité 13 la plus éloignée de la première surface d'extrémité 11. La hauteur de la préforme fibreuse de l'élément de renfort 10 peut être inférieure à 50% de la hauteur totale de l'ensemble de préformes. En particulier, la hauteur de la préforme fibreuse de l'élément de renfort 10 peut être inférieure à 10% de la hauteur totale de l'ensemble de préformes. La hauteur de la préforme fibreuse de l'élément de renfort 10 peut être comprise entre 5% et 15% de la hauteur totale de l'ensemble de préformes. Ainsi, le renfort fibreux s'étendra dans l'aube finale sur une

distance suffisante pour augmenter la raideur du pied, mais pas trop importante afin de limiter la masse de l'aube à obtenir.

- [0091] L'ensemble de préformes fibreuses formé au moins par la préforme fibreuse de l'élément de renfort 10 et la préforme fibreuse d'aube 20 est ensuite densifié. L'ensemble de préformes fibreuses peut être disposé dans un moule d'injection présentant une cavité de moulage dont les dimensions correspondent sensiblement aux dimensions de l'aube finale à réaliser.
- [0092] On peut utiliser le procédé bien connu de moulage par injection ou transfert dit « RTM » (pour « Resin Transfert Moulding »). Conformément à ce procédé, on injecte via un ou plusieurs ports d'injection une résine, par exemple une résine thermoscurcissable, dans la cavité de moulage occupée par l'ensemble de préformes. La résine utilisée peut être, par exemple, une résine époxyde de classe de température 180 °C. Les résines adaptées pour les procédés RTM sont bien connues. Elles présentent de préférence une faible viscosité pour faciliter leur injection dans les fibres. Le choix de la classe de température et/ou la nature chimique de la résine est déterminé en fonction des sollicitations thermomécaniques auxquelles doit être soumise l'aube. Une fois la résine injectée dans tout l'ensemble de préformes, on procède à sa polymérisation par traitement thermique conformément au procédé RTM. Après l'injection et la polymérisation, l'aube est démoulée. Elle peut éventuellement subir un cycle de post-cuisson pour améliorer ses caractéristiques thermomécaniques, par exemple afin d'augmenter sa température de transition vitreuse. Au final, l'aube est détournée pour enlever l'excès de résine. Des passages et des lamages peuvent usinés, notamment au niveau du pied de l'aube.
- [0093] Optionnellement, un bord d'attaque peut être inséré. Une couche extérieure formant le bord d'attaque est alors placée sur l'ensemble pour réaliser l'appairage du bord d'attaque. Puis, le bord d'attaque est passé à l'autoclave pour être collé à l'ensemble.
- [0094] On obtient ainsi une aube en matériau composite comprenant un élément de renfort en matériau composite dont le renfort fibreux est formé par la préforme fibreuse de l'élément de renfort 10. L'aube obtenue est de préférence en matériau composite à matrice organique. En effet, les matériaux composites à matrice organique présentent de bonnes caractéristiques mécaniques pour une masse réduite. On ne sort bien entendu pas du cadre de l'invention si l'aube est densifiée de manière bien connue par une matrice céramique, par exemple au moyen d'une barbotine.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de fabrication d'une préforme fibreuse (10) d'un élément de renfort pour une aube, comprenant les étapes suivantes :

- la réalisation d'une ébauche fibreuse (100) par tissage tridimensionnel entre une pluralité de fils de chaîne (1001) s'étendant suivant une première direction (D_1) et une pluralité de fils de trame (1002) s'étendant suivant une deuxième direction (D_2) sécante à la première direction (D_1), l'ébauche fibreuse (100) s'étendant suivant la première direction (D_1) entre une surface de référence (101) et une surface brute (103), et s'étendant suivant une troisième direction (D_3) sécante aux première et deuxième directions (D_1, D_2) entre deux surfaces à profiler (105, 106),

- le retrait de la surface brute (103) de l'ébauche fibreuse (100) par découpe jet d'eau de sorte à réaliser une surface nette (103'),

- la disposition de l'ébauche fibreuse (100') comprenant la surface nette (103') dans un outillage de compactage (6) afin d'obtenir une préforme fibreuse (10) ayant la forme de l'élément de renfort à obtenir et présentant un taux volumique de fibres déterminé ;

le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- la disposition de l'ébauche fibreuse (100) dans un outillage de pré-compactage (5) avant le retrait de la surface brute (103) de ladite ébauche (100), l'outillage de pré-compactage (100) comprenant un logement délimité par un fond (53) et deux mâchoires (51, 52) s'étendant depuis ledit fond (53), l'écartement entre les deux mâchoires (51, 52) étant ajustable, l'ébauche fibreuse (100) étant disposée dans le logement de l'outillage de pré-compactage (5) de sorte que la surface de référence (101) de ladite ébauche (100) soit disposée au contact du fond (53), puis

- l'ajustement des mâchoires (51, 52) de l'outillage de pré-compactage (5) de sorte que le logement de l'outillage de pré-compactage (5) ait la forme de la préforme fibreuse (10) de l'élément de renfort à obtenir afin de pré-compacter l'ébauche fibreuse (100), les surfaces à profiler (105, 106) de l'ébauche (100) étant disposées au contact des mâchoires (51, 52) et la surface brute (103) de l'ébauche fibreuse (100) étant libre, l'étape de retrait de la surface brute (103) étant réalisée alors que l'ébauche fibreuse (100) est pré-compactée dans l'outillage de pré-compactage (5), et l'ébauche fibreuse pré-compactée (100') étant retirée

- de l'outillage de pré-compactage (5) après l'étape de retrait de la surface brute (103) avant d'être disposée dans l'outillage de compactage (6).
- [Revendication 2] Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel l'ébauche fibreuse (100) est obtenue par découpe jet d'eau dans une bande fibreuse (1000) réalisée par tissage tridimensionnel en sortie d'un métier à tisser.
- [Revendication 3] Procédé de fabrication selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la surface de référence (101) et la surface brute (103) de l'ébauche fibreuse (100) comprennent un même nombre de fils de chaîne (1001).
- [Revendication 4] Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'ébauche fibreuse (100) comprend une première portion (110) s'étendant depuis la surface de référence (101) présentant une capacité de compactage plus grande que la capacité de compactage d'une deuxième portion (120) de l'ébauche s'étendant depuis la surface brute (103).
- [Revendication 5] Procédé de fabrication selon la revendication 4, dans lequel le diamètre moyen des fils de trame (1002a, 1002b) de la deuxième portion (120) de l'ébauche (100) est plus grand que le diamètre moyen des fils de trame (1002a) de la première portion (110) de ladite ébauche (100).
- [Revendication 6] Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la découpe jet d'eau pour le retrait de la surface brute (103) suit un profil non rectiligne.
- [Revendication 7] Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel l'ébauche fibreuse (100) est disposée dans l'outillage de pré-compactage (5) de sorte que deux surfaces latérales brutes (102, 104) de l'ébauche fibreuse (100) opposées suivant la deuxième direction (D_2) soient libres, les deux surfaces latérales brutes (102, 104) étant retirées par découpe jet d'eau alors que l'ébauche fibreuse (100) est pré-compactée dans l'outillage de pré-compactage (5).
- [Revendication 8] Procédé de fabrication d'une aube en matériau composite comprenant les étapes suivantes :
- la fabrication d'une préforme fibreuse d'un élément de renfort (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7,
 - la fabrication d'une préforme fibreuse d'aube (20) comprenant au moins deux peaux (21, 22) liées l'une à l'autre au niveau d'une extrémité et délimitant entre elles une cavité débouchant sur une ouverture,
 - l'insertion de tout ou partie de la préforme fibreuse de l'élément de

renfort (10) dans la cavité de l'ébauche fibreuse d'aube (20) de sorte à combler l'ouverture de ladite cavité,

- la densification par une matrice de l'ensemble formé par la préforme fibreuse de l'élément de renfort (10) disposée dans la préforme fibreuse d'aube (20), de sorte à obtenir une aube en matériau composite comprenant un élément de renfort.

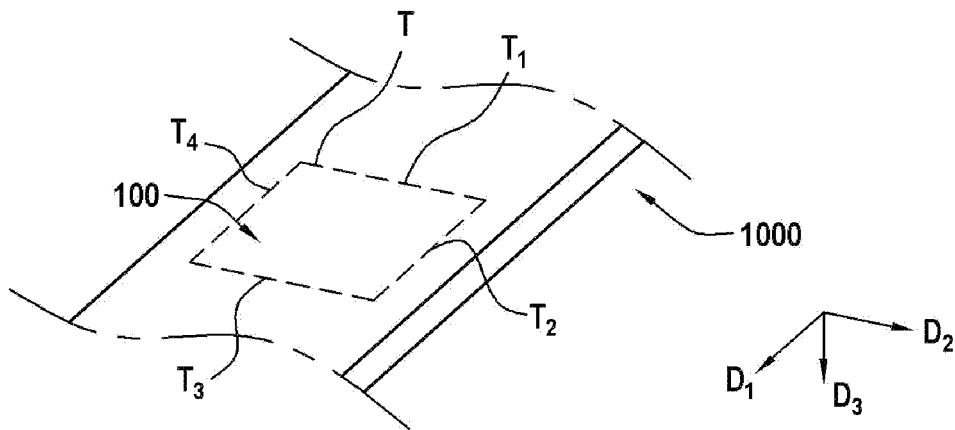
[Revendication 9] Procédé de fabrication selon la revendication 8, dans lequel un élément de comblement (30) est inséré au fond de la cavité de la préforme fibreuse d'aube (20) avant que la préforme fibreuse de l'élément de renfort (10) soit insérée dans ladite cavité.

[Revendication 10] Procédé de fabrication selon la revendication 8 ou 9, dans lequel l'aube est une aube de stator, une aube de rotor ou une aube d'hélice.

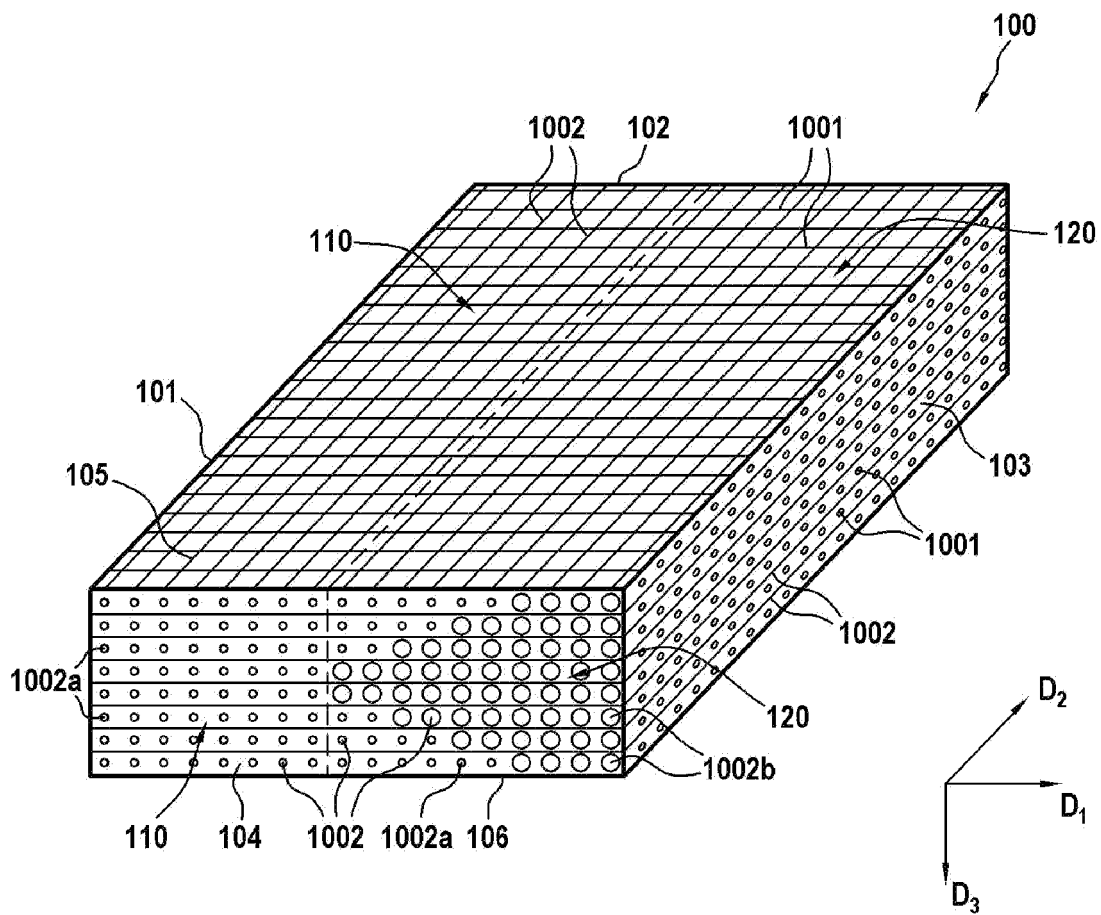
[Revendication 11] Aube obtenue par le procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, l'épaisseur de l'élément de renfort de l'aube obtenue augmentant d'au moins 200% sur une distance inférieure à 50% de la hauteur dudit élément de renfort.

[Revendication 12] Turbomachine comprenant au moins une aube selon la revendication 11.

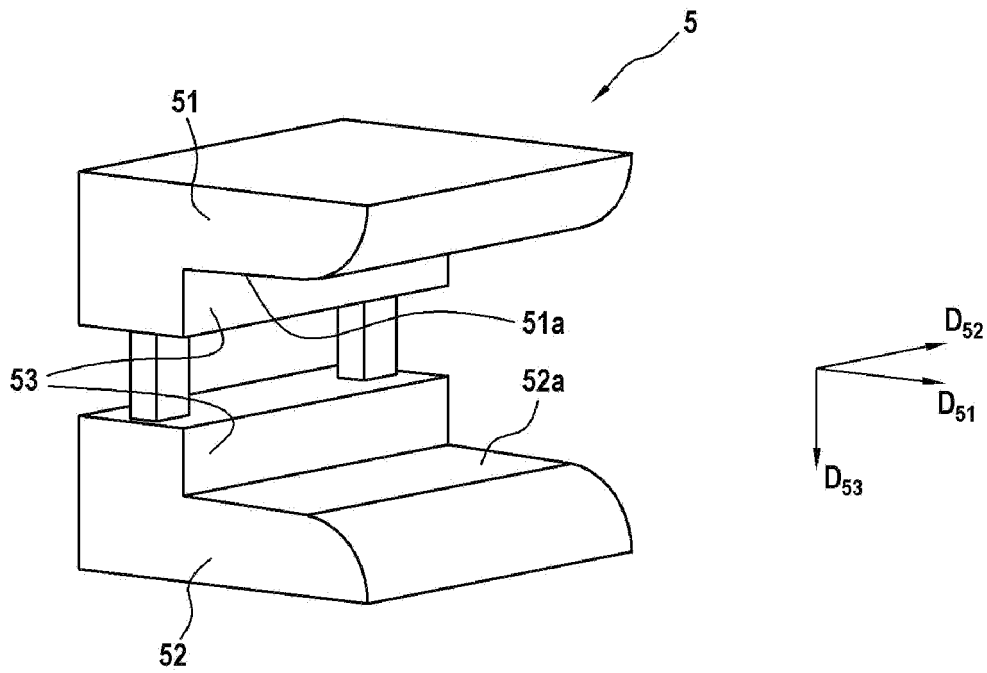
[Fig. 1]



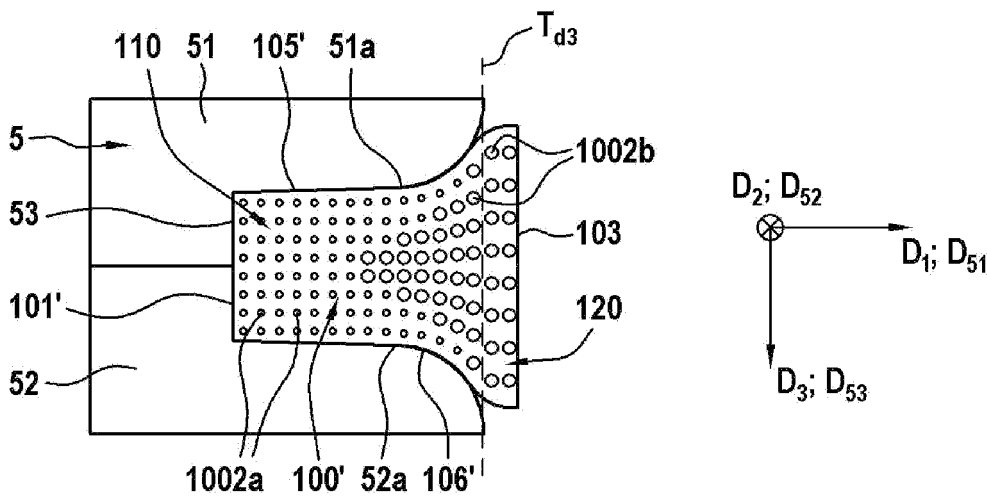
[Fig. 2]



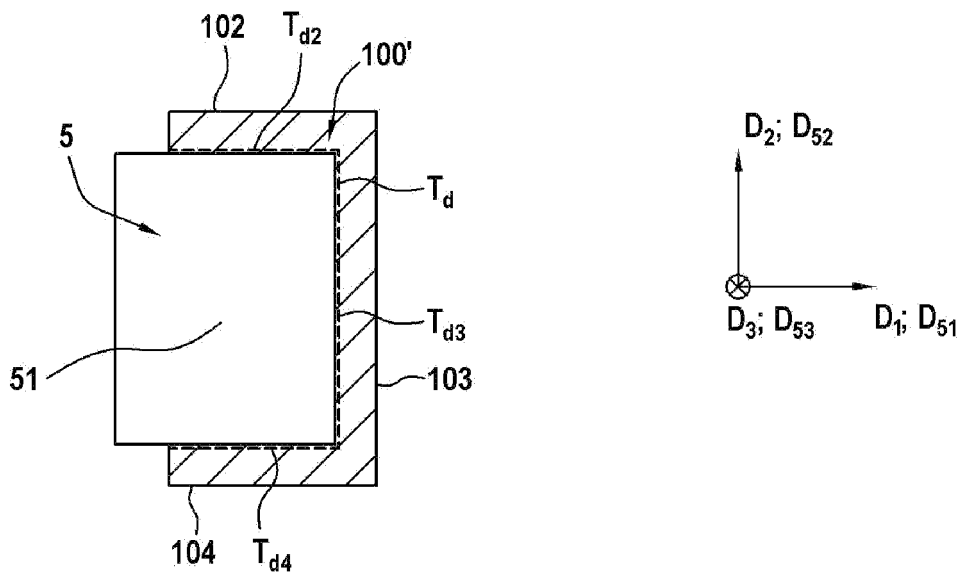
[Fig. 3]



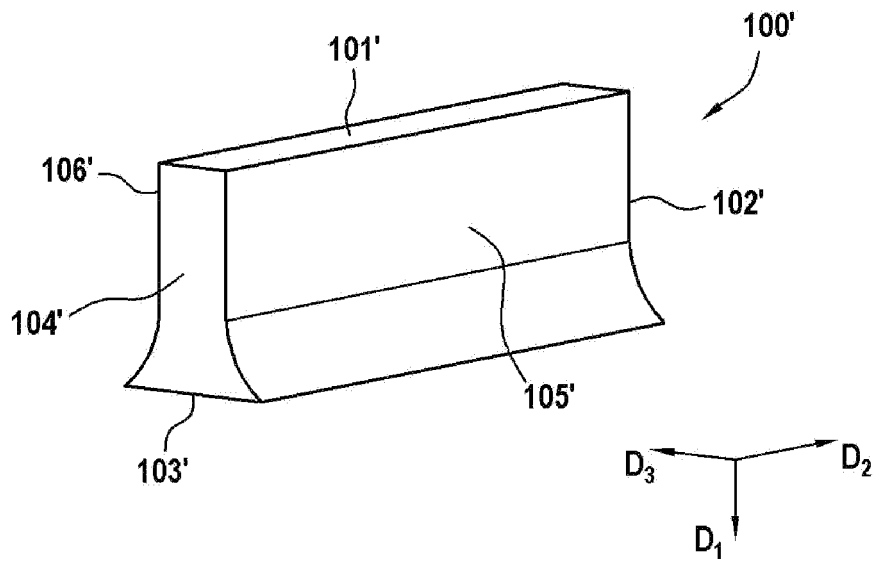
[Fig. 4]



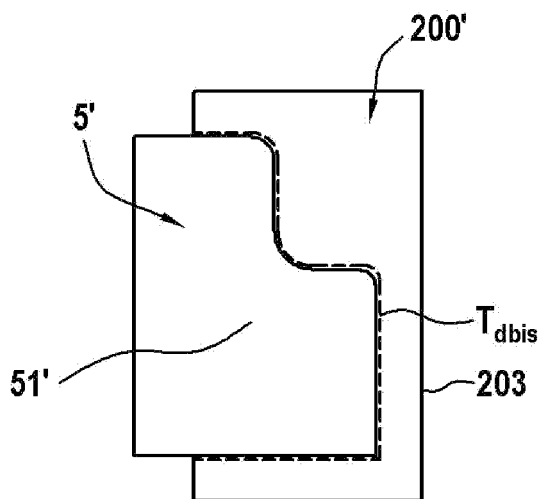
[Fig. 5]



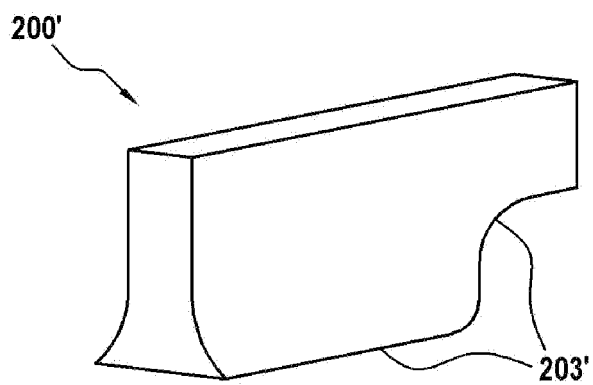
[Fig. 6]



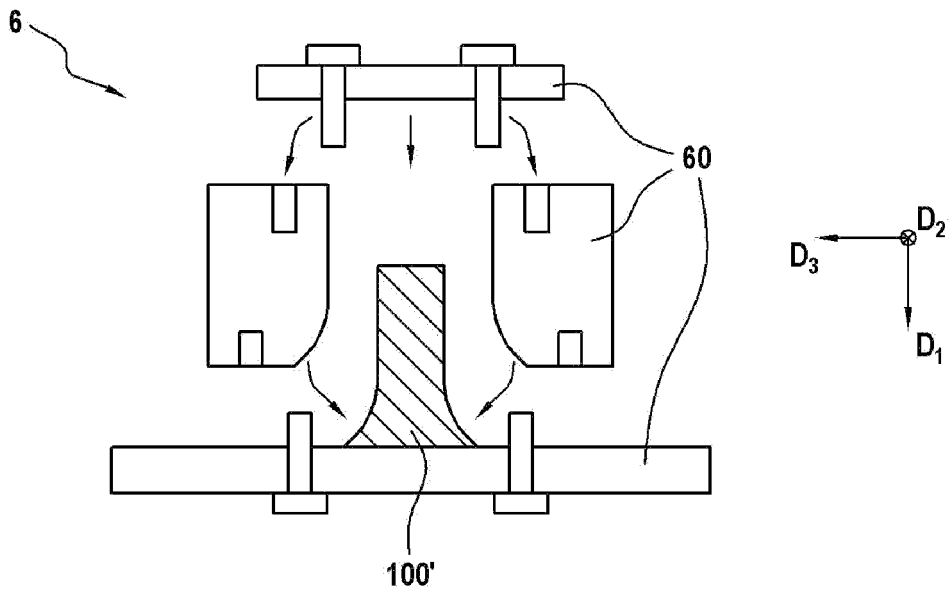
[Fig. 7]



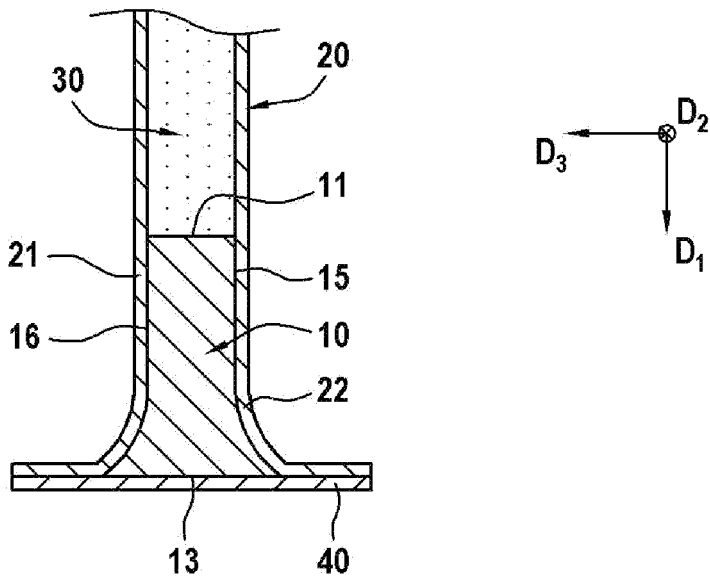
[Fig. 8]



[Fig. 9]



[Fig. 10]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

FR 3 063 514 A1 (SAFRAN [FR])
7 septembre 2018 (2018-09-07)

WO 2014/135798 A1 (SNECMA [FR])
12 septembre 2014 (2014-09-12)

FR 3 098 435 A1 (SAFRAN CERAM [FR])
15 janvier 2021 (2021-01-15)

FR 3 022 829 A1 (SNECMA [FR])
1 janvier 2016 (2016-01-01)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT