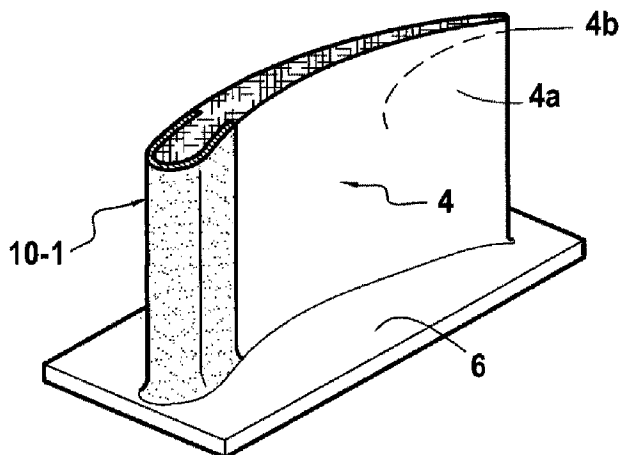




(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2015/08/20
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2016/03/03
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2023/03/28
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2017/02/09
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2015/052237
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2016/030613
(30) Priorité/Priority: 2014/08/27 (FR14 58020)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B29C 70/20* (2006.01),
B29C 70/46 (2006.01), *B29C 70/78* (2006.01),
F01D 5/28 (2006.01), *F01D 9/02* (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
PAUTARD, SEBASTIEN, FR;
BRIEND, MAXIME, FR;
TROUSSET, EMILIE, FR;
DUNLEAVY, PATRICK, FR
(73) Propriétaire/Owner:
SAFRAN AIRCRAFT ENGINES, FR
(74) Agent: LAVERY, DE BILLY, LLP

(54) Titre : AUBE DE REDRESSEUR EN MATERIAU COMPOSITE POUR MOTEUR A TURBINE A GAZ ET SON
PROCEDE DE FABRICATION
(54) Title: DIFFUSER VANE MADE OF COMPOSITE MATERIAL FOR A GAS TURBINE ENGINE AND METHOD FOR
MANUFACTURING SAME



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne une aube de redresseur (2) pour moteur à turbine à gaz, comprenant un aubage (4) en matériau composite ayant un renfort fibreux densifié par une matrice, le renfort fibreux étant obtenu à partir de fibres longues pré-imprégnées et agglomérées sous forme de mat, l'aubage étant muni sur au moins un bord d'attaque d'une bande de renfort (10-1), ladite bande de renfort étant réalisée à partir d'une même bande de tissu unidirectionnel ou de textile, ou par un empilement de plusieurs plis pré-imprégnés de tissu unidirectionnel ou de textile en fibres de carbone ou en fibres de verre, et au moins une plateforme (6, 8) positionnée à une extrémité radiale de l'aubage, la plateforme étant en matériau composite ayant un renfort fibreux densifié par une matrice, le renfort fibreux étant obtenu à partir de fibres longues pré-imprégnées. L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une telle aube.



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
3 mars 2016 (03.03.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/030613 A1

(51) Classification internationale des brevets :

B29C 70/46 (2006.01) *B29C 43/18* (2006.01)
B29C 70/78 (2006.01) *F01D 5/28* (2006.01)
B29D 99/00 (2010.01) *B29L 31/08* (2006.01)

Patrick; 15 rue Jean-Jacques Rousseau, F-91120 Palaiseau (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2015/052237

(22) Date de dépôt international :

20 août 2015 (20.08.2015)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

14 58020 27 août 2014 (27.08.2014) FR

(71) **Déposants** : SNECMA [FR/FR]; 2 boulevard du Général Martial Valin, F-75015 Paris (FR). SAFRAN [FR/FR]; 2 boulevard du Général Martial Valin, F-75015 Paris (FR).

(72) **Inventeurs** : PAUTARD, Sébastien; 215 rue de Paris, F-91120 Palaiseau (FR). BRIEND, Maxime; c/o Snecma PI (AJI), Rond-point René Ravaut-Réau, F-77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR). TROUSSET, Emilie; 14 avenue Pierre Brossolette, F-92240 Malakoff (FR). DUNLEAVY,

(74) **Mandataires** : DAVID, Alain et al.; Cabinet Beau de Loménie, 158 rue de l'Université, F-75340 Paris Cedex 07 (FR).

(81) **États désignés** (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title** : DIFFUSER VANE MADE OF COMPOSITE MATERIAL FOR A GAS TURBINE ENGINE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) **Titre** : AUBE DE REDRESSEUR EN MATÉRIAU COMPOSITE POUR MOTEUR A TURBINE A GAZ ET SON PROCÉDÉ DE FABRICATION.

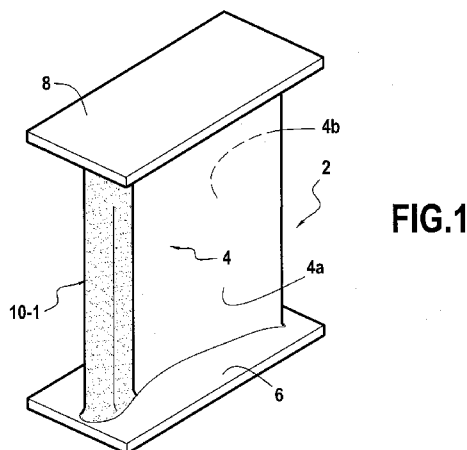


FIG.1

(57) **Abstract** : The invention relates to a diffuser vane (2) for a gas turbine engine, comprising a vane assembly (4) made of a composite material having a fibrous reinforcement densified by a matrix, the fibrous reinforcement being obtained from long fibres pre-impregnated and agglomerated in the form of a mat, the vane assembly being provided on at least one leading edge with a reinforcement strip (10-1), said reinforcement strip being made of a single strip of a unidirectional fabric or a textile, or of a stack of a plurality of pre-impregnated plies of a unidirectional fabric or a textile made of carbon fibres or glass fibres, and at least one platform (6, 8) positioned at a radial end of the vane assembly, the platform being made of a composite material having a fibrous reinforcement densified by a matrix, the fibrous reinforcement being obtained from pre-impregnated long fibres. The invention also relates to a method for manufacturing such a vane.

(57) **Abrégé** :

[Suite sur la page suivante]

WO 2016/030613 A1

LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, **Publiée :**
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, — *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

L'invention concerne une aube de redresseur (2) pour moteur à turbine à gaz, comprenant un aubage (4) en matériau composite ayant un renfort fibreux densifié par une matrice, le renfort fibreux étant obtenu à partir de fibres longues pré-imprégnées et agglomérées sous forme de mat, l'aubage étant muni sur au moins un bord d'attaque d'une bande de renfort (10-1), ladite bande de renfort étant réalisée à partir d'une même bande de tissu unidirectionnel ou de textile, ou par un empilement de plusieurs plis pré-imprégnés de tissu unidirectionnel ou de textile en fibres de carbone ou en fibres de verre, et au moins une plateforme (6, 8) positionnée à une extrémité radiale de l'aubage, la plateforme étant en matériau composite ayant un renfort fibreux densifié par une matrice, le renfort fibreux étant obtenu à partir de fibres longues pré-imprégnées. L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une telle aube.

Aube de redresseur en matériau composite pour moteur à turbine à gaz et son procédé de fabrication

Arrière-plan de l'invention

5 La présente invention se rapporte au domaine général des aubes de redresseur pour moteur aéronautique à turbine à gaz.

Des exemples d'application de l'invention sont notamment les aubes directrices de sortie (appelées OGV pour « Outlet Guide Vane »), les aubes directrices d'entrée (appelées IGV pour « Inlet Guide Vane »), et
10 les aubes à calage variable (appelées VSV pour « Variable Stator Vane ») d'une turbomachine aéronautique.

Typiquement, les aubes de redresseur d'un moteur aéronautique à turbine à gaz présentent chacune deux plateformes (intérieure et extérieure) qui sont rapportées sur l'aubage. Ces aubes de
15 redresseur forment des rangées d'aubes fixes qui permettent de guider le flux gazeux traversant le moteur selon une vitesse et un angle appropriés.

Les aubes de redresseur sont généralement métalliques mais il est devenu courant de les réaliser en matériau composite notamment pour en diminuer la masse. Or, les procédés de fabrication des aubes de
20 redresseur en matériau métallique ou en matériau composite présentent certains inconvénients.

En particulier, pour les aubes de redresseur métalliques, les outillages à utiliser pour leur fabrication sont coûteux et longs à réaliser. En effet, ces aubes de redresseur sont typiquement obtenues de fonderie,
25 ce qui nécessite deux empreintes différentes, à savoir un noyau permanent qui est coûteux et long à fabriquer et requiert un traitement contre l'usure, et un noyau sable avec agglomérant qui doit être refait très fréquemment. De plus, ce type d'aube de redresseur nécessite une phase de finition par usinage ou par traitement chimique pour finaliser la pièce.

30 Quant aux aubes de redresseur en matériau composite, elles sont le plus souvent réalisées par des procédés de fabrication différents, tels que par exemple le procédé manuel de stratifié/drapage, le procédé de moulage par injection d'une préforme fibreuse (RTM pour « Resin Transfer Moulding »), le procédé par infusion de résine liquide, le procédé
35 de brochage, le procédé de thermo-compression, etc.

Les procédés par stratifié/drapage sont coûteux et ne sont cependant pas adaptées à la fabrication des aubes de redresseur qui ont des petites tailles ou des facteurs de forme complexes. Les procédés par injection de résine entraînent des défauts de décadage de la préforme fibreuse pendant sa mise en forme ou pendant sa consolidation et présentent des risques de délaminage inter laminaire. De plus, certains de ces procédés de fabrication nécessitent de rapporter les plateformes sur l'aubage, ce qui induit des coûts de fabrication supplémentaires.

Par ailleurs, les aubes de redresseur en matériau composite nécessitent de rapporter un clinquant métallique sur leur bord d'attaque afin de protéger celui-ci contre l'érosion, l'abrasion et l'impact de corps étrangers. Or, la mise en forme et l'assemblage du clinquant métallique sur le bord d'attaque de l'aubage est une opération supplémentaire qui est longue et coûteuse.

Objet et résumé de l'invention

Il existe donc un besoin de pouvoir disposer d'une aube de redresseur qui ne présente pas les inconvénients liés aux procédés de fabrication mentionnés ci-dessus.

Conformément à l'invention, ce but est atteint grâce à une aube pour moteur à turbine à gaz, comprenant un aubage en matériau composite ayant un renfort fibreux densifié par une matrice, le renfort fibreux étant obtenu à partir de fibres longues pré-imprégnées et agglomérées sous forme de mat, l'aubage étant muni sur au moins un bord d'attaque d'une bande de renfort, et au moins une plateforme positionnée à une extrémité radiale de l'aubage, la plateforme étant en matériau composite ayant un renfort fibreux densifié par une matrice, le renfort fibreux étant obtenu à partir de fibres longues discontinues pré-imprégnées.

L'aube de redresseur selon l'invention est remarquable en ce qu'elle présente une architecture hybride composée d'un aubage en mat réalisé par un agglomérat de fibres longues pré-imprégnées sur le bord d'attaque duquel est assemblée une bande de renfort. On entend ici par « mat » un ensemble de filaments, de fibres discontinues ou de fils de base, coupés ou non, et maintenus ensemble sous forme de nappe, de tapis ou de lopin.

En particulier, le mat en fibres longues, par exemple discontinues, permet de donner une raideur globale à l'aube de redresseur et la bande de renfort accentue la raideur locale afin de limiter la flexion de l'aube de redresseur et d'éviter les modes vibratoires rédhibitoires tout en limitant sa déformée. La structure de mat en fibres longues permet également de conférer une structure isotrope et des propriétés mécaniques homogènes dans le plan de l'aube.

Ainsi, une telle architecture présente de nombreux avantages par rapport aux architectures connues de l'art antérieur, notamment en termes de raideur et de coût et de facilité de fabrication. De plus, par le choix des matériaux utilisés et du procédé de fabrication employé, cette architecture présente une grande modularité relative à la topologie de l'aube de redresseur en fonction des sollicitations mécaniques et du positionnement dans le moteur.

La bande de renfort peut être positionnée au niveau du bord d'attaque de l'aubage et recouvrir au moins en partie l'une des faces latérales de l'aubage.

Cette bande de renfort permet de réaliser pour l'aubage un bord d'attaque en matériau composite qui est destiné à le protéger des problèmes d'abrasion, d'érosion et d'impact de corps étrangers. Dans cette configuration qui recouvre au moins en partie l'une des faces latérales de l'aubage, la bande de renfort permet également d'accentuer davantage la raideur de l'aubage, et notamment dans son épaisseur.

Toujours dans cette configuration, la face latérale de l'aubage non recouverte par la bande de renfort est avantageusement recouverte en partie par une autre bande en tissu unidirectionnel de façon à limiter les dissymétries de raideur et de retrait lors de la fabrication de l'aubage.

Alternativement, la bande de renfort peut être positionnée au niveau du bord d'attaque de l'aubage et recouvrir au moins en partie les deux faces latérales de l'aubage. Dans cette configuration, la bande de renfort permet ainsi de fortement accentuer la raideur de l'aubage.

Ainsi, avec une même architecture d'aube de redresseur, il est possible, simplement en modifiant la largeur de la bande de renfort, de réaliser des aubes de redresseur de différentes catégories, à savoir une aube de redresseur à sollicitation purement aérodynamique, une aube de

redresseur non structurelle et une aube de redresseur semi-structurelle, tout en réalisant une protection du bord d'attaque de son aubage.

De préférence, la bande de renfort est positionnée sur l'aubage et sur au moins un congé de raccordement entre l'aubage et la
5 plateforme.

L'aube de redresseur peut comprendre en outre une couche de matériau viscoélastique interposée entre l'aubage et la bande de renfort ou positionnée au sein de la bande de renfort. La présence d'une telle couche (ou patch) viscoélastique permet de répondre aux problématiques
10 vibratoires, acoustiques ou d'amortissements que subit l'aube de redresseur.

La bande de renfort est réalisée à partir d'une même bande de tissu unidirectionnel ou de textile, ou par un empilement de plusieurs plis pré-imprégnés de tissu unidirectionnel ou de textile en fibres de carbone
15 (de type qualifié comme suit : M pour Standard, IM pour module intermédiaire, HR pour haute résistance, HM pour haut module) ou en fibres de verre. En particulier, la largeur de cette bande de renfort et le type de carbone utilisé seront fonction des efforts subis par l'aube de redresseur. Un tissu pré-imprégné pourra ainsi être utilisé avec un motif
20 de tissage et/ou une séquence de plis prédéfinis en fonction de la raideur demandée pour l'aubage. En particulier, dans le cas d'un renfort textile, l'orientation privilégiée pourra varier pour faciliter sa mise en œuvre sur l'aubage. Concernant le mode de réalisation présentant des fibres de verre, ledit renfort à tissu ou textile ayant ces fibres de verre pourra
25 augmenter légèrement la raideur mais aussi faire office de protection à l'abrasion et/ou à l'érosion et ainsi protéger l'aube.

De préférence, les mats constitutifs des renforts fibreux de l'aubage et de la plateforme sont réalisés à partir de bandelettes en fibres de carbone. La taille de ces bandelettes (longueur et largeur) et le type de
30 carbone utilisé seront fonction des sollicitations de l'aubage.

L'invention a également pour objet une turbomachine comprenant au moins une aube de redresseur telle que définie précédemment.

L'invention a encore pour objet un procédé de fabrication d'une
35 aube de redresseur telle que définie précédemment, comprenant successivement : le positionnement de la bande de renfort et de fibres

longues pré-imprégnées et agglomérées en mats dans des cavités d'un outillage de compression pour la réalisation des renforts fibreux constitutifs de l'aubage et de la plateforme, la fermeture de l'outillage de compression, la compression des mats et de la bande de renfort en
5 régulant la température et la pression de fermeture de l'outillage de compression pour obtenir une transformation du composite utilisé, l'ouverture de l'outillage de compression, et le démoulage de l'aube de redresseur obtenue.

Selon une alternative, le procédé de fabrication d'une aube de
10 redresseur telle que définie précédemment comprend successivement : le positionnement de la bande de renfort et de fibres longues pré-imprégnées et agglomérées en mats dans des cavités d'un outillage de compression pour la réalisation du renfort fibreux constitutif de l'aubage, la fermeture de l'outillage de compression, la compression des mats et de
15 la bande de renfort en régulant la température et la pression de fermeture de l'outillage de compression pour obtenir une transformation du composite utilisé, l'ouverture de l'outillage de compression, le démoulage de l'aubage obtenu, et le surmoulage d'une plateforme préalablement réalisée sur l'aubage par un procédé d'injection de résine sous pression.

Selon une autre alternative, le procédé de fabrication d'une
20 aube de redresseur telle que définie précédemment comprend successivement : le positionnement de la bande de renfort et de fibres longues pré-imprégnées et agglomérées en mats dans des cavités d'un outillage de compression pour la réalisation du renfort fibreux constitutif
25 de l'aubage, la fermeture de l'outillage de compression, la compression des mats et de la bande de renfort en régulant la température et la pression de fermeture de l'outillage de compression pour obtenir une transformation du composite utilisé, l'ouverture de l'outillage de compression, le démoulage de l'aubage obtenu, et le collage sur l'aubage
30 d'une plateforme préalablement réalisée.

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins
35 annexés qui en illustrent des exemples de réalisation dépourvus de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 est une vue en perspective d'une aube de redresseur selon l'invention ;

- les figures 2A et 2B sont des vues de l'aube de redresseur de la figure 1, respectivement en coupe transversale et en coupe
5 longitudinale ; et

- les figures 3 à 6 sont des vues en coupe transversale d'aubes de redresseur selon des variantes de réalisation de l'invention.

Description détaillée de l'invention

10 L'invention s'applique à la réalisation d'aubes de redresseur pour moteur aéronautique à turbine à gaz ayant un bord d'attaque.

Des exemples non limitatifs de telles aubes de redresseur sont notamment les aubes directrices de sortie (OGV), les aubes directrices d'entrée (IGV), et les aubes à calage variable (VSV), etc.

15 La figure 1 représente de façon schématique et en perspective un exemple d'une telle aube de redresseur 2.

De façon connue en soi, l'aube de redresseur 2 comprend un aubage 4 ayant une face intrados 4a et une face extrados 4b, une plateforme intérieure 6 assemblée sur une extrémité radiale intérieure de
20 l'aubage, et une plateforme extérieure 8 assemblée sur l'extrémité radiale extérieure de l'aubage.

Selon l'invention, l'aubage 4 est réalisé en matériau composite avec un renfort fibreux densifié par une matrice, le renfort fibreux étant obtenu à partir de fibres longues pré-imprégnées, par exemple
25 discontinues, et agglomérées sous forme de « mat » (c'est-à-dire sous forme d'une nappe, d'un tapis ou d'un lopin réalisé à partir de l'agglomération de ces fibres). La fabrication d'un tel aubage sera décrite ultérieurement.

De même, les plateformes intérieure 6 et extérieure 8 sont
30 réalisées en matériau composite avec un renfort fibreux obtenu également à partir de fibres longues pré-imprégnées, par exemple discontinues, et agglomérées sous forme de mat.

Par ailleurs, toujours selon l'invention et comme illustré sur les figures 2A et 2B, le bord d'attaque de l'aubage 4 est formé par une bande
35 de renfort 10-1 en tissu unidirectionnel (UD) ou en textile pré-imprégné, cette bande de renfort étant positionnée sur l'aubage au niveau du bord

d'attaque et au moins sur les congés de raccordement 12 entre l'aubage et les plateformes intérieure 6 et extérieure 8. Eventuellement, la bande de renfort peut ne pas recouvrir ces congés de raccordement.

5 Dans la partie gauche de la figure 2B, la bande de renfort 10-1 s'étend seulement sur les congés de raccordement 12 entre l'aubage et les plateformes intérieure 6 et extérieure 8. Alternativement, comme représenté sur la partie droite de la figure 2B, la bande de renfort 10-2 peut s'étendre à la fois sur ces congés de raccordement, mais également sur les plateformes 6, 8.

10 Par ailleurs, dans un autre mode de réalisation non représenté sur les figures, la bande de renfort peut être directement noyée dans l'épaisseur des plateformes 6, 8. Cette solution permet d'éviter tout délaminage entre la bande de renfort et le mat constitutif des plateformes lors des perçages et lamages de ces dernières pour leur fixation sur le
15 carter.

De plus, comme représenté sur la figure 2A, la bande de renfort 10-1 peut présenter un positionnement dit « simple » dans lequel elle est positionnée uniquement sur le bord d'attaque de l'aubage 4.

20 Selon une variante représentée sur la figure 3, la bande de renfort 10-3 présente un positionnement asymétrique dans lequel elle recouvre non seulement le bord d'attaque de l'aubage, mais également en partie l'une des faces latérales de l'aubage (à savoir ici la face intrados 4a). Cette configuration permet d'augmenter la raideur de l'aubage, ce qui améliore sa résistance aux sollicitations et sa protection à l'érosion.

25 Selon une autre variante représentée sur la figure 4, la bande de renfort 10-4 présente un positionnement symétrique dans lequel elle recouvre non seulement le bord d'attaque de l'aubage 4, mais également en partie les deux faces latérales de l'aubage (à savoir les faces intrados 4a et extrados 4b). Par rapport à la présente variante, cette configuration
30 permet d'augmenter davantage la raideur de l'aubage et d'éviter les déformations post-fabrication.

On notera que plus le recouvrement des faces latérales de l'aubage par la bande de renfort sera élevé, plus grande sera la raideur conférée à l'aubage.

35 On notera également que la forme de la bande renfort n'est pas nécessairement rectangulaire : par exemple elle peut être en forme de

vague de façon à répondre aux problématiques de déformation le long du bord de fuite à une même fréquence.

Selon encore une autre variante représentée sur la figure 5, la bande de renfort 10-5 présente un positionnement asymétrique dans lequel elle recouvre le bord d'attaque et en partie la face extradados 4b de l'aubage 4. De plus, la face latérale de l'aubage qui est non recouverte par la bande de renfort (à savoir la face intrados 4a) est recouverte en partie par une autre bande 14 également en tissu unidirectionnel ou en textile pré-imprégné.

La présence de cette bande additionnelle 14 permet de limiter les dissymétries de raideur et de retrait/déformation lors de la fabrication de l'aubage. En particulier, la largeur de cette bande 14 sera fonction de l'importance de la déformation subie lors de la fabrication de l'aubage.

Selon encore une autre variante représentée sur la figure 6, l'aube de redresseur 2 comprend en outre une couche de matériau viscoélastique 16 qui est interposée entre l'aubage 4 et la bande de renfort 10-6. Cette couche (ou patch) 16 est dans l'exemple représentée sur la figure 6 positionnée au niveau de la face intrados 4a de l'aubage et recouverte par la bande de renfort 10-6, cette dernière pouvant présenter un positionnement symétrique dans lequel elle recouvre en partie les faces intrados et extradados de l'aubage.

La présence de cette couche de matériau viscoélastique 16 permet ainsi de répondre aux problématiques vibratoires, acoustiques ou d'amortissement que rencontre l'aube de redresseur. En effet, cette couche permet l'absorption d'énergie, de fréquences et atténue les modes vibratoires afin de limiter ainsi les vibrations et les déformations que l'aube de redresseur subit en fonctionnement.

La couche de matériau viscoélastique 16 peut être interposée entre l'aubage et la bande de renfort. Alternativement, elle peut être positionnée au sein de la bande de renfort, c'est-à-dire être ajoutée entre deux plis successifs constituant la bande de renfort.

A titre d'exemple, le matériau viscoélastique utilisé sera de type élastomère, caoutchouc, etc.

On décrira maintenant différents procédés de fabrication de l'aube de redresseur conforme à l'invention.

Un premier procédé de fabrication est dit de « thermo-compression ». Il permet de réaliser une aube de redresseur selon l'invention qui est monobloc.

5 Ce procédé de fabrication par thermo-compression nécessite un outillage de compression composé d'une carcasse dans laquelle sont rapportées les empreintes (ou cavités) de l'aube de redresseur à fabriquer et muni éventuellement d'un système d'éjection pour extraire la pièce fabriquée. Ces empreintes sont thermiquement régulées pour amener la

10 Une première étape de ce procédé consiste à réaliser le renfort fibreux destiné à la réalisation de l'aubage et des plateformes de l'aube de redresseur. A cet effet, des bandelettes (ou « chips ») pré-imprégnées sont découpés dans une bande de tissu unidirectionnel ou de textile, typiquement en fibres de carbone, les dimensions (longueur et largeur) et
15 le type de carbone utilisé pour ces bandelettes étant fonction du niveau de raideur souhaité dans l'aube de redresseur. Par exemple, les bandelettes pourront avoir une largeur comprise entre 4 et 15 mm et une longueur comprise entre 4 et 150 mm, voire 2 mm de largeur et/ou de longueur.

20 Les fibres longues pourront être continues ou discontinues avant transformation en fonction du procédé d'injection choisi. Les fibres discontinues présenteront une longueur comprise sensiblement entre 2 mm et 100 mm en fonction de la taille du granulé comprenant la résine.

25 Ces fibres sont souvent discontinues ou peuvent être continues en fonction de la topologie de la pièce, du taux volumique de fibre présent dans la résine, du procédé utilisé, de paramètres de processus de transformation, de phénomènes rhéologiques et/ou d'interaction entre fibres. Ces fibres conserveront leurs longueurs initiales ou bien seront cassées pendant la phase dynamique correspondant au remplissage pour
30 présenter une distribution de longueur de fibre finale sensiblement comprise entre 0,1 mm et 100 mm.

Ces bandelettes de fibres de carbone sont alors agglomérées en tapis ou lopin pour former un mat. Cette solution permet de facilement manipuler ces bandelettes avant le positionnement dans l'outillage de compression. Un simple amas de bandelettes peut également être créé
35 (puis positionné, « injecté » et inséré dans l'outillage de compression).

La superposition et le positionnement des bandelettes au sein du mat est aléatoire mais avec si possible un motif réitérable pour permettre une reproductibilité de l'aube de redresseur. De préférence, le mat présentera une structure isotrope pour permettre d'obtenir des propriétés mécaniques homogènes dans le plan. Quant à la forme du mat, elle dépend de la complexité de l'aube de redresseur à fabriquer (taille, épaisseur, évolution de forme, etc.).

On notera que le renfort fibreux destiné à la réalisation des plateformes de l'aube de redresseur peut être réalisé avec le même mat que celui destiné à la réalisation de l'auge. Alternativement, on pourra choisir pour les plateformes un mat dans lequel le rapport de forme (longueur/largeur des bandelettes de fibres de carbone) est plus faible que pour l'auge. En effet, celles-ci sont moins sollicitées que l'auge.

On notera également que le mat pourra être pré-polymérisé, typiquement jusqu'à 20-50%, avant son positionnement dans les cavités de l'outillage de compression, cette pré-polymérisation permettant ainsi de conserver de la résine pour la cohésion entre les bandelettes et la bande de renfort. Ainsi, intervient un effet qualifié de "lessivage" (ou "wash out") correspondant à une migration de la résine autour du renfort. En exemple pour de la résine de famille époxy, le mat pourra être pré-polymérisé à 30%.

Parallèlement à l'étape de création de ces mats, le procédé de fabrication par thermo-compression consiste à créer la bande de renfort. Celle-ci est réalisée par une même bande de tissu UD ou de textile, typiquement en fibres de carbone, qui est découpée par exemple sous une forme rectangulaire. Alternativement, la bande de renfort peut être réalisée par un empilement de plusieurs plis pré-imprégnés de tissu UD ou de textile, également en fibres de carbone.

A l'étape suivante du procédé, la bande de renfort et le mat pour la réalisation des renforts fibreux constitutifs de l'auge et des plateformes ainsi réalisés sont positionnés dans les cavités de l'outillage de compression.

Si deux types de mat sont utilisés, le mat pour la réalisation du renfort fibreux de l'auge sera positionné dans un premier temps dans une cavité de l'outillage de compression avec la bande de renfort, puis le mat pour la réalisation des plateformes sera positionné dans un second

temps. Alternativement, ils pourront être positionnés en même temps dans un même outillage de compression. Encore alternativement, ils pourront être positionnés en même temps dans un même outillage de compression pour y subir une pré-consolidation préalablement à leur positionnement dans l'outillage de compression final.

L'outillage de compression est alors fermé. La résine utilisée pour les bandelettes pré-imprégnées pourra être une résine thermodurcissable appartenant à la famille des époxydes, bismaléimides, polyimides, polyesters, vinylesters, cyanate esters, phénoliques, etc. Alternativement, la résine pourra être une résine thermoplastique du type polysulfure de phénylène (PPS), polysulfone (PS), polyéthersulfone (PES), polyamide-imide (PAI), polyétherimide (PEI), ou bien de la famille des polyaryléthercétone (PAEK) : PEK, PEKK, PEEK, PEKKEK, etc.

La fermeture de l'outillage de compression entraîne une compression des mats et de la bande de renfort placés à l'intérieur de celui-ci, ce qui permet aux mats de se mettre en forme dans les cavités de l'outillage de compression. Cette étape de compression pourra être réalisée, soit par la fermeture de l'outillage de compression, soit par le déplacement de noyaux mobiles présents à l'intérieur de l'outillage de compression.

De façon concomitante à l'étape de compression, il est prévu de réguler la température de l'outillage de compression pour obtenir une transformation et une polymérisation de la résine (c'est-à-dire une cuisson pour une résine thermodurcissable et un refroidissement pour une résine thermoplastique).

Plus précisément, dans le cas d'une résine thermodurcissable, il est avantageux de recourir à un premier cycle de chauffage spécifique proche de la température de fusion de la résine avec des rampes de températures contrôlées pour la mise en forme des mats, suivi d'un deuxième cycle de chauffage également contrôlé pour la consolidation/réticulation/polymérisation de la résine. Ceci permet de réaliser la mise en forme et l'aspect cohésif/adhésif des mats et de la bande de renfort.

Dans le cas d'une résine thermoplastique, ce deuxième cycle sera constitué d'un cycle de refroidissement afin d'atteindre la température d'éjection de la pièce et ainsi bien cristalliser/polymériser les

polymères semi-cristallins ou amorphes afin d'obtenir des propriétés mécaniques optimales et de limiter les contraintes résiduelles et les déformations post-injection.

La régulation thermique de l'outillage de compression pourra
5 être réalisée par tout moyen connu de régulation, par exemple par l'utilisation de cartouches chauffages, par une régulation sous eau ou huile, par un système de chauffage par induction, etc.

A l'issue de cette étape, l'outillage de compression est alors ouvert et l'aube de redresseur ainsi obtenue est extraite (par
10 l'intermédiaire d'un système d'éjection ou manuellement ou de façon automatique par un préhenseur).

Un deuxième procédé de fabrication de l'aube de redresseur applique le procédé de thermo-compression précédemment décrit pour l'obtention de l'aube de redresseur (sans les plateformes),
15 suivi d'une étape de surmoulage des plateformes préalablement réalisées sur l'aube par un procédé d'injection de résine sous pression.

Le procédé de fabrication de l'aube par thermo-compression est ainsi strictement identique à celui décrit ci-avant.

L'aube en matériau composite ainsi réalisé est ensuite placé
20 dans un moule d'injection pour effectuer un surmoulage de l'aube pour la réalisation des plateformes à l'aide d'une résine thermoplastique ou thermodurcissable (éventuellement chargée).

On pourra se référer à la demande de brevet française n°13 57485 déposée le 29 juillet 2013 par la société SAFRAN qui décrit un
25 procédé d'assemblage par surmoulage d'un bord d'attaque métallique sur une aube en matériau composite. Dans son principe, ce procédé peut être appliqué pour réaliser le surmoulage des plateformes en matériau composite sur l'aube en matériau composite de l'aube de redresseur selon l'invention.

30 Brièvement, ce procédé de surmoulage prévoit une phase dynamique de remplissage de la cavité du moule d'injection par injection de résine sous pression, suivie d'une phase de commutation, puis d'une phase statique de compactage/maintien et d'une phase de solidification ou réticulation/cuisson de la résine injectée. Après solidification de la résine,
35 le moule d'injection est ouvert et la pièce (aube avec ses plateformes surmoulées) est éjectée.

- Un troisième procédé de fabrication de l'aube de redresseur applique le procédé de thermo-compression précédemment décrit pour l'obtention de l'aubage de l'aube de redresseur avec éventuellement les plateformes, un procédé d'injection connu pour la fabrication des
- 5 plateformes (le cas échéant), puis une étape de collage sur l'aubage des plateformes. Cette étape de collage pourra être réalisée par des procédés connus tels que par collage par ultrasons, dépose de colle, etc.

REVENDEICATIONS

1. Aube de redresseur pour moteur à turbine à gaz, comprenant :

un aubage en matériau composite ayant un renfort fibreux densifié par une matrice, le renfort fibreux étant obtenu à partir de fibres longues pré-imprégnées et agglomérées sous forme de mat, l'aubage étant muni sur au moins un bord d'attaque d'une bande de renfort, ladite bande de renfort étant réalisée à partir d'une même bande de tissu unidirectionnel, ou par un empilement de plusieurs plis pré-imprégnés de tissu unidirectionnel en fibres de carbone ou en fibres de verre, et

au moins une plateforme positionnée à une extrémité radiale de l'aubage, la plateforme étant en matériau composite ayant un renfort fibreux densifié par une matrice, le renfort fibreux étant obtenu à partir de fibres longues pré-imprégnées, et en ce que la bande de renfort comprend un motif de tissage prédéfini choisi en fonction de la raideur souhaitée pour l'aube.

2. Aube de redresseur selon la revendication 1, dans laquelle la bande de renfort est positionnée au niveau du bord d'attaque de l'aubage et recouvre au moins en partie l'une des faces latérales de l'aubage.

3. Aube de redresseur selon la revendication 2, dans laquelle la face latérale de l'aubage non recouverte par la bande de renfort est recouverte en partie par une autre bande en tissu unidirectionnel de façon à limiter les dissymétries de raideur et de retrait lors de la fabrication de l'aubage.

4. Aube de redresseur selon la revendication 1, dans laquelle la bande de renfort est positionnée au niveau du bord d'attaque de l'aubage et recouvre au moins en partie les deux faces latérales de l'aubage.

5. Aube de redresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la bande de renfort est positionnée sur l'aubage et sur au moins un congé de raccordement entre l'aubage et la plateforme.

6. Aube de redresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant en outre une couche de matériau viscoélastique qui est interposée entre l'aubage et la bande de renfort ou qui est positionnée au sein de la bande de renfort.

7. Aube de redresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle les mats constitutifs des renforts fibreux de l'aubage et de la plateforme sont réalisés à partir de bandelettes en fibres de carbone.

8. Turbomachine comprenant au moins une aube de redresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

9. Procédé de fabrication d'une aube de redresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant successivement :

le positionnement de la bande de renfort et de fibres longues pré-imprégnées et agglomérées en mats dans des cavités d'un outillage de compression pour la réalisation des renforts fibreux constitutifs de l'aubage et de la plateforme ;

la fermeture de l'outillage de compression ;

la compression des mats et de la bande de renfort en régulant la température et la pression de fermeture de l'outillage de compression pour obtenir une transformation du composite utilisé ;

l'ouverture de l'outillage de compression ; et

le démoulage de l'aube de redresseur obtenue.

10. Procédé de fabrication d'une aube de redresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant successivement :

le positionnement de la bande de renfort et de fibres longues pré-imprégnées et agglomérées en mats dans des cavités d'un outillage de compression pour la réalisation du renfort fibreux constitutif de l'aubage ;

la fermeture de l'outillage de compression ;

la compression des mats et de la bande de renfort en régulant la température et la pression de fermeture de l'outillage de compression pour obtenir une transformation du composite utilisé ;

l'ouverture de l'outillage de compression ;
le démoulage de l'aubage obtenu ; et
le surmoulage d'une plateforme préalablement réalisée sur l'aubage par un procédé d'injection de résine sous pression.

11. Procédé de fabrication d'une aube de redresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant successivement :

le positionnement de la bande de renfort et de fibres longues pré-imprégnées et agglomérées en mats dans des cavités d'un outillage de compression pour la réalisation du renfort fibreux constitutif de l'aubage ;

la fermeture de l'outillage de compression ;

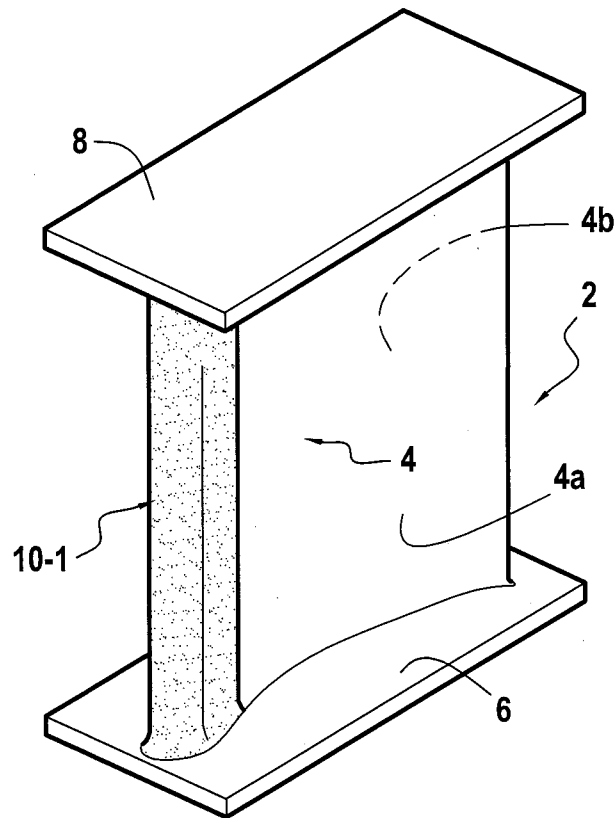
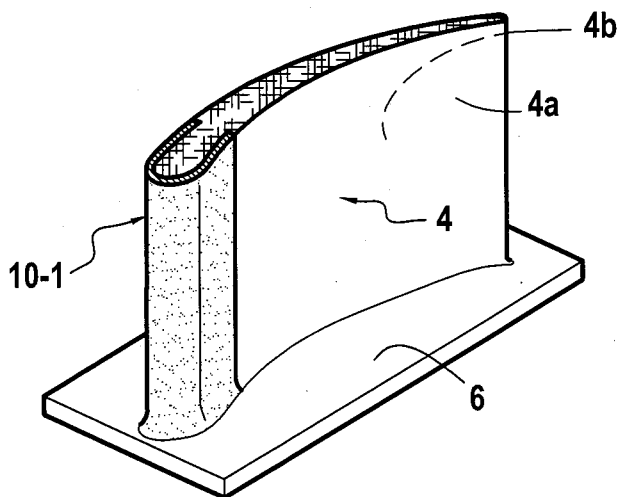
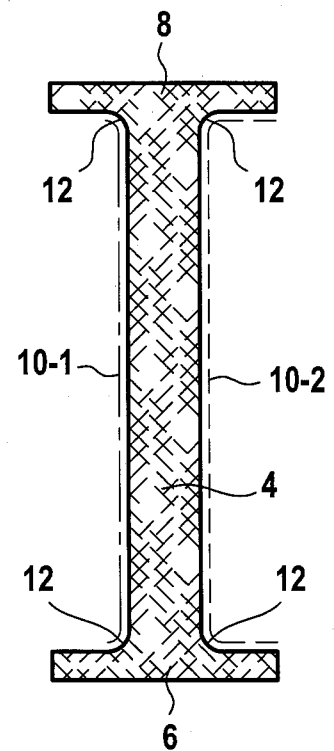
la compression des mats et de la bande de renfort en régulant la température et la pression de fermeture de l'outillage de compression pour obtenir une transformation du composite utilisé ;

l'ouverture de l'outillage de compression ;

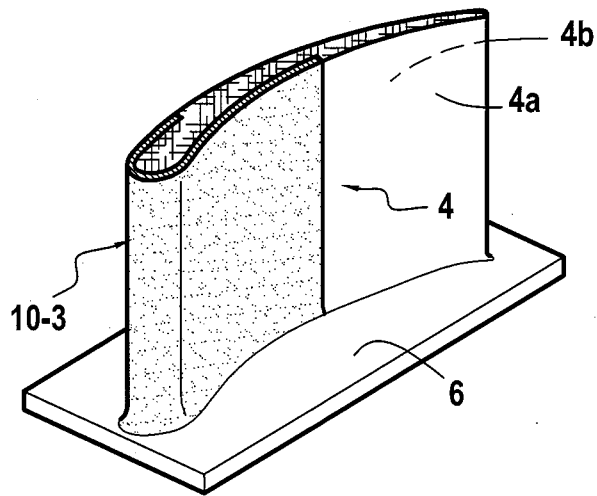
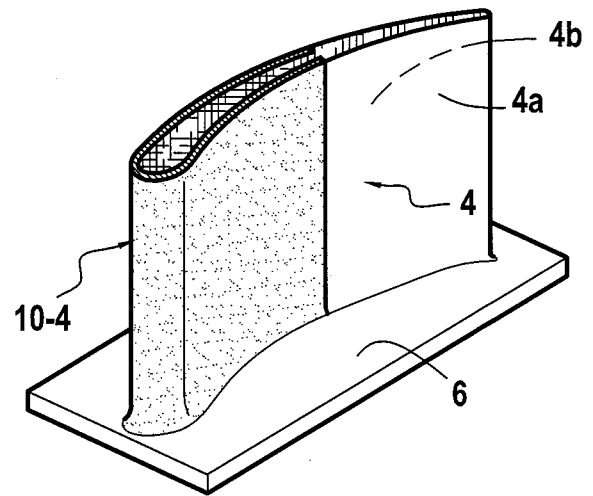
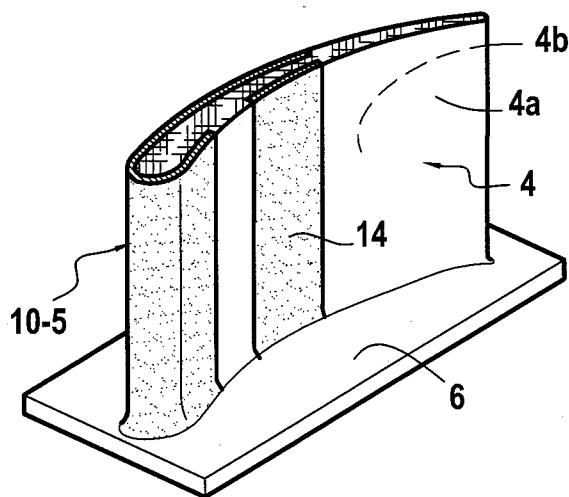
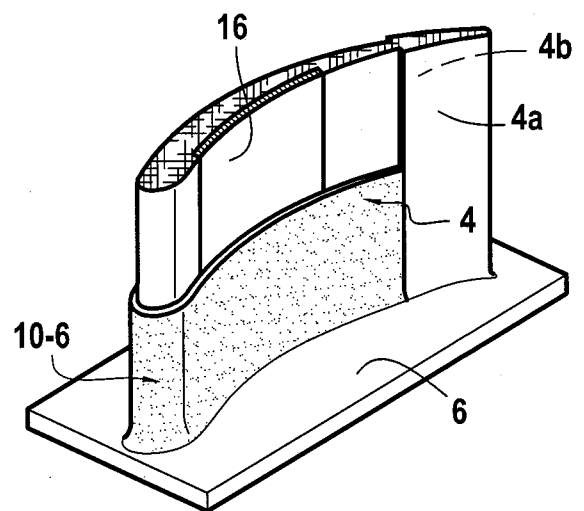
le démoulage de l'aubage obtenu ; et

le collage sur l'aubage d'une plateforme préalablement réalisée.

1/2

**FIG.1****FIG.2A****FIG.2B**

2/2

**FIG. 3****FIG. 4****FIG. 5****FIG. 6**

