

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication : 2 955 609

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

②1 N° d'enregistrement national : 10 50503

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : F 01 D 5/28 (2006.01), F 01 D 5/18, B 29 C 70/24, 70/48

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 26.01.10.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 29.07.11 Bulletin 11/30.

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 :

⑦1 Demandeur(s) : SNECMA — FR.

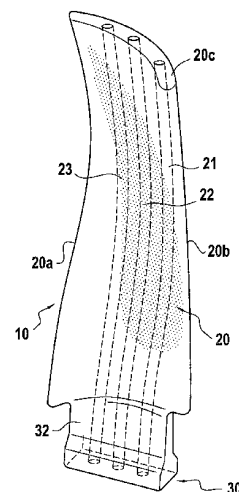
⑦2 Inventeur(s) : COUPE DOMINIQUE, DAMBRINE BRUNO JACQUES GERARD et MAHIEU JEAN NOEL.

⑦3 Titulaire(s) : SNECMA.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

⑤4 AUBE COMPOSITE A CANAUX INTERNES.

⑤7 Aube (10) de turbomachine en matériau composite comprenant un renfort fibreux obtenu par tissage d'une première pluralité de fils et d'une deuxième pluralité de fils, les fils de ladite première pluralité de fils étant disposés en couches successives et s'étendant dans la direction longitudinale de l'ébauche fibreuse correspondant à la direction longitudinale de l'aube (10), ledit renfort étant densifié par une matrice. L'aube comprend un ou plusieurs canaux internes (21, 22, 23) s'étendant dans la direction longitudinale de ladite aube.



FR 2 955 609 - A1



### Arrière-plan de l'invention

L'invention concerne des aubes de turbomachine munies de canaux internes.

5            Afin de réduire le bruit et les turbulences en pied d'aube, il est connu de réaliser dans les aubes des canaux internes qui débouchent au voisinage du pied et du sommet de l'aube. Ces canaux internes forment ainsi un dispositif d'aspiration/soufflage qui prélève (aspire) une partie de l'air au niveau du pied de l'aube et l'évacue (souffle) au niveau du sommet  
10 de l'aube, ce qui permet d'absorber une partie de la couche limite à proximité du rotor.

Les aubes munies de tels dispositifs d'aspiration/soufflage sont généralement réalisées en matériau métallique, les canaux internes étant creusés dans la masse de l'aube.

15            Toutefois, l'usinage de canaux internes dans des aubes en matériau métallique est relativement délicat et ne peut être mis en œuvre que pour des aubes ayant des géométries relativement simples. En particulier, il n'est pas possible d'usiner des canaux internes dans des aubes métalliques présentant une forme vrillée.

20            Afin d'obtenir des aubes plus légères, il est connu de réaliser des aubes en matériau composite, c'est-à-dire en réalisant des pièces de structure à renfort fibreux densifié par une matrice.

La technique généralement utilisée consiste à former un empilement de plis ou nappes unidirectionnels pré-imprégnés (drapage)  
25 que l'on place dans un moule en orientant différemment les plis successifs, avant compactage et polymérisation à l'autoclave.

Selon une autre technique plus récente et plus performante, l'aube est fabriquée par tissage tridimensionnel d'une préforme fibreuse et densification de la préforme par une matrice. Le document EP 1 526 285  
30 décrit un procédé pour la fabrication d'une telle aube.

Toutefois, les aubes en matériau composite connues ne comportent pas de canaux internes. L'usinage de canaux internes dans une aube en matériau composite peut altérer les propriétés et la résistance mécanique de l'aube. En effet, le perçage d'un ou plusieurs  
35 canaux peut notamment conduire à l'endommagement, voire à la rupture, de certains fils du renfort et nuire, par conséquent, à la cohésion du

renfort fibreux (interruption des chemins de transmission d'efforts formés par les fils du renfort).

Les aubes en matériau composite représentent toutefois une solution d'avenir notamment en raison de leur légèreté et de leurs excellentes propriétés mécaniques.

#### Objet et résumé de l'invention

Il est donc souhaitable de pouvoir disposer d'aubes en matériau composite, pour des turbines ou compresseurs de turbomachines, qui comportent un ou plusieurs canaux internes tout en ayant les propriétés mécaniques requises. Il est également recherché de telles aubes ayant des formes relativement complexes telles qu'un vrillage.

A cet effet, selon la présente invention, il est proposé un procédé de fabrication d'une aube de turbomachine en matériau composite comprenant un renfort fibreux densifié par une matrice, le procédé comprenant :

- réalisation d'une ébauche fibreuse par tissage d'une première pluralité de fils et d'une deuxième pluralité de fils, les fils de ladite première pluralité de fils étant disposés en couches successives et s'étendant dans la direction longitudinale de l'ébauche fibreuse correspondant à la direction longitudinale de l'aube à fabriquer,

- la mise en forme de l'ébauche fibreuse pour obtenir une préforme de l'aube à réaliser,

- la densification de la préforme par imprégnation de ladite préforme avec une composition liquide contenant un précurseur du matériau de la matrice pour obtenir une aube ayant un renfort fibreux constitué par ladite préforme et densifié par la matrice,

procédé, dans lequel, au moins une couche de fils de la première pluralité de fils située dans la partie interne de l'ébauche fibreuse comporte un ou plusieurs fils en matériau à caractère fugace qui sont éliminés après la densification de la préforme pour former un ou plusieurs canaux internes dans l'aube.

Ainsi, grâce au procédé de l'invention, il est possible de fabriquer des aubes en matériau composite comprenant des canaux internes avec préservation de l'intégrité mécanique de la structure de

l'aube. En effet, selon le procédé de l'invention, les canaux sont formés sans altération de la continuité des fils du renfort adjacents aux canaux.

Par ailleurs, les fils à caractère fugace étant introduits dans le renfort avant la mise en forme de l'ébauche fibreuse, il est possible de  
5 réaliser des aubes de forme complexes, en particulier mise en forme par vrillage, avec des canaux internes.

Le matériau à caractère fugace peut être notamment, mais non exclusivement, choisi parmi au moins un des matériaux suivants:

- 10 - un matériau thermo-fusible tel que l'acétate de polyvinyle ou le polyéthylène,
- un matériau apte à être dissout par un solvant (eau, alcool, etc.) tel qu'un polymère soluble, par exemple un PVA (alcool polyvinylique).

Selon un aspect de l'invention, l'ébauche fibreuse est réalisée  
15 par tissage tridimensionnel, au moins des fils de la deuxième pluralité de fils liant des fils de la première pluralité des fils sur plusieurs couches. Le tissage tridimensionnel peut être un tissage multicouches avec une armure de type choisi parmi au moins une des armures suivantes: satin, multi-satin, multi-toile et interlock.

20 Les fils de la première pluralité de fils autres que les fils en matériau à caractère fugace et les fils de la deuxième pluralité de fils peuvent être notamment en matériau céramique ou carbone.

Le titre des fils en matériau à caractère fugace est déterminé en fonction de la taille des canaux internes à réaliser dans l'aube.

25 L'invention concerne également une aube de turbomachine en matériau composite comprenant un renfort fibreux obtenu par tissage d'une première pluralité de fils et d'une deuxième pluralité de fils, les fils de ladite première pluralité de fils étant disposés en couches successives et s'étendant dans la direction longitudinale de l'ébauche fibreuse  
30 correspondant à la direction longitudinale de l'aube à fabriquer, ledit renfort étant densifié par une matrice, l'aube comprenant un ou plusieurs canaux internes s'étendant dans la direction longitudinale de ladite aube.

L'aube peut présenter notamment une forme vrillée. Selon un aspect de l'invention, l'aube est en matériau composite à matrice  
35 organique. La pale de l'aube peut en outre avoir un profil d'épaisseur variable.

L'invention vise encore une turbomachine équipée d'une aube selon l'invention ou fabriquée selon le procédé tel que défini ci-avant.

#### Brève description des dessins

- 5 L'invention sera mieux comprise à la description faite ci-après, à titre indicatif mais non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :
- la figure 1 est une vue en perspective d'une aube de turbomachine en matériau composite comportant des canaux internes ;
  - 10 - la figure 2 illustre de façon très schématique une ébauche fibreuse tissée tridimensionnelle destinée à la réalisation d'une préforme fibreuse pour une aube telle que celle illustrée par la figure 1 ;
  - les figures 3 et 4 illustrent des étapes successives de réalisation d'une préforme fibreuse pour une aube telle qu'illustrée par la
  - 15 figure 1, à partir de l'ébauche fibreuse de la figure 2 ;
  - la figure 5 est une vue en coupe montrant le profil, mis à plat, d'une aube telle que celle de la figure 2 ;
  - la figure 6 est une vue en coupe d'un ensemble de couches de fils de chaîne permettant d'obtenir un profil tel que celui de la figure 5 ;
  - 20 - les figures 7A et 7B sont des vues en coupe chaîne montrant un mode de tissage de l'ébauche fibreuse de la figure 2.

#### Description détaillée de modes de réalisation

25 L'invention est applicable à différents types d'aubes de turbomachine, notamment des aubes de compresseur et de turbine de différents corps de turbines à gaz, par exemple une aube de roue mobile de turbine basse pression (BP), telle que celle illustrée par la figure 1.

L'aube 10 de la figure 1 comprend de façon en soi bien connue, une pale 20, un pied 30 formé par une partie de plus forte épaisseur, par exemple à section en forme de bulbe, prolongé par une échasse 32.

30

La pale 20 s'étend en direction longitudinale entre le pied 30 et son sommet 20c et présente en section transversale un profil incurvé d'épaisseur variable entre son bord d'attaque 20a et son bord de fuite 20b.

L'aube 10 est montée sur un rotor de turbine (non illustré) par engagement du pied 30 dans un logement de forme correspondante aménagé à la périphérie du rotor.

5 Conformément à l'invention, l'aube 10 comprend en outre trois canaux internes 21, 22 et 23 destinés à aspirer l'air au niveau du pied 30 et à le souffler au niveau du sommet 20c de la pale 20.

10 La figure 2 montre très schématiquement une ébauche fibreuse 100 à partir de laquelle une préforme fibreuse d'aube peut être mise en forme afin, après densification par une matrice et usinage éventuel, d'obtenir une aube en matériau composite telle que celle illustrée par la figure 1.

L'ébauche 100 est obtenue par tissage tridimensionnel ou tissage multicouche et est destinée, après mise en forme, à constituer une préforme de pale et pied d'aube.

15 L'ébauche 100 est réalisée sous forme d'une bande s'étendant de façon générale dans une direction X correspondant à la direction longitudinale de l'aube à réaliser. L'ébauche 100 présente une épaisseur variable déterminée en fonction de l'épaisseur de profil de la pale de l'aube à réaliser. Dans sa partie destinée à former une préforme de pied,  
20 l'ébauche fibreuse présente une surépaisseur 103 déterminée en fonction de l'épaisseur du pied de l'aube à réaliser. L'ébauche 100 a une largeur l choisie en fonction de la longueur du profil développé (à plat) de la pale et du pied de l'aube à réaliser.

25 Un mode de tissage tridimensionnel de l'ébauche fibreuse 100 sera maintenant décrit plus en détail.

Il est supposé que le tissage est réalisé avec des fils de chaîne s'étendant dans la direction longitudinale X de l'ébauche, à savoir la direction longitudinale de l'aube à réaliser, étant noté qu'un tissage avec des fils de trame dans cette direction est également possible.

30 La portion renflée 102 réalisant la variation d'épaisseur de l'ébauche 100 sur sa largeur est obtenue en utilisant des fils de chaîne de titre variable. On peut en variante ou en complément faire varier la contexture des fils de chaîne (nombre de fils par unité de longueur en sens trame), une contexture plus faible autorisant un amincissement plus  
35 important lors de la mise en forme de la préforme par moulage.

Ainsi, pour obtenir un profil de pale d'aube tel que représenté en projection à plat sur la figure 5, on peut utiliser 3 couches de fils de chaîne de titre et de contexture variables comme illustré par la figure 6.

Dans un exemple de réalisation, les fils utilisés, autres que ceux destinés à former des canaux internes comme expliqué ci-après, peuvent être des fils de carbone ou de carbure de silicium (SiC) ayant, par exemple, un titre (nombre de filaments) de 0,5K (500 filaments). Pour la formation de la variation d'épaisseur 102, des fils de titre plus important, par exemple 1K, sont utilisés. Si des fils de 1K ne sont pas disponibles, ils peuvent être obtenus par la réunion par guipage de deux fils de 0,5K.

Bien entendu, selon les titres de fils disponibles, différentes combinaisons de nombres de couches de fils et de variations de contexture et de titre pourront être adoptées pour le profil à obtenir.

Les figures 7A et 7B montrent, en coupe chaîne, deux plans successifs d'une armure pouvant être utilisée pour le tissage de l'ébauche fibreuse 100.

La bande de l'ébauche fibreuse 100 comprend un ensemble de couches de fils de chaîne, le nombre de couches étant ici par exemple égal à 3 (couches  $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{13}$ ). Les fils de chaîne sont liés par des fils de trame  $t_1$  par tissage tridimensionnel.

Dans l'exemple illustré, le tissage est un tissage multicouches réalisé avec une armure de type satin, ou multi-satin. D'autres types de tissage tridimensionnel pourront être utilisés, par exemple un tissage multicouches à armure multi-toile ou un tissage à armure "interlock". Par tissage "interlock", on entend ici une armure de tissage dans laquelle chaque couche de fils de trame lie plusieurs couches de fils de chaîne avec tous les fils d'une même colonne de trame ayant le même mouvement dans le plan de l'armure.

Différents modes de tissage tridimensionnel sont notamment décrits dans le document WO 2006/136755.

Conformément à l'invention, trois fils de 1K  $F_{C1}$ ,  $F_{C2}$  et  $F_{C3}$  de la couche  $C_{12}$ , c'est-à-dire la couche de fils de chaîne interne située entre les couches de fils de chaîne  $C_{11}$  et  $C_{13}$ , sont en un matériau fugace ou fugitif, à savoir un matériau apte à être éliminé après la densification de la préforme, par exemple par volatilisation ou dissolution. Les fils  $F_{C1}$ ,  $F_{C2}$  et

$F_{C3}$  peuvent avoir des titres différents selon la taille des canaux internes à réaliser dans l'aube.

Bien entendu, le nombre de couche de fils de chaîne peut être plus important selon l'épaisseur et les propriétés mécaniques envisagées.

5 Quel que soit le nombre de couches de fils de chaîne de l'ébauche fibreuse (supérieure ou égale à 3), les fils à caractère fugace peuvent être introduits dans n'importe quelle couche de fils de chaîne située entre les deux couches de fils de chaîne superficielles destinées à former les peaux de l'aube.

10 Les fils  $F_{C1}$ ,  $F_{C2}$  et  $F_{C3}$  peuvent être notamment formés avec les matériaux à caractère fugace suivants:

- un matériau thermo-fusible tel que l'acétate de polyvinyle ou le polyéthylène,
  - un matériau apte à être dissout par un solvant (eau, alcool, etc.) tel qu'un polymère soluble, par exemple un PVA (alcool polyvinylique).
- 15

Dans le cas de la formation d'un renfort fibreux avec des fils en céramique et formation d'une matrice par imprégnation voie liquide, il est possible d'utiliser pour les fils à caractère fugace une silicone qui sera éliminée par volatilisation.

20

La surépaisseur 103 peut être obtenue en utilisant des fils de trame de plus gros titre et des couches supplémentaires de fils de trame, les trois fils de chaîne  $F_{C1}$ ,  $F_{C2}$  et  $F_{C3}$  étant également présents dans la surépaisseur 103 au niveau d'une couche de fils chaîne interne.

25 Bien entendu, différentes combinaisons de nombres de couches de trame et de titres de fils de trame pourront être adoptées pour former la surépaisseur 103.

Les figures 3 et 4 montrent très schématiquement comment une préforme fibreuse ayant une forme proche de celle de l'aube à fabriquer peut être obtenue à partir de l'ébauche fibreuse 100.

30

Sur la figure 3, l'ébauche fibreuse 100 est coupée à une extrémité dans la surépaisseur 103 et à une autre extrémité pour avoir une bande 120 de longueur correspondant à la dimension longitudinale de l'aube à fabriquer avec une partie renflée 130 formée par une partie de la surépaisseur 103 et située à un emplacement correspondant à la position du pied de l'aube à fabriquer.

35

Une préforme fibreuse 200 de l'aube à fabriquer est ensuite obtenue par moulage avec déformation de la bande 102 pour reproduire le profil incurvé et vrillé de la pale de l'aube comme illustré sur la figure 4. On obtient ainsi une préforme avec une partie 220 de préforme de pale et  
5 une partie 230 de préforme de pied (avec préforme d'échasse).

Plus précisément, la préforme fibreuse 200 est obtenue par densification de l'ébauche fibreuse 100 par une matrice.

La densification de l'ébauche fibreuse consiste à combler la porosité de l'ébauche, dans tout ou partie du volume de celle-ci, par le  
10 matériau constitutif de la matrice.

La matrice du matériau composite constituant l'aube peut être obtenue de façon connue en soi suivant le procédé par voie liquide. Le procédé par voie liquide consiste à imprégner l'ébauche fibreuse par une composition liquide contenant un précurseur organique du matériau de la  
15 matrice. Le précurseur organique se présente habituellement sous forme d'un polymère, tel qu'une résine thermoplastique ou thermodurcissable, éventuellement dilué dans un solvant. L'ébauche est placée dans un moule pouvant être fermé de manière étanche avec un logement ayant la forme de la pièce finale moulée et pouvant notamment présenter une forme  
20 vrillée correspondant à la forme définitive de l'aube. Ensuite, on referme le moule et on injecte le précurseur liquide de matrice (par exemple une résine) dans tout le logement pour imprégner toute la partie fibreuse de la préforme.

La transformation du précurseur en matrice organique, à savoir  
25 sa polymérisation, est réalisée par traitement thermique, généralement par chauffage du moule, après élimination du solvant éventuel et réticulation du polymère, la préforme étant toujours maintenue dans le moule ayant une forme correspondant à celle de l'aube. La matrice organique peut être notamment obtenue à partir de résines époxydes,  
30 telle que la résine époxyde à hautes performances vendue sous la référence PR 520 par la société CYTEC, ou de précurseurs liquides de matrices carbone ou céramique. Dans ce cas, si les fils à caractère fugace  $F_{C1}$ ,  $F_{C2}$  et  $F_{C3}$  sont en matériau thermo-fusible, le matériau sera choisi pour être fusible à une température supérieure à la température du  
35 traitement thermique de polymérisation qui se situe habituellement entre 180°C et 200°C environ.

La matrice peut être également une matrice céramique obtenue en imprégnant l'ébauche fibreuse avec une résine précurseur de céramique comme par exemple une résine polycarbosilane précurseur de carbure de silicium (SiC), ou une résine polysiloxane précurseur de SiCO, ou une résine polyborocarbosilazane précurseur de SiCNB, ou une résine polysilazane (SiCN).

Selon un aspect de l'invention, la densification de l'ébauche fibreuse peut être réalisée par le procédé bien connu de moulage par transfert dit RTM ("Resin Transfert Moulding"). Conformément au procédé RTM, on place l'ébauche fibreuse 100 dans un moule présentant la forme extérieure de l'aube. Une résine thermodurcissable est injectée dans l'espace interne du moule qui comprend l'ébauche fibreuse. Un gradient de pression est généralement établi dans cet espace interne entre l'endroit où est injecté la résine et les orifices d'évacuation de cette dernière afin de contrôler et d'optimiser l'imprégnation de l'ébauche par la résine.

La résine utilisée peut être, par exemple, une résine époxyde. 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 la pièce. Une fois la résine injectée dans tout le renfort, on procède à sa polymérisation par traitement thermique conformément au procédé RTM.

Après l'injection et la polymérisation, la pièce est démoulée. Au final, la pièce est détournée pour enlever l'excès de résine et les chanfreins sont usinés. Aucun autre usinage n'est nécessaire puisque, la pièce étant moulée, elle respecte les cotes exigées.

Une fois la densification achevée, on procède à l'élimination des fils de chaîne  $F_{C1}$ ,  $F_{C2}$  et  $F_{C3}$ . Le traitement utilisé pour éliminer ces fils est fonction du matériau à caractère fugace constitutif des fils  $F_{C1}$ ,  $F_{C2}$  et  $F_{C3}$ . Le traitement d'élimination peut, par exemple, correspondre à un traitement thermique réalisé à une température supérieure ou égale à la température de volatilisation du matériau ou à un trempage de la préforme dans une solution permettant de dissoudre le matériau des fils à éliminer.

Après l'élimination des fils  $F_{C1}$ ,  $F_{C2}$  et  $F_{C3}$ , on obtient l'aube 10 de la figure 1, c'est-à-dire une aube présentant une forme vrillée et comportant trois canaux internes 21 à 22 constituant un dispositif d'aspiration/soufflage lorsque que l'aube est montée sur un rotor de

5 turbomachine (non représenté).

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une aube (10) de turbomachine en matériau composite comprenant un renfort fibreux densifié par une matrice, le procédé comprenant :
- réalisation d'une ébauche fibreuse (100) par tissage d'une première pluralité de fils et d'une deuxième pluralité de fils, les fils de ladite première pluralité de fils étant disposés en couches successives ( $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{13}$ ) et s'étendant dans la direction longitudinale de l'ébauche fibreuse correspondant à la direction longitudinale de l'aube (10) à fabriquer,
  - la mise en forme de l'ébauche fibreuse (100) pour obtenir une préforme (200) de l'aube (10) à réaliser,
  - la densification de la préforme (200) par imprégnation de ladite préforme avec une composition liquide contenant un précurseur du matériau de la matrice pour obtenir une aube (10) ayant un renfort fibreux constitué par ladite préforme et densifié par la matrice, caractérisé en ce qu'au moins une couche de fils ( $C_{12}$ ) de la première pluralité de fils située dans la partie interne de l'ébauche fibreuse comporte un ou plusieurs fils en matériau à caractère fugace ( $F_{C1}$ ,  $F_{C2}$  et  $F_{C3}$ ) et en ce que le procédé comprend en outre, après la densification de la préforme (200), l'élimination du ou des fils en matériau à caractère fugace ( $F_{C1}$ ,  $F_{C2}$  et  $F_{C3}$ ) pour former un ou plusieurs canaux interne (21, 22, 23) dans l'aube.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau à caractère fugace est choisi parmi au moins un des matériaux suivants:
- un matériau thermo-fusible,
  - un matériau apte à être dissout par un solvant.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'élimination des fils en matériau à caractère fugace est réalisée par traitement thermique ou par application d'un solvant.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'ébauche fibreuse (200) est réalisée par tissage

tridimensionnel, au moins des fils de la deuxième pluralité de fils liant des fils de la première pluralité des fils sur plusieurs couches.

5           5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le tissage tridimensionnel est un tissage multicouches avec une armure de type choisi parmi au moins une des armures suivantes: satin, multi-satin, multi-toile et interlock.

10           6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les fils de la première pluralité de fils autres que les fils en matériau à caractère fugace et les fils de la deuxième pluralité de fils sont en matériau céramique ou carbone.

15           7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le titre des fils en matériau à caractère fugace ( $F_{C1}$ ,  $F_{C2}$  et  $F_{C3}$ ) est déterminé en fonction de la taille des canaux internes à réaliser dans l'aube.

20           8. Aube (10) de turbomachine en matériau composite comprenant un renfort fibreux (200) obtenu par tissage d'une première pluralité de fils et d'une deuxième pluralité de fils, les fils de ladite première pluralité de fils étant disposés en couches successives ( $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{13}$ ) et s'étendant dans la direction longitudinale de l'ébauche fibreuse (200) correspondant à la direction longitudinale de l'aube (10), ledit renfort étant densifié par une matrice,

                  caractérisée en ce que l'aube comprend un ou plusieurs canaux internes (21, 22, 23) s'étendant dans la direction longitudinale de ladite aube.

30           9. Aube selon la revendication 8, caractérisée en ce que le renfort fibreux (200) est obtenu par tissage tridimensionnel, au moins des fils de la deuxième pluralité de fils liant des fils de la première pluralité des fils sur plusieurs couches.

35           10. Aube selon la revendication 9, caractérisée en ce que le tissage tridimensionnel est un tissage multicouches avec une armure de

type choisi parmi au moins une des armures suivantes: satin, multi-satin, multi-toile et interlock ou multicouches.

5 11. Aube selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisée en ce que les fils de la première pluralité de fils et les fils de la deuxième pluralité de fils sont en matériau céramique ou carbone.

10 12. Aube selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, caractérisée en ce qu'elle présente une forme vrillée.

13. Aube selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, caractérisée en ce qu'elle est en matériau composite à matrice organique.

15 14. Aube selon l'une quelconque des revendications 8 à 13, caractérisée en ce que la pale de l'aube a un profil d'épaisseur variable.

15. Turbomachine équipée d'une aube selon l'une quelconque des revendications 8 à 14 ou fabriquée selon le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 7.

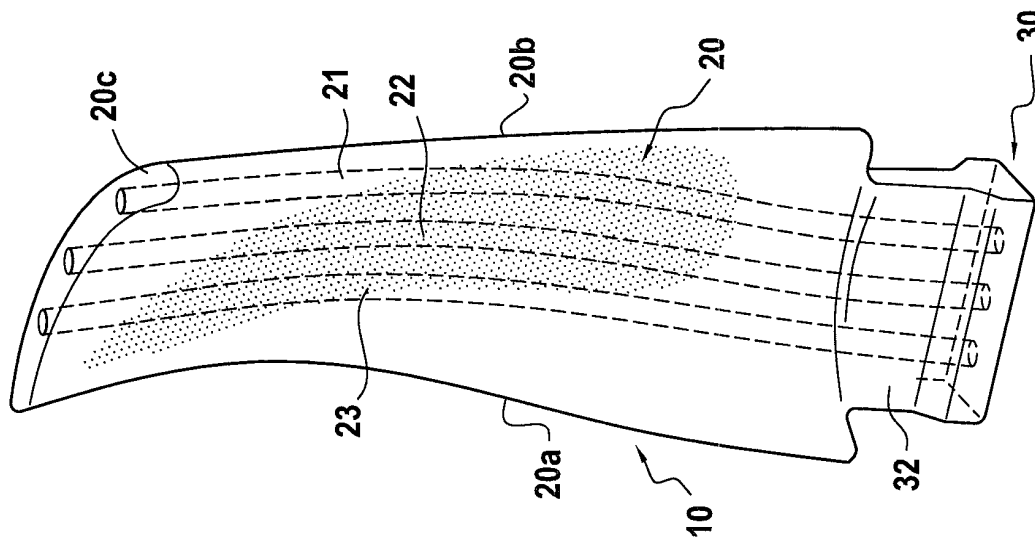


FIG. 1

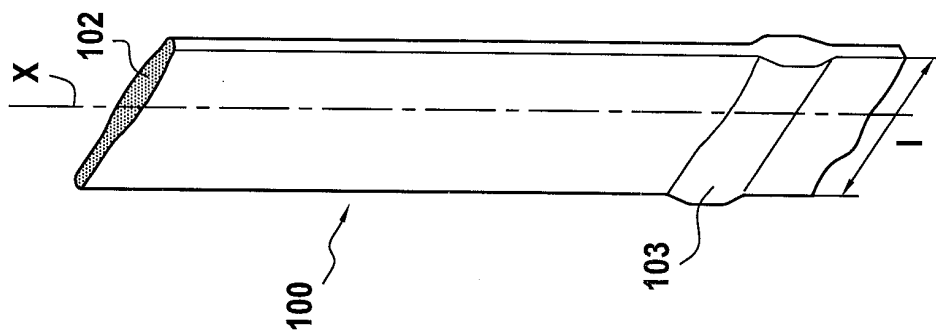


FIG. 2

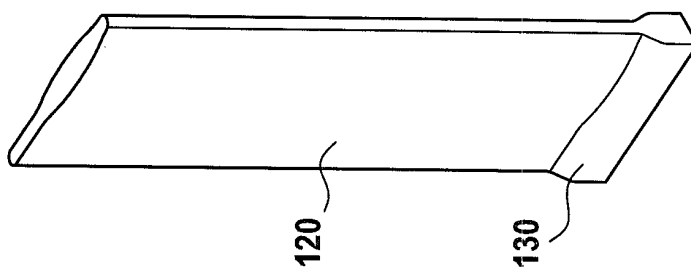


FIG. 3

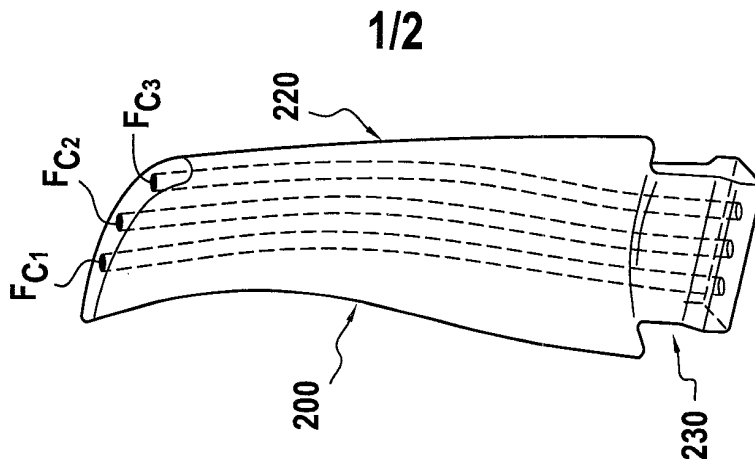
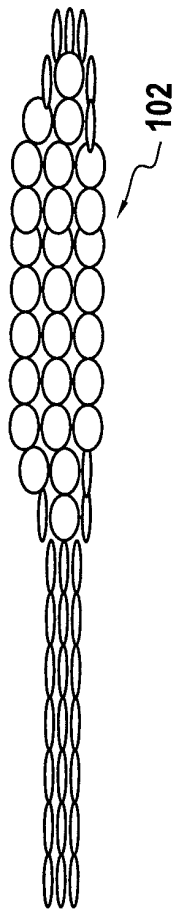


FIG. 4

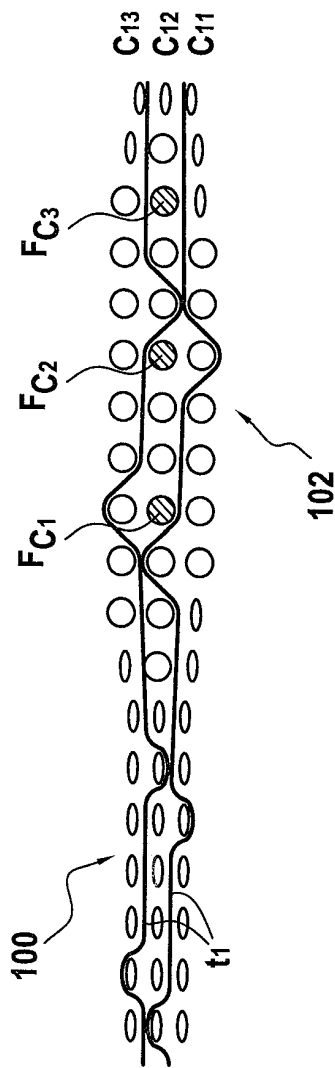
**FIG.5**



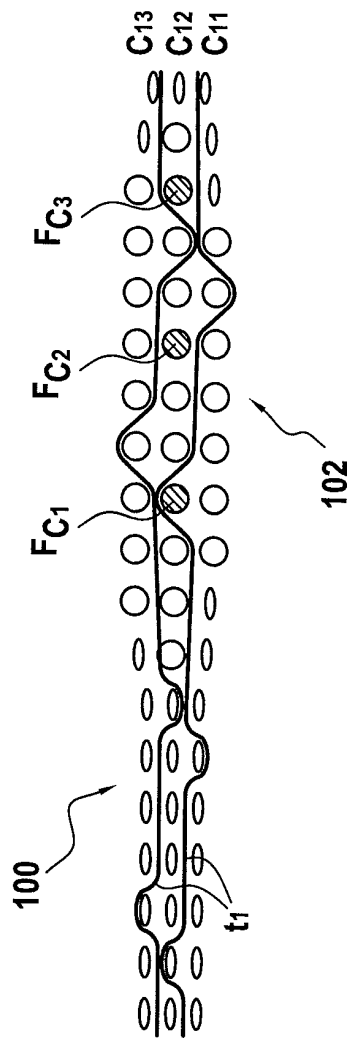
**FIG.6**



**FIG.7A**



**FIG.7B**





**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 731455  
FR 1050503

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2003/059577 A1 (MORRISON JAY [US] ET AL) 27 mars 2003 (2003-03-27)	8-15	F01D5/28
A	* alinéas [0002], [0012], [0029], [0030] - [0032], [0035]; revendications 1,6,8,10,11,18,20,22,23; figures 5a,5b,6 *	1-7	F01D5/18 B29C70/24 B29C70/48
X	FR 2 929 149 A1 (SNECMA SA [FR] SNECMA [FR]) 2 octobre 2009 (2009-10-02)	15	
A	* page 2, ligne 7-20; revendications 1-6; figures 1,2 *	1-14	
A	JP 8 207078 A (KAWAMOTO PUMP MFG) 13 août 1996 (1996-08-13) * abrégé *	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B29D B29C D03D F01D B29B
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		9 novembre 2010	Foulger, Caroline
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 à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		.....	
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 1050503 FA 731455**

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 09-11-2010

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 2003059577	A1	27-03-2003	DE 60224412 T2	02-01-2009
			EP 1429917 A2	23-06-2004
			JP 4072123 B2	09-04-2008
			JP 2005503941 T	10-02-2005
			WO 03026887 A2	03-04-2003
-----				
FR 2929149	A1	02-10-2009	WO 2009122040 A1	08-10-2009
-----				
JP 8207078	A	13-08-1996	AUCUN	
-----				