

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/089345 A1

(43) Date de la publication internationale
07 mai 2020 (07.05.2020)

(51) Classification internationale des brevets :

B29C 70/88 (2006.01) *D03D 25/00* (2006.01)
B29D 99/00 (2010.01) *F01D 5/28* (2006.01)
B29C 70/24 (2006.01) *B29L 31/08* (2006.01)
B64C 11/20 (2006.01)

ZADOUX, Frédéric, Jean-Bernard ; C/o SAFRAN CEPI
Rond-Point René Ravaud - Réau, 77550 MOISSY-CRA-
MAYEL (FR).

(74) Mandataire : **REGIMBEAU** ; 20, rue de Chazelles, 75847
PARIS CEDEX 17 (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2019/079748

(22) Date de dépôt international :

30 octobre 2019 (30.10.2019)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1860029 30 octobre 2018 (30.10.2018) FR

(71) Déposant : **SAFRAN AIRCRAFT ENGINES** [FR/FR] ;
2 boulevard du Général Martial Valin, 75015 PARIS (FR).

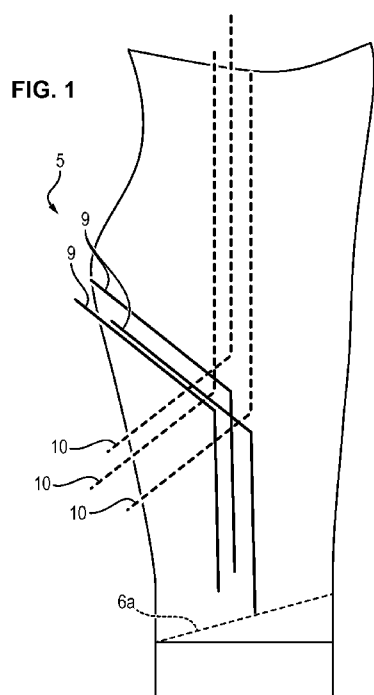
(72) Inventeurs : **DE GAILLARD, Thomas Alain** ; C/o SA-
FRAN CEPI Rond-Point René Ravaud - Réau, 77550
MOISSY-CRAMAYEL (FR). **NOTARIANNI, Gilles,**
Pierre-Marie ; C/o SAFRAN CEPI Rond-Point René Ra-
vaud - Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **POU-**

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, LV, MC, MK,

(54) Title: HYBRIDIZATION OF THE FIBRES OF THE FIBROUS REINFORCEMENT OF A BLADE

(54) Titre : HYBRIDATION DES FIBRES DU RENFORT FIBREUX D'UNE AUBE



(57) Abstract: The invention relates to a blade (3) of a fan (1) of a turbomachine having a structure made of a composite material comprising a fibrous reinforcement (5) obtained by three-dimensional weaving and a matrix in which the fibrous reinforcement (5) is embedded, the fibrous reinforcement (5) comprising first strands (9) having a predetermined elongation at break, a portion of the fibrous reinforcement (5) further comprising second strands (10) having an elongation at break higher than that of the first strands (9).

(57) Abrégé : L'invention concerne une aube (3) de soufflante (1) d'une turbomachine comprenant une structure en matériau composite comprenant un renfort fibreux (5) obtenu par tissage tridimensionnel et une matric dans laquelle est noyé le renfort fibreux (5), le renfort fibreux (5) comprenant des premiers torons (9) présentant un allongement à la rupture prédéfini, une partie du renfort fibreux (5) comprenant en outre des deuxièmes torons (10) présentant un allongement à la rupture supérieur à celui des premiers torons (9).

WO 2020/089345 A1

MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Hybridation des fibres du renfort fibreux d'une aube

DOMAINE DE L'INVENTION

5 L'invention concerne de manière générale le domaine des turbomachines, et plus particulièrement celui des aubes de soufflantes de ces turbomachines et leur procédé de fabrication.

L'invention s'applique plus particulièrement aux aubes de soufflante en matériau composite et leur interaction avec l'entrée de la veine primaire.

10

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

Les aubes de turbomachine, et notamment les aubes de soufflante, subissent d'importantes contraintes mécaniques et thermiques et doivent satisfaire à des conditions strictes de poids et d'encombrement. Il a donc été
15 proposé d'utiliser des aubes dans un matériau composite comportant un renfort fibreux densifié par une matrice polymère, qui sont plus légères par rapport à des aubes métalliques à caractéristiques propulsives équivalentes et qui ont une tenue à la chaleur satisfaisante.

Lors de la certification et de la vie d'un moteur, les aubes de soufflante
20 sont soumises à des ingestions d'oiseaux et de grêlons. Toutefois, selon le type de l'objet impactant l'aube (et notamment sa taille, sa masse) et selon le type de soufflante (vitesse de rotation et nombre d'aubes), les zones privilégiées d'initiation et de propagation des endommagements sont différentes. Le comportement mécanique des aubes de soufflante est donc
25 optimisé pendant la phase de conception des aubes pour respecter les règles de certification.

Par ailleurs, les conceptions actuelles tendent à réduire l'épaisseur de la structure en matériau composite des aubes dans les zones du bord d'attaque, du bord de fuite voire sur l'ensemble de la structure afin d'améliorer
30 les performances aérodynamiques. A iso-matériau et iso-loi d'empilage, la capacité de l'aube à résister à un impact se trouve par conséquent réduite.

RESUME DE L'INVENTION

Un objectif de l'invention est donc de remédier aux inconvénients précités, en proposant une aube de soufflante pour une turbomachine dont le comportement à l'ingestion est amélioré.

5

Pour cela, l'invention propose une aube de soufflante d'une turbomachine comprenant une structure en matériau composite comprenant un renfort fibreux obtenu par tissage tridimensionnel et une matrice dans laquelle est noyé le renfort fibreux, le renfort fibreux comprenant des premiers
10 torons présentant un allongement à la rupture prédéfini.

Par ailleurs, une partie du renfort fibreux comprend en outre des deuxièmes torons présentant un allongement à la rupture supérieur à celui des premiers torons.

15

Certaines caractéristiques préférées mais non limitatives de l'aube décrite ci-dessus sont les suivantes, prises individuellement ou en combinaison :

– l'aube comprend en outre un pied et un sommet, le renfort fibreux comprenant une première portion comprenant le pied et une deuxième
20 portion comprenant le sommet, la première portion étant dépourvue de deuxième torons tandis que la deuxième portion comprend les deuxièmes torons.

– la deuxième portion comprend des torons de chaîne et des torons de trame, les torons de chaîne et/ou les torons de trame de ladite deuxième
25 portion étant dépourvus de premiers torons.

– la première portion s'étend sur une distance égale à au moins 30 % d'une hauteur de l'aube, par exemple sur une distance comprise entre 30 % et 65 % de la hauteur de l'aube.

– le renfort fibreux comprend une troisième portion s'étendant entre la
30 première portion et la deuxième portion, une densité des deuxièmes torons augmentant progressivement dans la troisième portion de la première portion vers la deuxième portion.

- la troisième portion s'étend sur une distance comprise entre 5 % et 30 % d'une hauteur de l'aube.
- la troisième portion s'étend sur une distance comprise entre 1 cm et 10 cm.
- 5 – le renfort fibreux est obtenu par tissage tridimensionnel de torons de chaîne et de torons de trame, lesdits torons de chaîne définissant une pluralité de plans de chaîne, chaque plan de chaîne du renfort fibreux étant séparé d'un plan de chaîne immédiatement adjacent par une ligne de torons de trame, au plus 30 % des torons de chaîne et/ou de trame de la troisième
10 portion étant modifiés entre deux plans de chaîne immédiatement adjacents.
 - entre 5 % et 15 % de torons de chaîne et/ou de trame de la troisième portion sont modifiés entre deux plans de chaîne immédiatement adjacents.
 - les premiers torons présentent un module d'Young supérieure au module d'Young des deuxièmes torons.
- 15 – l'allongement à la rupture des deuxièmes torons est compris entre 1.5 et 3 fois l'allongement à la rupture des premiers torons.
 - les premiers torons comprennent des fibres de carbone ou d'aramide dont le module d'Young est supérieur à 250 GPa et l'allongement à la rupture est compris entre 1.5 % et 2.5 %.
- 20 – l'allongement à la rupture des deuxièmes torons est compris entre 3 % et 6 %, de préférence entre 4 % et 5 %.
 - les deuxièmes torons comprennent des fibres de verre ou des fibres d'aramide ou des fibres de basalte.
 - les deuxièmes torons comprennent des fils de chaîne et/ou des fils de
25 trame.

Selon un deuxième aspect, l'invention propose également une soufflante pour une turbomachine comprenant une pluralité d'aubes comme décrites ci-dessus.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui va suivre, et au regard des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

La figure 1 est une vue schématique représentant un exemple de renfort fibreux pour une aube de soufflante conforme à un mode de réalisation, sur laquelle l'introduction de deuxièmes torons et la sortie de premiers torons dans la portion intermédiaire ont été schématisés.

La figure 2 est une vue schématique représentant un exemple de renfort fibreux pour une aube de soufflante sur laquelle des torons de trame et quatre plans de chaîne du renfort fibreux de l'aube ont été schématisés.

Les figures 2a à 2d illustrent schématiquement les quatre plans de chaîne représentés sur la figure 2.

La figure 2e illustre schématiquement un plan de trame partiel du renfort fibreux de la figure 2.

La figure 3 est une vue en perspective d'un exemple de réalisation d'une soufflante comprenant des aubes conforme à l'invention.

20

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION

Dans la présente demande, l'amont et l'aval sont définis par rapport au sens d'écoulement normal du gaz dans la soufflante 1 à travers la turbomachine. Par ailleurs, on appelle axe de révolution de la soufflante 1, l'axe X de symétrie radiale de la soufflante 1. La direction axiale correspond à la direction de l'axe X de la soufflante 1, et une direction radiale est une direction perpendiculaire à cet axe et passant par lui. Enfin, on utilisera interne et externe, respectivement, en référence à une direction radiale de sorte que la partie ou la face interne d'un élément est plus proche de l'axe X que la partie ou la face externe du même élément.

30

Une soufflante 1 de turbomachine comprend un disque 2 de soufflante portant une pluralité d'aubes 3 de soufflante 1, associées à des plateformes inter-aubes.

5 Chaque aube 3 comprend une structure en matériau composite comportant un renfort fibreux 5 obtenu par tissage tridimensionnel et une matrice dans laquelle est noyé le renfort fibreux 5.

Cette structure en matériau composite comprend un pied 6, une pale 7 à profil aérodynamique présentant un bord d'attaque 4 et un sommet 8, et une échasse s'étendant entre le pied et la pale. Le bord d'attaque 4
10 correspond au bord de la pale 7 qui est configuré pour s'étendre en regard de l'écoulement des gaz entrant dans la soufflante 1.

Enfin, la structure est formée d'une pluralité de sections d'aube empilées depuis le pied 6 selon un axe d'empilement Z s'étendant radialement par rapport à l'axe de révolution X de la soufflante 1.

15

Le pied 6 de chaque aube 3 est engagé dans une rainure axiale formée dans le disque 2 de soufflante. La pale 7 à profil aérodynamique quant à elle est propre à être placée dans un flux d'air, lorsque le moteur est en fonctionnement de sorte à diviser l'écoulement d'air en un écoulement
20 d'intrados et en un écoulement extrados afin de générer une portance. L'aube 3 présente une hauteur h correspondant à une dimension suivant l'axe d'empilement Z des sections d'aube entre le pied 6 et le sommet 8. La hauteur h peut par exemple être mesurée à l'intersection entre le bord d'attaque 4 et la limite inférieure de la pale 7 (qui correspond à son interface avec l'échasse,
25 juste au-dessus du pied pour ce qui concerne la zone du bord d'attaque 4). En particulier, un pourcentage de hauteur est considéré avec la hauteur totale de l'aube mesurée depuis l'extrémité intérieure du bord d'attaque 4, à savoir au raccordement du bord d'attaque 4 avec la plateforme agencée côté intérieur de la veine aérodynamique, jusqu'à l'extrémité du bord d'attaque 4
30 en tête d'aube. A la figure 2 qui représente la préforme, l'emplacement de plateforme est symbolisé par un trait en pointillés et repéré par une référence 6a.

Le renfort fibreux 5 peut être formé à partir d'une préforme fibreuse en une seule pièce obtenue par tissage tridimensionnel ou multicouche avec épaisseur évolutive. Il comprend des fibres qui peuvent notamment être en

5 carbone, en verre, en basalte, en aramide. La matrice quant à elle est typiquement une matrice polymère, par exemple époxyde, bismaléimide ou polyimide. L'aube 3 est alors formée par moulage au moyen d'un procédé d'injection sous vide de résine du type RTM (pour « Resin Transfer Moulding»), ou encore VARRTM (pour Vacuum Resin Transfer Molding).

10 Le renfort fibreux 5 comprend des premiers torons 9 présentant un allongement à la rupture prédéfini et des deuxièmes torons 10 présentant un allongement à la rupture supérieur à celui des premiers torons 9. Le renfort fibreux 5 est donc obtenu par hybridation des torons le constituant afin d'utiliser au mieux les propriétés mécaniques de chaque toron en fonction

15 des zones de l'aube 3 et du type de sollicitation.

Les premiers torons 9 ont de préférence un module d'Young élevé, par exemple supérieur à 250 GPa, et ont pour fonction de permettre de respecter les critères de conception de l'aube 3, et notamment le statut fréquentiel de l'aube 3. Ces premiers torons 9 sont donc utilisés dans le tissage du renfort

20 fibreux 5 pour former la portion du renfort 5 (ou portion interne 11) qui comprend le pied 6 de l'aube 3 et une partie inférieure de la pale 7, correspondant au moins aux parties basses et épaisses de l'aube 3, pour que les fréquences propres de l'aube 3 soient élevées. Cela permet ainsi de limiter ou du moins d'éloigner les croisements fréquentiels entre les premiers

25 modes propres de l'aube 3, énergétiques, et les harmoniques moteur. Les parties basses et épaisses comprennent ici le pied 6 de l'aube 3 et la partie inférieure de la pale 7. Dans une forme de réalisation, seuls les premiers torons 9 sont utilisés comme fils de chaîne et de trame dans le tissage de la portion interne 11.

30 Les deuxièmes torons 10 quant à eux, dont la résistance à la rupture est plus grande que celle des premiers torons 9, ont pour fonction de limiter l'initiation et la propagation des endommagements de l'aube 3 lors d'ingestion

d'objets, et notamment d'oiseaux. Ces deuxièmes torons 10 sont donc utilisés dans le tissage du renfort fibreux 5 pour former la portion du renfort 5 (ou portion externe 12) qui comprend le sommet 8. De préférence, l'allongement à la rupture des deuxièmes torons 10 est compris entre 1.5 et 3 fois l'allongement à la rupture des premiers torons 9. Dans une forme de réalisation, seuls les deuxièmes torons 10 sont utilisés comme fils de chaîne et de trame dans le tissage de la portion externe 12.

Le renfort 5 comprend en outre une portion intermédiaire 13 s'étendant entre la portion interne 11 et la portion externe 12 qui est formée à la fois par les premiers torons 9 et les deuxièmes torons 10. Dans une forme de réalisation, seuls les premiers et deuxièmes torons 9, 10 sont utilisés comme fils de chaîne et de trame dans le tissage de la portion intermédiaire 13.

Cette portion intermédiaire 13 est configurée pour servir d'interface entre la première portion 11 et la deuxième portion 12 afin de limiter les fragilités dues à des discontinuités de matériaux. Lorsque le renfort fibreux 5 comprennent uniquement des premiers torons 9 dans la première portion 11 de l'aube 3 et uniquement des deuxièmes torons 10 dans la deuxième portion 12 de l'aube 3, et que la première portion 11 et la deuxième portion 12 sont bout à bout dans le renfort 5, l'aube 3 ainsi obtenue permet effectivement d'éviter les endommagements de l'aube 3 dans les zones comprenant les deuxièmes torons 10. Toutefois, le Demandeur s'est aperçu du fait qu'en l'absence de portion intermédiaire 13, c'est-à-dire en introduisant de manière abrupte des deuxièmes torons 10 et en supprimant simultanément les premiers torons 9 à l'interface entre la première portion 11 et la deuxième portion 12 du renfort fibreux 5, l'aube 3 obtenue risquait d'être fortement endommagée au niveau de cette interface en cas d'impact, car l'interface entre les deux portions 11, 12 du renfort 5 est fragilisée par la discontinuité forte des propriétés matériaux.

La portion intermédiaire 13 permet ainsi de faire une transition entre les propriétés matériaux de la portion interne 11 et les propriétés matériaux de la portion externe 12. Pour cela, la densité des deuxièmes torons 10 est progressivement augmentée au sein de la portion intermédiaire 13 de la

portion interne 11 vers la portion externe 12. Plus précisément, à l'interface 14 entre la portion interne 11 et la portion intermédiaire 13, la densité des deuxièmes torons 10 est très faible tandis que la densité des premiers torons 9 est très forte. En revanche, à l'interface 15 entre la portion intermédiaire 13 et la portion externe 12, la densité des deuxièmes torons 10 est très forte tandis que la densité des premiers torons 9 est très faible.

Les figures 1 et 2 représentent schématiquement une aube 3 dont le renfort fibreux 5 a été mis en forme à partir d'une préforme fibreuse tissée tridimensionnelle, avant injection de résine ou densification par une matrice et usinage éventuel, afin d'obtenir une aube 3 de soufflante 1 en matériau composite conforme à l'invention. Par tissage tridimensionnel, on comprendra que les fils de chaîne suivent des trajets sinueux afin de lier entre eux des fils de trame appartenant à des couches de fils de trame différentes exception faite de déliaisons, étant noté qu'un tissage tridimensionnel, notamment à armure interlock, peut inclure des tissages 2D en surface. Différentes armures de tissage tridimensionnel peuvent être utilisées, telles que des armures interlock, multi-satin ou multi-voile, par exemple, comme décrit notamment dans le document WO 2006/136755.

Afin de réaliser la portion interne 11, la portion intermédiaire 13 et la portion externe 12 en une seule pièce, les premiers torons 9 peuvent être sortis successivement du tissage de la préforme, au niveau des différents plans de chaîne de la portion intermédiaire 13, et coupés au niveau de la surface de la préforme avant injection, tandis que les deuxièmes torons 10 sont introduits progressivement dans ces plans de chaîne (voir figure 1).

Quatre exemples de plans de chaîne C1, C2, C3, C4 ont été représentés sur la figure 2. Un plan de chaîne C1-C4 est une vue en coupe de la préforme fibreuse suivant un plan normal à l'axe d'empilement Z. Dans le renfort fibreux 5, chaque plan de chaîne C1 à C4 est séparé du plan de chaîne immédiatement adjacent par une ligne de torons de trame. Sur la figure 2, les plans de chaîne C1 à C4 qui ont été représentés sont espacés deux à deux par trois lignes de torons de trame (L3 à L11).

Par ailleurs, les figure 2a à 2d illustrent chacune l'un de ces quatre plans de chaîne C1-C4, dans lesquels seuls les torons de chaîne (c'est-à-dire dans la direction d'empilement des sections) ont été représentés, les torons de trame ayant été omis afin de simplifier la lecture des figures. Ces figures illustrent de manière schématique un premier exemple d'hybridation des torons, dans lequel les deuxièmes torons 10 sont insérés en chaîne.

Comme on peut le voir sur la figure 2a, le premier plan de chaîne C1, qui fait partie de la portion interne 11 du renfort fibreux 5, ne comprend que des premiers torons 9. Ce premier plan de chaîne C1 se situe à l'interface 14 avec la portion intermédiaire 13 du renfort 5.

Le deuxième plan de chaîne C2 (figure 2b) fait partie de la portion intermédiaire 13 du renfort fibreux 5, à proximité de son interface 14 avec la portion interne 11. Ce deuxième plan de chaîne C2 comprend deux fois plus de premiers torons 9 que de deuxièmes torons 10.

Le troisième plan de chaîne C3 (figure 2c) fait partie de la portion intermédiaire 13 du renfort fibreux 5, à proximité de son interface 15 avec la portion externe 12. Ce troisième plan de chaîne C3 comprend deux fois plus de deuxièmes torons 10 que de premiers torons 9.

Le quatrième plan de chaîne C4 (figure 2d) fait partie de la portion externe 12 du renfort fibreux 5, à l'interface 15 avec la portion intermédiaire 13, et ne comprend que des deuxièmes torons 10.

Un deuxième exemple d'hybridation des torons, dans lequel les deuxièmes torons 10 sont insérés en trame, a été illustré en figure 2e. Un plan de trame est une vue en coupe de la préforme fibreuse suivant un plan comprenant l'axe d'empilement Z et sensiblement aligné avec l'axe X de rotation de la soufflante 1. Le plan de trame est ici compris dans la feuille. Un plan de trame est formé d'une pluralité de lignes de torons de trame L1-L12, chaque ligne de torons de trame étant séparée de la ligne de torons de trame immédiatement adjacente par un plan de chaîne (les plans C1 à C4 étant illustrés ici). On notera que, de manière analogue aux figures 2a à 2d, seuls les torons de trame (c'est-à-dire dans la direction sensiblement axiale) ont

été représentés sur la figure 2e, les torons de chaîne ayant été omis afin de simplifier la lecture de la figure.

Comme on peut le voir sur cette figure 2e, les deux premières lignes de torons de trame L1 et L2, qui font partie de la portion interne 11 du renfort fibreux 5, ne comprennent que des premiers torons 9. Ces deux premières lignes de torons de trame L1, L2 se situent à l'interface 14 avec la portion intermédiaire 13 du renfort 5.

La troisième ligne de torons de trame L3 fait partie de la portion intermédiaire 13 du renfort fibreux 5, à proximité de son interface 14 avec la portion interne 11. Cette troisième ligne de torons de trame L3 comprend un seul deuxième toron. Les lignes de torons de trame suivantes L4-L10 comprennent chacune un deuxième toron en plus que la ligne de torons de trame qui la précède immédiatement, jusqu'à la onzième ligne de torons de trame L11 et les suivantes qui ne comprennent que des deuxièmes torons 10 et forment donc partie de la portion externe 12 du renfort 5.

De manière générale, afin d'assurer la transition des propriétés mécaniques entre la portion interne 11 et la portion externe 12 du renfort 5, au plus 30 % des torons de chaîne et/ou de trame sont de préférence modifiés entre deux plans de chaîne immédiatement adjacents (c'est-à-dire séparés par uniquement une ligne de trame T). Ainsi, entre deux plans de chaîne successifs, au plus 30 % des premiers torons 9 sont sortis de la préforme fibreuse formant le renfort fibreux 5 et découpés en surface, et autant de deuxièmes torons 10 sont introduits dans la préforme fibreuse depuis la surface afin de remplacer les premiers torons 9 sortis, qu'il s'agisse de torons de chaîne ou de torons de trame. De préférence, entre 5 % et 15 % des torons sont modifiés entre deux plans immédiatement adjacents. On notera que, dans une variante de réalisation, à la fois des torons de chaîne et des torons de trame peuvent être remplacés entre deux plans de chaîne successifs de la portion intermédiaire 13. Cela revient donc à combiner le premier et le deuxième exemple de réalisation décrits ci-dessus.

La hauteur h_3 (distance suivant l'axe d'empilement Z entre les interfaces 14 et 15) de la portion intermédiaire 13 est déterminée en fonction du dimensionnement de l'aube 3, et plus particulièrement de la combinaison stratégie fréquentielle/dimensionnement en ingestion choisie.

5 De manière générale, la portion interne 11 s'étend depuis le pied de l'aube 3 sur une distance au moins égale à 30 % de la hauteur h de l'aube 3 afin que la zone épaisse de l'aube 3 soit suffisamment raide (grâce au haut module d'Young et au faible allongement à la rupture des premiers torons 9) pour garantir le respect des critères de conception de l'aube 3 et notamment
10 le statut fréquentiel.

Si la raideur de l'aube 3 le permet, l'interface 14 entre la portion interne 11 et la portion intermédiaire 13 peut être positionnée à une distance h_1 (suivant l'axe d'empilement Z, mesurée depuis la limite inférieure de la pale 7) comprise entre 30 % et 65 % de la hauteur h de l'aube 3. L'introduction
15 des deuxièmes torons 10 permet alors d'améliorer le comportement de l'aube 3 contre des impacts d'oiseaux lourds (les zones d'impact et de concentration des endommagements liés à l'ingestion de ces oiseaux étant situées à une distance du pied de l'aube 3 comprise entre 30 % et 70 % de la hauteur h de l'aube 3) mais également contre des impacts d'oiseaux de taille moyenne
20 (medium birds en anglais), dont les endommagements les plus critiques se trouvent dans la zone de l'aube 3 s'étendant sur une distance comprise entre 70 % et 100% de la hauteur h de l'aube 3.

En revanche, lorsque l'aspect fréquentiel ou vibratoire exige de conserver une certaine raideur dans l'aube 3, la distance h_1 entre le pied de
25 l'aube et l'interface 14 à partir de laquelle des deuxièmes torons 10 sont introduits dans le renfort fibreux 5 peut être supérieure à 65 % de la hauteur h de l'aube 3. L'introduction des deuxièmes torons 10 dans la portion supérieure de l'aube 3, à compter d'une distance h_1 supérieure à 65 % de la hauteur h de l'aube 3, réduit la raideur de l'aube 3. Toutefois, cette chute de
30 raideur n'a qu'un faible impact sur les fréquences propres de l'aube 3 et les dévibrillages en sommet 8 d'aube 3. Par ailleurs, elle améliore la tenue contre

des impacts d'oiseaux de taille moyenne et légers grâce à leur allongement à la rupture.

Il en découle que le dimensionnement de l'aube 3 permet de déterminer la position de l'interface 14 entre la portion interne 11 et la portion
5 intermédiaire 13, et plus précisément la distance h1 à partir de laquelle des deuxièmes torons 10 peuvent être introduits dans le renfort fibreux, et donc, afin d'allier raideur nécessaire pour le statut fréquentiel (premiers torons 9) et allongement à rupture (deuxièmes torons 10) pour la tenue à l'ingestion.

La hauteur h3 de la portion intermédiaire 13 est comprise entre 5 % et
10 30 % de la hauteur h de l'aube 3. Ainsi, la hauteur h3 de la portion intermédiaire 13 peut être comprise entre un centimètre et dix centimètres. La hauteur h3 de la portion intermédiaire 13 peut être déterminé en fonction de l'espacement entre les plans de chaînes et le pourcentage de modification de torons entre deux plans de chaînes successifs. Par exemple, pour un
15 espacement E entre deux plans de chaînes égal à trois millimètres et un pourcentage P de modifications de torons entre deux plans de chaîne égal à 10%, la hauteur h3 peut être définie comme suit :

$$h3 = E / P = 30\text{mm}$$

20 Dans une forme de réalisation, les premiers torons 9 présentent un module d'Young E élevé, c'est-à-dire supérieur à 250 GPa, de préférence supérieur à 270 GPa. Leur allongement à la rupture A est par ailleurs compris entre 1.5 % et 2.5 %.

Par exemple, les premiers torons 9 peuvent comprendre des fibres de
25 carbone, typiquement des fibres de carbone HS* T300 (E = 284 GPa, A = 1.5 %), HS TR30S (E = 356 GPa, A = 1.9 %) ou HS T700 (E = 395 GPa, A = 2.1 %) ou encore des fibres d'aramide à haut module du type Dupont Kevlar 49 (E = 302, A = 2.4 %).

Les deuxièmes torons 10 peuvent alors présenter un allongement à la
30 rupture compris entre 3 % et 6 %, de préférence entre 4 % et 5 %. Par exemple, les deuxièmes torons 10 peuvent comprendre des fibres de verre, typiquement des fibres de verre du type E-GLASS (E = 165 GPa, A = 4.4 %)

ou des fibres de verre du type S-2 GLASS ($E = 267$ GPa, $A = 5.2$ %), ou des fibres de basalte ($E = 227$ GPa, $A = 3$ %) ou encore des fibres polyester ($E = 268$, $A = 3.5$ %).

5 De manière générale, les configurations décrites sont valables pour des moteurs dont la soufflante peut avoir un diamètre extérieur de l'ordre de 1,8 mètre à 3 mètres. Le nombre d'aubes de la soufflante peut être égal par à 16 ou 18. Quel que soit le diamètre de la soufflante, le nombre d'aubes de soufflante sera réduit autant que possible. Parmi différents critères, un choix
10 de paramètres (notamment de la distance h_1) dépendra plus particulièrement du comportement de l'aube de soufflante et de la combinaison « fréquentielle/dimensionnement en ingestion ». En effet, pour une même cible moteur, il est possible de choisir des différentes stratégies de comportements fréquents ou réponses fréquentielles en différents cas
15 d'ingestions, par exemple pour repousser les réponses d'aube et d'aubage en évitant des croisements vibratoires avec des harmoniques énergétiques du moteur. Par exemple, il est possible de faire des choix de manière à positionner ces croisements au niveau de régimes moteur transitoires.

20 L'hybridation des torons du renfort fibreux 5 permet en outre d'ouvrir le champ de conception grâce à l'apport supplémentaire en tenue mécanique. Par exemple, il devient possible d'affiner le profil de l'aube 3 au niveau du bord d'attaque 4 ou du bord de fuite ou sur toute sa hauteur h en comparaison avec une aube 3 ne comprenant que des premiers torons 9 (à haut module
25 d'Young), ce qui permet d'optimiser la masse de l'aube 3 et les performances aérodynamiques de la soufflante 1 (en obtenant des profils plus fins ou en réduisant le rapport de moyeu, qui est lié à la baisse de l'effort centrifuge induit par la masse de l'aube 3).

REVENDEICATIONS

1. Aube (3) de soufflante (1) d'une turbomachine comprenant une
5 structure en matériau composite comprenant un renfort fibreux (5) obtenu par
tissage tridimensionnel et une matrice dans laquelle est noyé le renfort fibreux
(5), le renfort fibreux (5) comprenant des premiers torons (9) présentant un
allongement à la rupture prédéfini, ladite aube (3) comprenant en outre un
10 pied (6) et un sommet (8), le renfort fibreux (5) comprenant une première
portion (11) comprenant le pied (6) et une deuxième portion (12) comprenant
le sommet (8),

l'aube (3) étant caractérisée en ce qu'une partie du renfort fibreux (5)
comprend en outre des deuxièmes torons (10) présentant un allongement à
la rupture supérieur à celui des premiers torons (9) et en ce que la première
15 portion (11) est dépourvue de deuxième torons tandis que la deuxième
portion (12) comprend les deuxièmes torons (10).

2. Aube (3) selon la revendication 1, dans laquelle la deuxième portion
(12) comprend des torons de chaîne et des torons de trame, les torons de
20 chaîne et/ou les torons de trame de ladite deuxième portion (12) étant
dépourvus de premiers torons (9).

3. Aube (3) selon l'une des revendications 1 ou 2, dans laquelle la
première portion (11) s'étend sur une distance égale à au moins 30 % d'une
25 hauteur (h) de l'aube (3), par exemple sur une distance comprise entre 30 %
et 65 % de la hauteur (h) de l'aube (3).

4. Aube (3) selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle le
renfort fibreux (5) comprend une troisième portion (13) s'étendant entre la
30 première portion (11) et la deuxième portion (12), une densité des deuxièmes
torons (10) augmentant progressivement dans la troisième portion (13) de la
première portion (11) vers la deuxième portion (12).

5. Aube (3) selon la revendication 4, dans laquelle la troisième portion (13) s'étend sur une distance (h3) comprise entre 5 % et 30 % d'une hauteur (h) de l'aube (3).

5

6. Aube (3) selon l'une des revendications 4 ou 5, dans laquelle la troisième portion (13) s'étend sur une distance (h3) comprise entre 1 cm et 10 cm.

10

7. Aube (3) selon l'une des revendications 4 à 6, dans laquelle le renfort fibreux (5) est obtenu par tissage tridimensionnel de torons de chaîne et de torons de trame, lesdits torons de chaîne définissant une pluralité de plans de chaîne (C1-C4), chaque plan de chaîne (C1-C4) du renfort fibreux (5) étant séparé d'un plan de chaîne (C1-C4) immédiatement adjacent par une ligne de torons de trame (L1-L12), au plus 30 % des torons de chaîne et/ou de trame de la troisième portion étant modifiés entre deux plans de chaîne (C1-C4) immédiatement adjacents.

15

8. Aube (3) selon la revendication 7, dans laquelle entre 5 % et 15 % de torons de chaîne et/ou de trame de la troisième portion sont modifiés entre deux plans de chaîne (C1-C4) immédiatement adjacents.

20

9. Aube (3) selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle les premiers torons (9) présentent un module d'Young supérieure au module d'Young des deuxièmes torons (10).

25

10. Aube (3) selon l'une des revendications 1 à 9, dans laquelle l'allongement à la rupture des deuxièmes torons (10) est compris entre 1.5 et 3 fois l'allongement à la rupture des premiers torons (9).

30

11. Aube (3) selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle les premiers torons (9) comprennent des fibres de carbone ou d'aramide dont le

module d'Young est supérieur à 250 GPa et l'allongement à la rupture est compris entre 1.5 % et 2.5 %.

12. Aube (3) selon l'une des revendications 1 à 11, dans laquelle
5 l'allongement à la rupture des deuxièmes torons (10) est compris entre 3 % et 6 %, de préférence entre 4 % et 5 %.

13. Aube (3) selon la revendication 12, dans laquelle les deuxièmes
10 torons (10) comprennent des fibres de verre ou des fibres d'aramide ou des fibres de basalte.

14. Aube (3) selon l'une des revendications 1 à 13, dans laquelle les
deuxièmes torons (10) comprennent des fils de chaîne et/ou des fils de trame.

15 Soufflante (1) pour une turbomachine comprenant une pluralité
d'aubes (3) conformes à l'une des revendications 1 à 14.

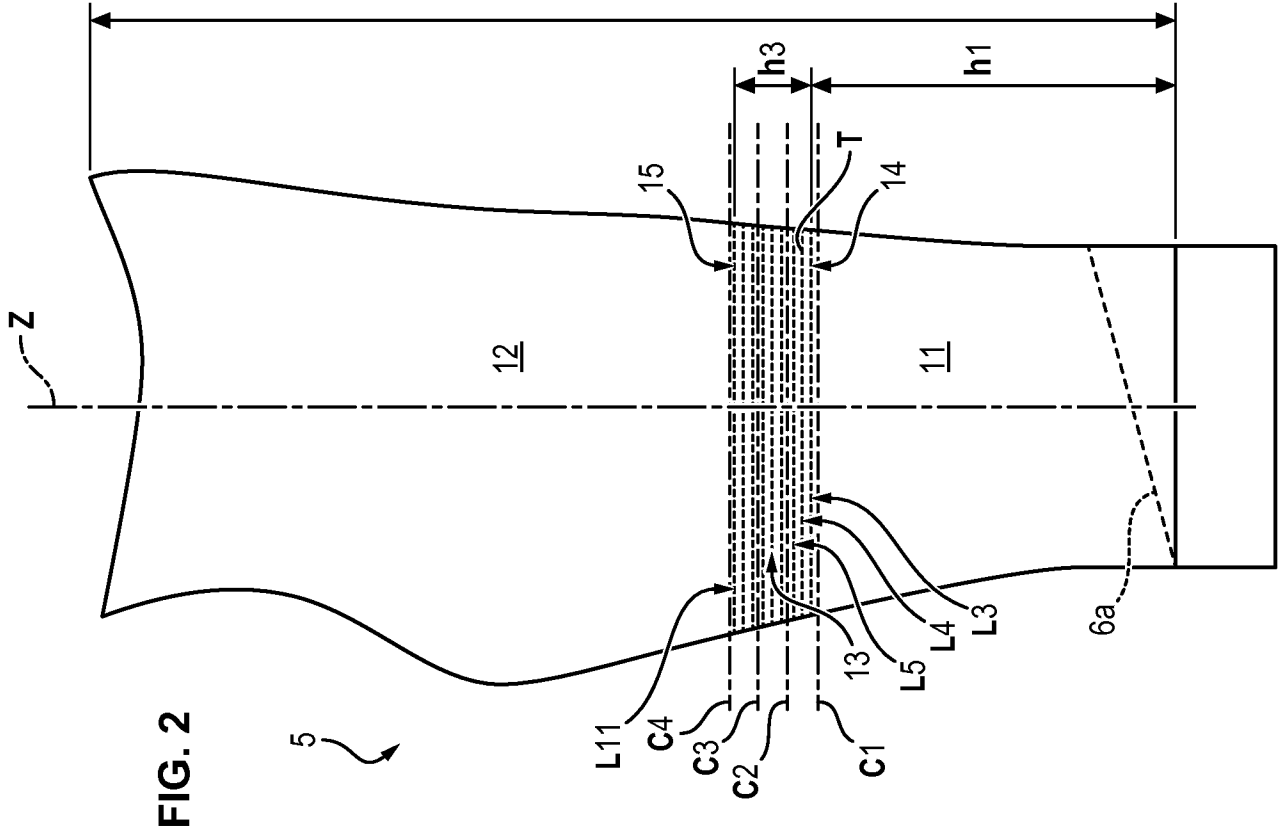


FIG. 2

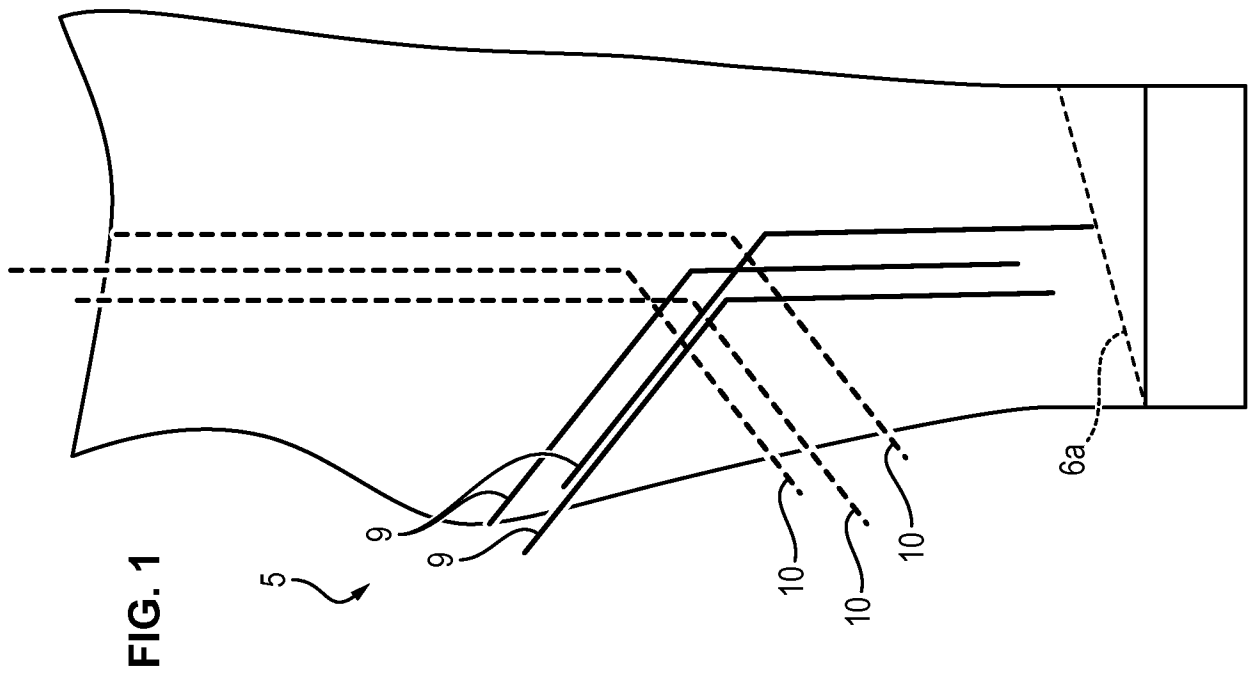
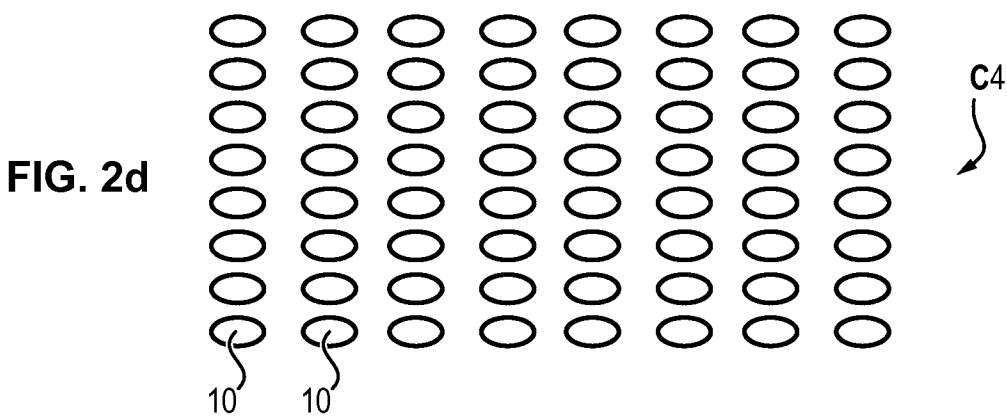
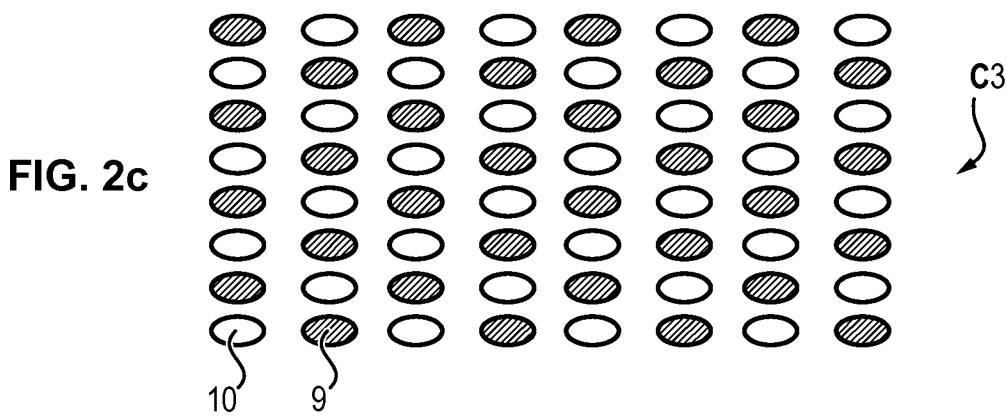
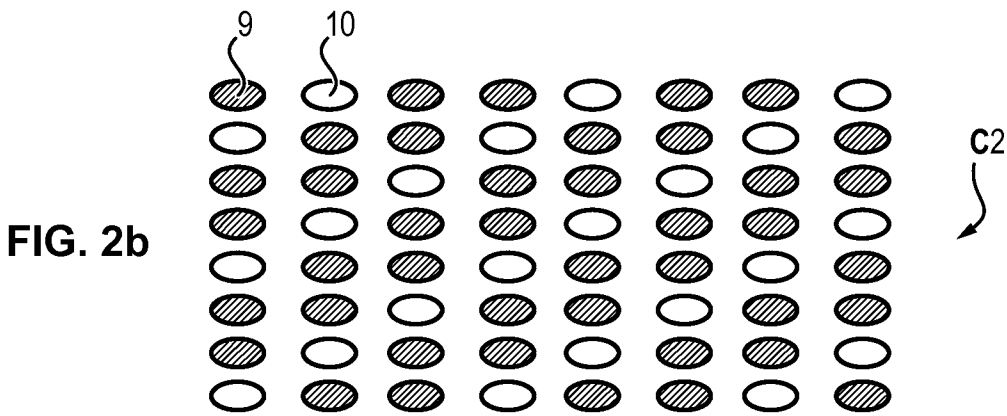
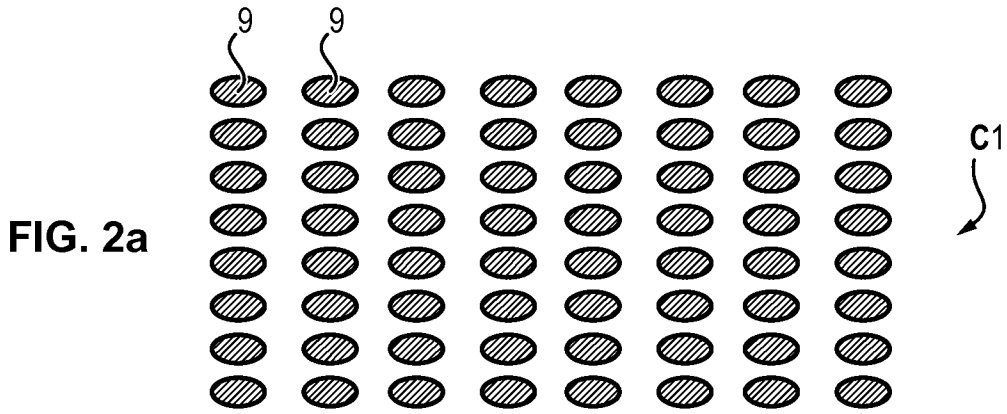
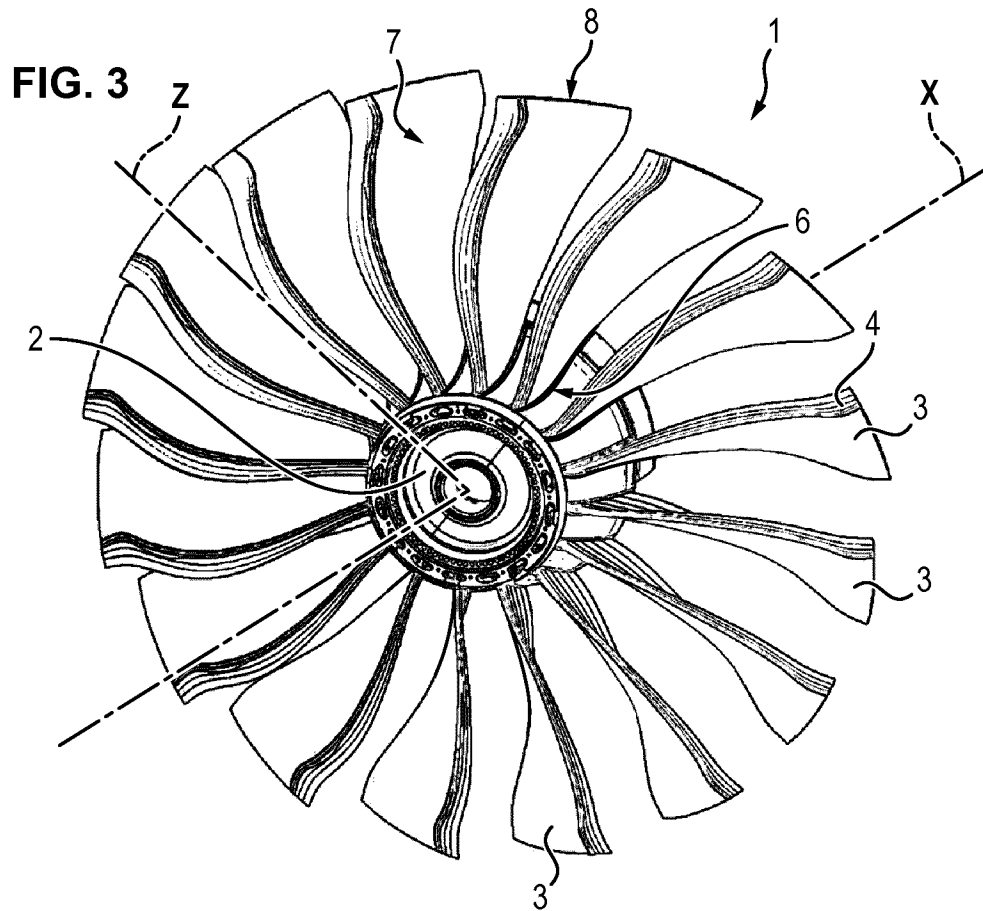
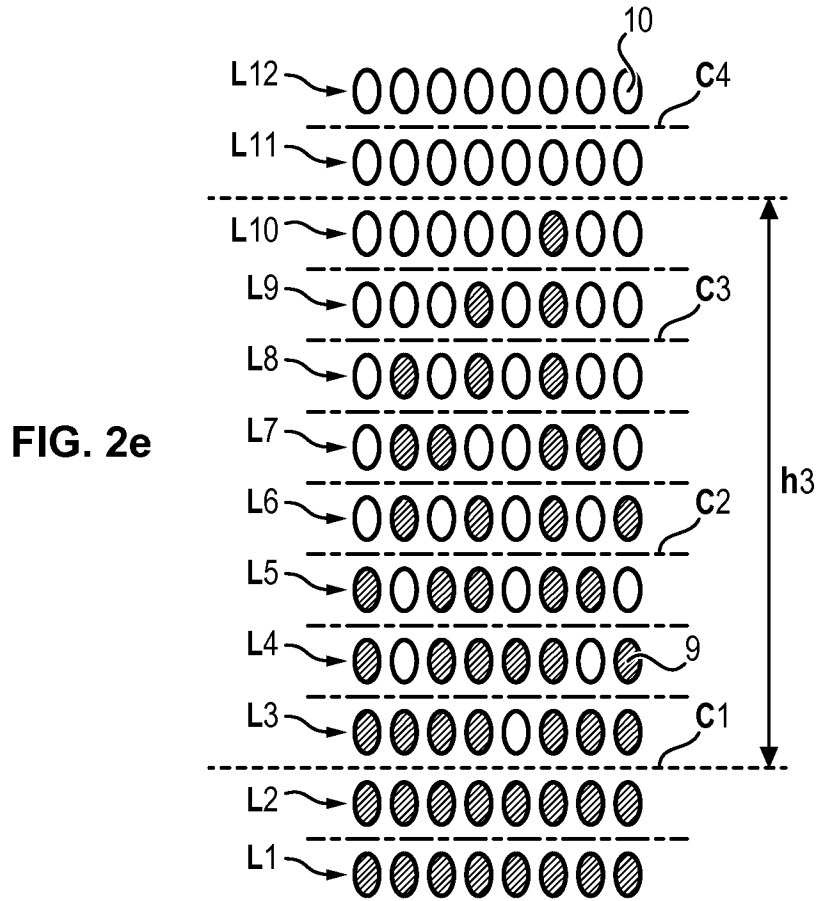


FIG. 1





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/079748

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B29C 70/88</i> (2006.01)i; <i>B29D 99/00</i> (2010.01)i; <i>B29C 70/24</i> (2006.01)i; <i>B64C 11/20</i> (2006.01)i; <i>D03D 25/00</i> (2006.01)i; <i>F01D 5/28</i> (2006.01)i; <i>B29L 31/08</i> (2006.01)n According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B29C; F01D; B64F; B29D; B64C; D03D; B29L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	EP 3292991 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 14 March 2018 (2018-03-14) abstract paragraph [0024] - paragraph [0026] paragraph [0030] paragraph [0040] figures 1,2	1-3,9-15 4-8
A	US 2007189902 A1 (MOHAMED MANSOUR H [US]) 16 August 2007 (2007-08-16) abstract figures 1-5,7 paragraph [0062]	1-15
A	US 9670788 B2 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 06 June 2017 (2017-06-06) abstract figure 4 column 3, line 5 - column 4, line 36	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 08 January 2020		Date of mailing of the international search report 15 January 2020
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Lozza, Monica Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/EP2019/079748

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	3292991	A1	14 March 2018	EP	3292991	A1	14 March 2018
				US	2018045207	A1	15 February 2018
US	2007189902	A1	16 August 2007	US	2005186081	A1	25 August 2005
				US	2007189902	A1	16 August 2007
				WO	2005081995	A2	09 September 2005
US	9670788	B2	06 June 2017	EP	2781694	A2	24 September 2014
				US	2014286765	A1	25 September 2014

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2019/079748

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B29C70/88 B29D99/00 B29C70/24 B64C11/20 D03D25/00 F01D5/28 ADD. B29L31/08		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B29C F01D B64F B29D B64C D03D B29L		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 3 292 991 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 14 mars 2018 (2018-03-14)	1-3,9-15
A	abrégé alinéa [0024] - alinéa [0026] alinéa [0030] alinéa [0040] figures 1,2	4-8
A	----- US 2007/189902 A1 (MOHAMED MANSOUR H [US]) 16 août 2007 (2007-08-16) abrégé figures 1-5,7 alinéa [0062]	1-15
A	----- US 9 670 788 B2 (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 6 juin 2017 (2017-06-06) abrégé figure 4 colonne 3, ligne 5 - colonne 4, ligne 36 -----	1-15
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 8 janvier 2020		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 15/01/2020
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Lozza, Monica

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2019/079748

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3292991	A1	14-03-2018	EP 3292991 A1	14-03-2018
			US 2018045207 A1	15-02-2018

US 2007189902	A1	16-08-2007	US 2005186081 A1	25-08-2005
			US 2007189902 A1	16-08-2007
			WO 2005081995 A2	09-09-2005

US 9670788	B2	06-06-2017	EP 2781694 A2	24-09-2014
			US 2014286765 A1	25-09-2014
