(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
01 octobre 2020 (01.10.2020)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/193899 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F01D 5/18 (2006.01) *B22C 9/04* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2020/050496

(22) Date de dépôt international :
11 mars 2020 (11.03.2020)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1903021 22 mars 2019 (22.03.2019) FR

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

(72) Inventeurs : **SLUSARZ, Michel** ; SAFRAN CEPI, Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **AUZILLON, Pierre, Guillaume** ; SAFRAN CEPI, Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **ENEAU, Patrice** ; SAFRAN CEPI, Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **OSTINO, Léandre** ; SAFRAN CEPI, Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

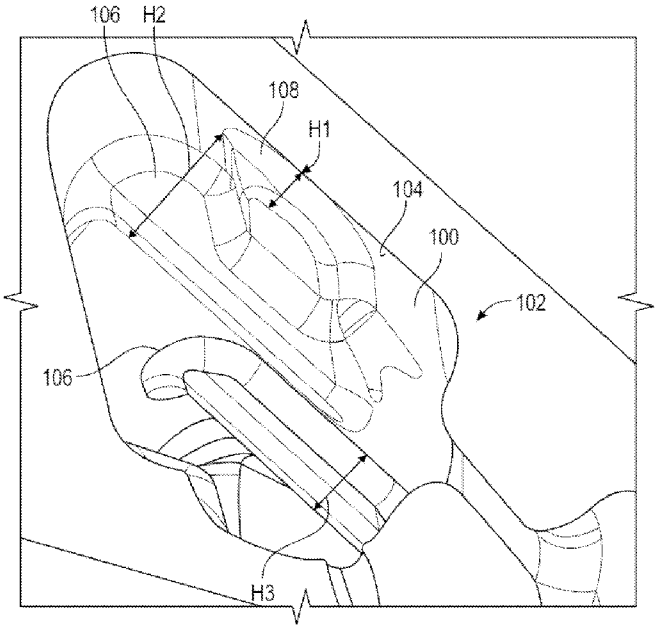
(74) Mandataire : **BARBE, Laurent** et al. ; 9 rue Saint-Antoine du T, 31000 TOULOUSE (FR).

(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, 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,

(54) **Title:** AIRCRAFT TURBOMACHINE BLADE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME USING LOST-WAX CASTING

(54) **Titre :** AUBE DE TURBOMACHINE D'AERONEF ET SON PROCEDE DE FABRICATION PAR MOULAGE A CIRE PERDUE

Fig. 4



(57) **Abstract:** Aircraft turbomachine blade (102), said blade comprising at least one inner cavity (100) for circulating a ventilation air flow, said cavity comprising a wall (104) which comprises first projecting elements (106) oriented in a first direction and forming air flow disrupters, said wall further comprising at least a second projecting element (108) oriented in a second direction different from the first direction, said second element and at least one of the first elements overlapping each other in one area, the blade being characterised in that the or each first element which overlaps the second element has a height (H2, H4') which is greater than that (H1) of the second element in the area and greater than that (H3) of the other first elements of the wall, in order to retain its disruptive function along the entire length thereof.

WO 2020/193899 A1

[Suite sur la page suivante]

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, 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))*

(57) Abrégé : Aube (102) de turbomachine d'aéronef, cette aube comportant au moins une cavité interne (100) de circulation d'un flux d'air de ventilation, cette cavité comportant une paroi (104) qui comprend des premiers éléments en saillie (106) orientés dans une première direction et formant des perturbateurs du flux d'air, cette paroi comportant en outre au moins un deuxième élément en saillie (108) orienté dans une deuxième direction différente de la première direction, ce deuxième élément et au moins un des premiers éléments se chevauchant mutuellement dans une zone, caractérisée en ce que le ou chaque premier élément qui chevauche le deuxième élément a une hauteur (H2, H4') supérieure à celle (Hl) du deuxième élément dans ladite zone et qui est supérieure à celle (H3) des autres premiers éléments de la paroi, pour conserver sa fonction de perturbateur sur toute son étendue.

DESCRIPTION

TITRE : AUBE DE TURBOMACHINE D'AERONEF ET SON PROCEDE DE FABRICATION PAR MOULAGE A CIRE PERDUE

Domaine technique de l'invention

La présente invention concerne notamment une aube de turbomachine d'aéronef et son procédé de fabrication par moulage à cire perdue.

Arrière-plan technique

L'état de l'art comprend notamment le document FR-A1-2 874 186 de la Demanderesse et les documents EP-A1-3 450 683, US-A1-2016/208620, EP-A2-0 945 595, CN-B-104 493 081 et US-A1-2011/016717.

Les aubes de turbomachine et en particulier de turbine sont soumises à des contraintes thermiques élevées et comprennent des cavités internes de circulation d'un fluide de ventilation, généralement de l'air dans le cas d'un moteur à turbine à gaz.

Ces aubes sont maintenant généralement fabriquées par moulage à cire perdue. Cette technique consiste à réaliser un modèle en cire ou autre matériau provisoire équivalent, de la pièce que l'on veut mouler. On enveloppe le modèle dans un moule carapace en céramique. Celui-ci est fabriqué par des trempages successifs du modèle dans des barbotines contenant une matière céramique et le stucage de la couche formée entre chaque trempage. On sèche le moule, on élimine la cire qu'il contient par une première cuisson à une température adaptée puis on fait cuire le moule à une température élevée pour lui conférer la résistance nécessaire à la coulée. Il reste alors l'image du modèle en creux dans laquelle on coule le métal en fusion. Après refroidissement, on casse le moule pour dégager la pièce. Celle-ci subit ensuite un simple traitement de finition.

Lorsque l'aube comprend des cavités pour la circulation du flux d'air de refroidissement, il faut incorporer dans le modèle un ou plusieurs noyaux. Cette phase du procédé comprend d'abord la fabrication séparée du ou des noyaux par moulage d'une matière céramique consolidée par un liant, leur

assemblage le cas échéant, et la mise en place du ou des noyaux dans un moule à cire. On moule ainsi un modèle par injection de cire dans le moule à cire. Le modèle forme la réplique de la pièce à obtenir.

On a représenté sur la figure 1, en coupe perpendiculaire à l'axe de la pièce, un moule à cire 10 dont la paroi interne est l'image de la pièce à obtenir. Ce moule est ici en deux parties 10A et 10B. On a disposé dans ce moule un noyau 12. Le noyau 12 ici est composé d'une pluralité de branches 12A à 12G parallèles entre elles et rattachées à une racine commune. Les branches définissent entre elles des espaces qui formeront des cloisons après coulée du métal. Pour assurer le calage du noyau 12 à l'intérieur du moule, on prévoit des entretoises 14 par exemple en platine. La fonction de ces entretoises est de maintenir un espace entre les parois du noyau 12 et la paroi interne 16 du moule voire éventuellement entre les branches 12A-12G du noyau. Quand on injecte la cire, on évite ainsi que, par un déplacement inopportun du noyau, les couches et les cloisons formées soient irrégulières.

Comme cela est représenté à la figure 2, les entretoises 14 précitées sont logées dans des motifs en creux de la paroi du noyau 12 Ces motifs peuvent être obtenus au moment de la formation du noyau ou bien être usinés. Les entretoises 14 ont en général une forme allongée, comme une tige ou une aiguille, et sont placées sur le noyau en étant couché dans le sens de sa longueur (qui s'étend le long de l'axe longitudinal de l'aube, qui est un axe sensiblement radial par rapport à l'axe longitudinal de la turbomachine dans laquelle elle est montée). Ces motifs en creux s'étendent donc dans une direction particulière.

Un noyau 12 comporte en outre d'autres motifs en creux 18 sur sa paroi qui s'étendent dans une autre direction, pour définir des perturbateurs d'écoulement de fluide dans la cavité de l'aube. Comme cela est visible à la figure 2, il arrive que les motifs en creux destinés 18 à définir les perturbateurs et les logements des entretoises 14, soient confondus ou du moins se chevauchent mutuellement.

L'étape suivante consiste à former un moule céramique autour du modèle obtenu après son extraction du moule 10. La cire est ensuite éliminée du moule puis le métal en fusion est coulé dans le moule et remplit l'espace entre

les parois du moule et celles du noyau. On élimine après un traitement approprié, les éléments constituant le noyau pour obtenir les cavités. On obtient la pièce et en particulier l'aube 20 représentée à la figure 3.

Le métal en fusion est destiné à occuper les espaces entre les branches 12A-12G et entre le noyau et le moule pour former les cloisons et les parois des cavités 22, et également à occuper les évidements des motifs en creux du noyau pour former des éléments en saillie 24 sur ces parois des cavités (cf., figure 3). Comme évoqué précédemment, du fait du chevauchement de certains motifs en creux du noyau, certains éléments en saillie se chevauchent mutuellement dans les cavités de l'aube.

Cependant, dans ces zones de chevauchement, les perturbateurs perdent leur fonction et ne provoquent pas de turbulences dans le flux d'air de ventilation, ce qui a un impact non négligeable sur l'efficacité du refroidissement de l'aube en réduisant significativement le coefficient d'échange thermique entre l'aube et ce flux.

L'invention a pour but de remédier à ce problème et de faire en sorte que la fonction des perturbateurs dans la cavité d'une aube ne soit pas altérée par la présence et le chevauchement d'autres éléments en saillie de cette cavité.

Résumé de l'invention

La présente invention concerne une aube de turbomachine d'aéronef, cette aube comportant au moins une cavité interne de circulation d'un flux d'air de ventilation, cette cavité comportant une paroi qui comprend des premiers éléments en saillie orientés dans au moins une première direction et formant des perturbateurs du flux d'air, cette paroi comportant en outre au moins un deuxième élément en saillie orienté dans au moins une deuxième direction différente de la première direction, ce deuxième élément et au moins un des premiers éléments se chevauchant mutuellement dans une zone, caractérisée en ce que le ou chaque premier élément qui chevauche le deuxième élément a une hauteur supérieure à celle du deuxième élément dans ladite zone et qui est supérieure à celle des autres premiers éléments de la paroi, pour conserver sa fonction de perturbateur sur toute son étendue.

Dans la présente demande, on entend par hauteur d'un élément en saillie, une dimension de cet élément mesurée le long d'une direction normale à la surface sur laquelle il est en saillie.

On comprend donc que, bien que les premiers et deuxième éléments puissent se chevaucher, les premiers éléments sont toujours plus haut que le deuxième élément et sont donc toujours en saillie à l'intérieur de la cavité de façon à conserver leur fonction de perturbateur de flux.

L'aube selon l'invention peut comprendre une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément les unes des autres ou en combinaison les unes avec les autres :

- les directions des premiers et deuxième éléments sont sensiblement perpendiculaires l'une par rapport à l'autre ou les unes par rapport aux autres ;
- les directions des premiers et deuxième éléments sont inclinées l'une par rapport à l'autre ou les unes par rapport aux autres ;
- le ou chaque premier élément et/ou ledit deuxième élément a une forme générale allongée ;
- un seul des premiers éléments chevauche ledit deuxième élément et forme avec ce dernier une croix ;
- deux des premiers éléments chevauchent ledit deuxième élément et forment des branches sur deux côtés opposés de ce deuxième élément ;
- le ou chaque premier élément qui chevauche ledit deuxième élément a une hauteur qui varie et est maximale dans ladite zone.

La présente invention concerne encore un noyau en céramique pour la fabrication d'une aube telle que décrite ci-dessus, par un procédé de fabrication par moulage à cire perdue, ce noyau comportant une partie configurée pour former ladite cavité et comportant, d'une part, des premiers motifs en creux orientés dans au moins une première direction et configurés pour former lesdits éléments en saillie, et d'autre part, au moins un deuxième motif en creux orienté dans au moins une deuxième direction différente de la première direction et formant un logement pour une entretoise, ce deuxième motif et au moins un des premiers motifs se chevauchant mutuellement dans une zone, caractérisé en ce que le ou chaque premier motif qui chevauche le

deuxième motif a une profondeur supérieure à celle du deuxième motif dans ladite zone.

Dans la présente demande, on entend par profondeur d'un motif en creux, une dimension de ce motif mesurée le long d'une direction normale à la surface de fond de ce motif.

La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'une aube telle que décrite ci-dessus, par un procédé de fabrication par moulage à cire perdue, au moyen d'un noyau en céramique tel que décrit ci-dessus.

Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaitront au cours de la lecture de la description détaillée qui va suivre pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

[Fig. 1] la figure 1 est une vue schématique en coupe transversale d'un moule et d'un noyau en céramique pour la fabrication d'une aube par moulage à la cire perdue,

[Fig. 2] la figure 2 est une vue schématique en coupe axiale d'un moule et d'un noyau en céramique pour la fabrication d'une aube par moulage à la cire perdue,

[Fig. 3] la figure 3 est une vue schématique en coupe transversale d'une aube de turbomachine,

[Fig. 4] la figure 4 est une vue schématique partielle en perspective d'une cavité d'une aube de turbomachine, et illustre un mode de réalisation de l'invention,

[Fig. 5] la figure 5 est une vue très schématique illustrant le mode de réalisation de la figure 4,

[Fig. 6] la figure 6 est une vue schématique partielle en perspective d'une cavité d'une aube de turbomachine, et illustre un autre mode de réalisation de l'invention,

[Fig. 7] la figure 7 est une vue très schématique illustrant le mode de réalisation de la figure 6, et

[Fig. 8] la figure 8 est une vue schématique partielle en perspective de motifs en creux d'un noyau pour la réalisation de la cavité du mode de réalisation de la figure 6.

Description détaillée de l'invention

Les figures 1 à 3 ont été décrites dans ce qui précède et illustrent la technique antérieure. Elles illustrent également l'invention dans la mesure où la description de ces figures s'applique à l'invention.

Les figures 4 et 5 illustrent un premier mode de réalisation de l'invention. La figure 4 montre une cavité 100 d'une aube 102 qui est partiellement visible et qui peut être considérée comme similaire à celle représentée à la figure 3.

La cavité 100 a une forme générale allongée et est formée grâce à un noyau, comme évoqué dans ce qui précède et de manière connue par un homme du métier spécialisé dans la fabrication d'une aube par moulage à la cire perdue.

La cavité 100 comprend une paroi 104 sur laquelle sont situés des éléments en saillie 106, 108.

Dans la présente demande, on entend par un premier élément en saillie, référencé 106, un élément qui est configuré pour former un perturbateur de flux d'air. Le flux d'air F qui s'écoule dans la cavité va devoir contourner cet élément qui va créer des turbulences dans le flux d'air et ainsi favoriser les échanges thermiques entre ce flux d'air F et la paroi 104 (figure 5).

Un élément 106 a en général une forme générale allongée et peut avoir une forme parallélépipédique, cylindrique, etc.

Un élément 106 s'étend dans une direction particulière et les éléments 106 d'une même cavité 100 peuvent s'étendre parallèlement les uns des autres. En général, ils s'étendent dans une direction qui est perpendiculaire ou inclinée par rapport à la direction de l'écoulement du flux d'air F dans la cavité 100 pour former des obstacles à cet écoulement.

Dans la présente demande, on entend par un deuxième élément en saillie, référencé 108, un élément qui résulte du procédé de fabrication de l'aube 102 et qui n'a pas de fonction particulière au sein de la cavité 100.

Ce deuxième élément 108 est orienté dans une deuxième direction différente de la première direction et qui est en général parallèle à la direction d'écoulement du flux F dans la cavité.

Comme on le voit dans les dessins et comme cela est évoqué dans ce qui précède, des éléments 106, 108 peuvent mutuellement se chevaucher.

Dans le mode de réalisation des figures 4 et 5, un seul des premiers éléments 106 chevauche un deuxième élément 108, sensiblement en son milieu, pour former une croix. Les directions des premiers et deuxième éléments 106, 108 sont donc sensiblement perpendiculaires dans l'exemple représenté.

Le deuxième élément 108 a une hauteur H1 qui est constante. Le premier élément 106 qui chevauche le deuxième élément 108 a une hauteur H2 qui est supérieure à H1. La hauteur H2 du premier élément 106 est également constante. La figure 4 permet de constater que la hauteur H2 peut être supérieure à la hauteur H3 des autres premiers éléments de la cavité qui ne chevauchent pas un deuxième élément. H3 peut par ailleurs être similaire à H1.

Les figures 6 et 7 illustrent un second mode de réalisation de l'invention. La figure 6 montre une cavité 100 d'une aube 102 qui est également partiellement visible.

La cavité 102 est similaire à celle du précédent mode de réalisation et comprend sur sa paroi 104 un deuxième élément en saillie 108 qui est également similaire à celui décrit dans ce qui précède.

La paroi 104 comprend en outre des premiers éléments en saillie 106a, 106b différents de ceux 106 décrit dans ce qui précède.

Chaque élément 106a, 106b a une forme générale allongée et peut avoir une forme parallélépipédique, cylindrique, etc.

Les éléments 106a, 106b s'étendent dans des directions inclinées par rapport à celle de l'élément 108. Les éléments 106a, 106b sont en outre inclinés l'un par rapport à l'autre de façon à former un chevron même s'ils ne sont pas jointifs et sont donc espacés l'un de l'autre dans l'exemple représenté.

Les éléments 106a, 106b sont ici disposés de part et d'autre de l'élément 108 et forment ainsi des branches latérales de l'élément 108. L'élément 106a s'étend de manière inclinée et rejoint une extrémité supérieure de l'élément

108, tandis que l'élément s'étend de manière inclinée et rejoint une extrémité inférieure de l'élément 108.

Le deuxième élément 108 a une hauteur H1 qui est constante. Les éléments 106a, 106b ont des hauteurs H4, H4' variables. La hauteur H4' maximale des éléments 106a, 106b est située au niveau des extrémités de ces éléments situées dans les zones de chevauchement, tandis que la hauteur H4 est celle des extrémités opposées de ces éléments.

Les éléments 106a, 106b se présentent ici sous le forme de rampes. La hauteur H4 peut être égale à la hauteur des autres premiers éléments de la cavité qui ne chevauchent pas un deuxième élément.

La dernière figure montre partiellement un noyau 200 en céramique pour la fabrication d'une aube 102 et en particulier d'une cavité 100 de cette aube selon le second mode de réalisation décrit dans ce qui précède.

Ce noyau 200 comporte une partie 202 configurée pour former la cavité 100 et comporte, d'une part, des premiers motifs en creux 206a, 206b orientés dans des premières directions et configurés pour former les éléments 106a, 106b, et d'autre part, au moins un deuxième motif en creux 208 orienté dans une deuxième direction différente des premières directions et formant un logement pour une entretoise 14.

Ce deuxième motif 208 et les premiers motifs 206a, 206b se chevauchent mutuellement dans une zone et ces premiers motifs 206a, 206b ont une profondeur supérieure à celle du deuxième motif 208 dans ladite zone. On comprend donc que les premiers motifs 206a, 206b sont davantage en retrait (plus profonds) que le deuxième motif 208 et que ces différences de profondeur sont déterminées pour obtenir des différences de hauteur des éléments en saillie 106a, 106b, 108 à l'intérieur de la cavité de l'aube à réaliser.

Lors de la fabrication de l'aube par moulage à la cire perdue, le métal en fusion coulé dans le moule va occuper les espaces vides laissés par la cire et les entretoises 14. Le métal en fusion va ainsi occuper l'espace des motifs en creux 206a, 206b, 208 pour donner les éléments en saillie 106a, 106b, 108 visibles aux figures 5 et 6.

REVENDICATIONS

1. Aube (102) de turbomachine d'aéronef, cette aube comportant au moins une cavité interne (100) de circulation d'un flux d'air de ventilation, cette cavité comportant une paroi (104) qui comprend des premiers éléments en saillie (106, 106a, 106b) orientés dans au moins une première direction et formant des perturbateurs du flux d'air, cette paroi comportant en outre au moins un deuxième élément en saillie (108) orienté dans au moins une deuxième direction différente de la première direction, ce deuxième élément et au moins un des premiers éléments se chevauchant mutuellement dans une zone, caractérisée en ce que le ou chaque premier élément qui chevauche le deuxième élément a une hauteur (H2, H4') supérieure à celle (H1) du deuxième élément dans ladite zone et qui est supérieure à celle (H3) des autres premiers éléments de la paroi, pour conserver sa fonction de perturbateur sur toute son étendue.

2. Aube (102) selon la revendication 1, dans laquelle les directions des premiers et deuxième éléments (106, 108) sont sensiblement perpendiculaires l'une par rapport à l'autre.

3. Aube (102) selon la revendication 1, dans laquelle les directions des premiers et deuxième éléments (106a, 106b, 108) sont inclinées l'une par rapport à l'autre.

4. Aube (102) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le ou chaque premier élément (106, 106a, 106b) et/ou ledit deuxième élément (108) a une forme générale allongée.

5. Aube (102) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle un seul des premiers éléments (106) chevauche ledit deuxième élément (108) et forme avec ce dernier une croix.

6. Aube (102) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle deux des premiers éléments (106a, 106b) chevauchent ledit deuxième élément (108) et forment des branches sur deux côtés opposés de ce deuxième élément.

7. Aube (102) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le ou chaque premier élément (106a, 106b) qui chevauche ledit deuxième

élément (108) a une hauteur (H4, H4') qui varie et est maximale dans ladite zone.

8. Noyau (200) en céramique pour la fabrication d'une aube (102) selon l'une des revendications précédentes, par un procédé de fabrication par moulage à cire perdue, ce noyau comportant une partie configurée pour former ladite cavité (100) et comportant, d'une part, des premiers motifs en creux (206a, 206b) orientés dans au moins une première direction et configurés pour former lesdits éléments en saillie (106a, 106b), et d'autre part, au moins un deuxième motif en creux (208) orienté dans au moins une deuxième direction différente de la première direction et formant un logement pour une entretoise, ce deuxième motif et au moins un des premiers motifs se chevauchant mutuellement dans une zone, caractérisé en ce que le ou chaque premier motif qui chevauche le deuxième motif a une profondeur supérieure à celle du deuxième motif dans ladite zone.

9. Procédé de fabrication d'une aube selon l'une des revendications 1 à 7, par un procédé de fabrication par moulage à cire perdue, au moyen d'un noyau en céramique selon la revendication 9.

Fig. 1

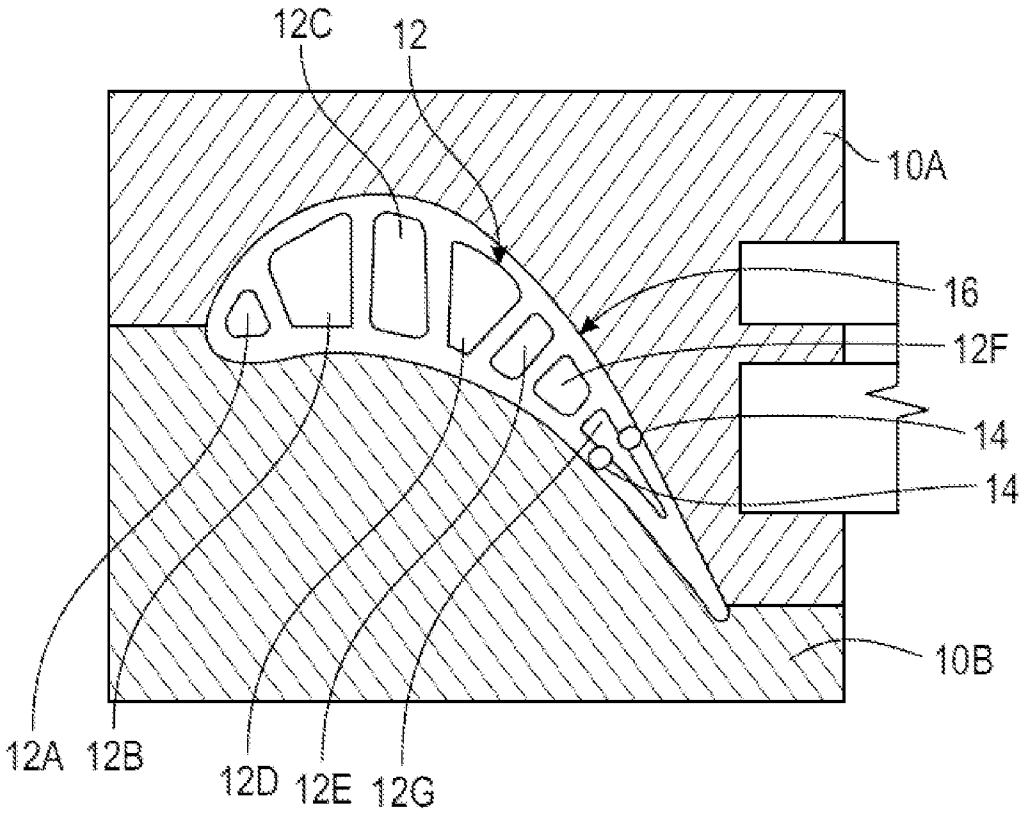

12C
12
10A
16
12F
14
14
10B
12A
12B
12D
12E
12G

Fig. 2

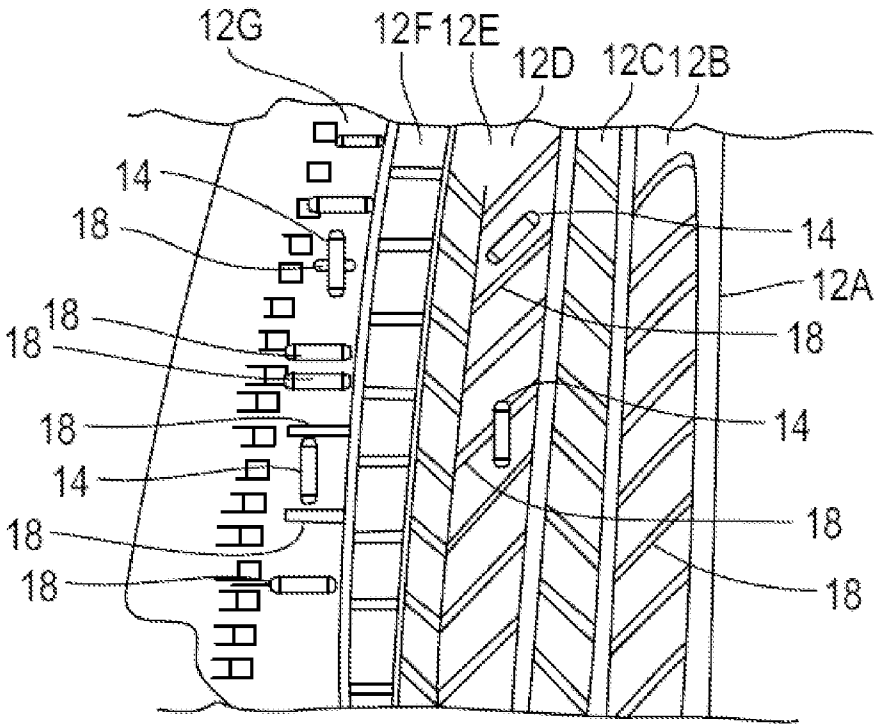

12G
12F
12E
12D
12C
12B
14
18
14
12A
18
18
18
14
18
14
18
18
18

Fig. 3

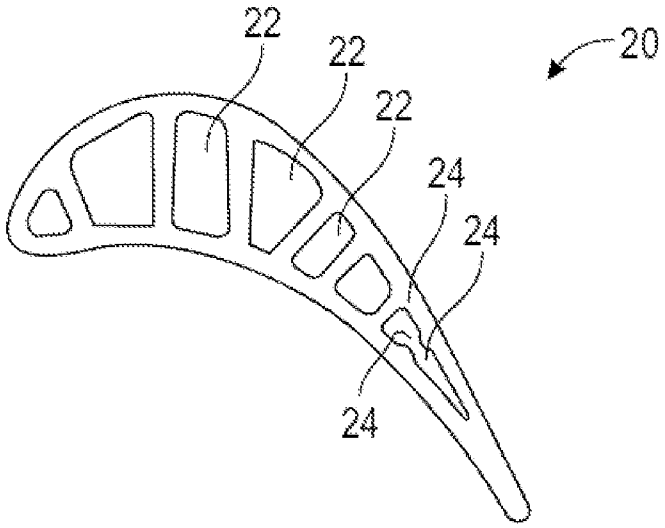


Fig. 4

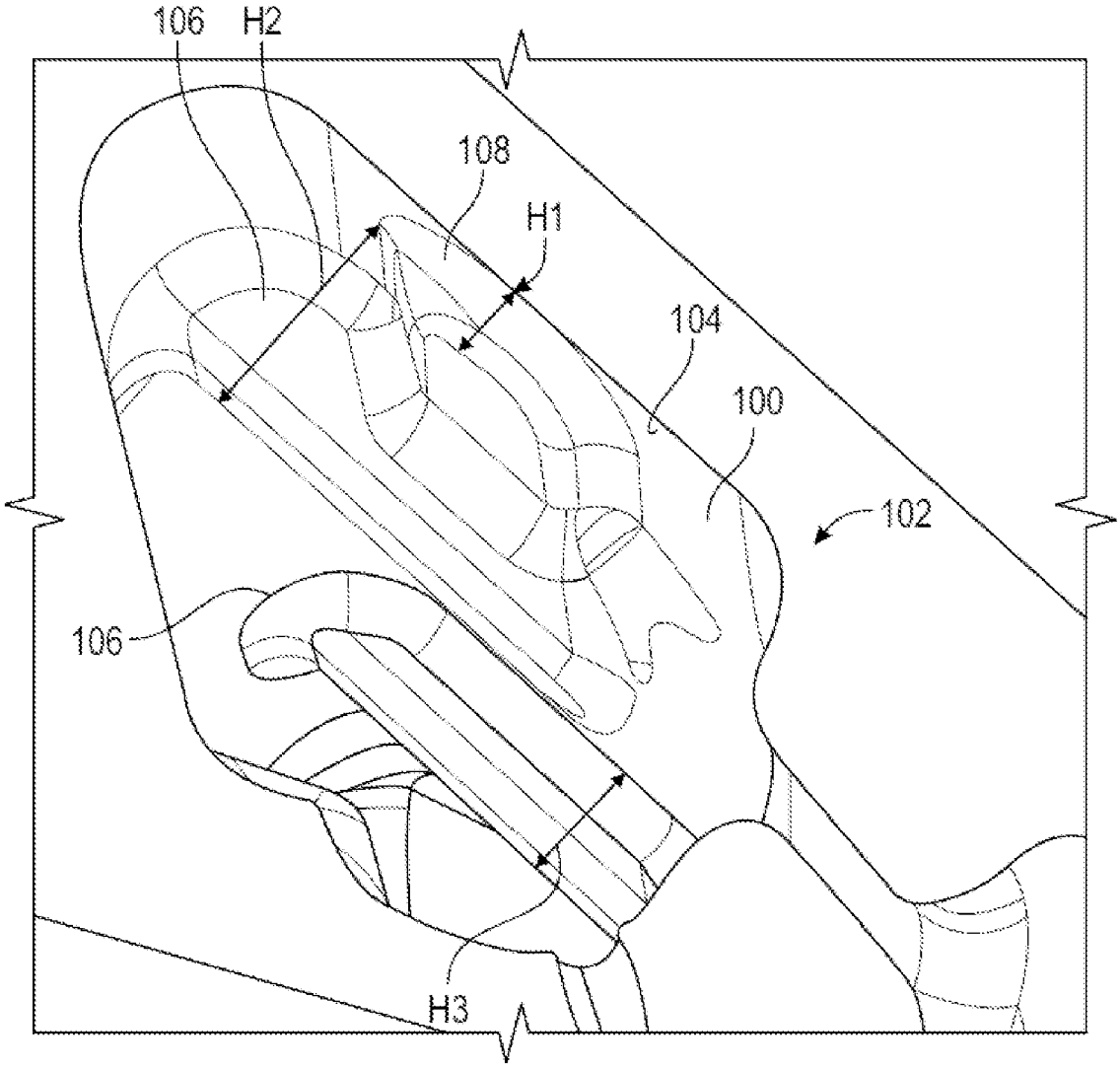


Fig. 5

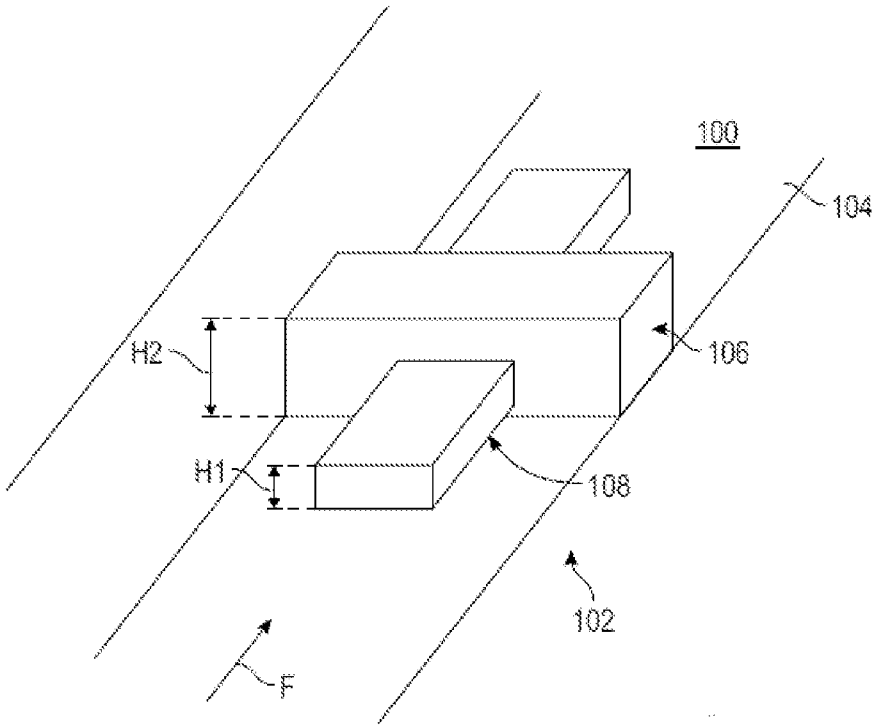


Fig. 6

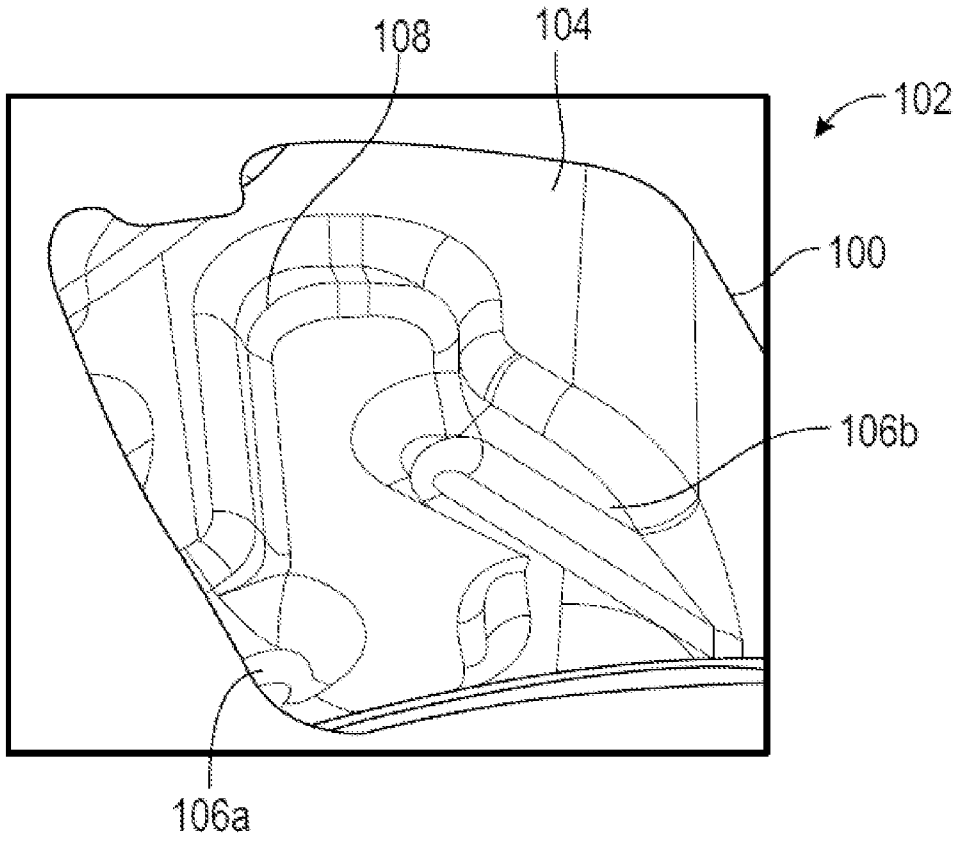


Fig. 7

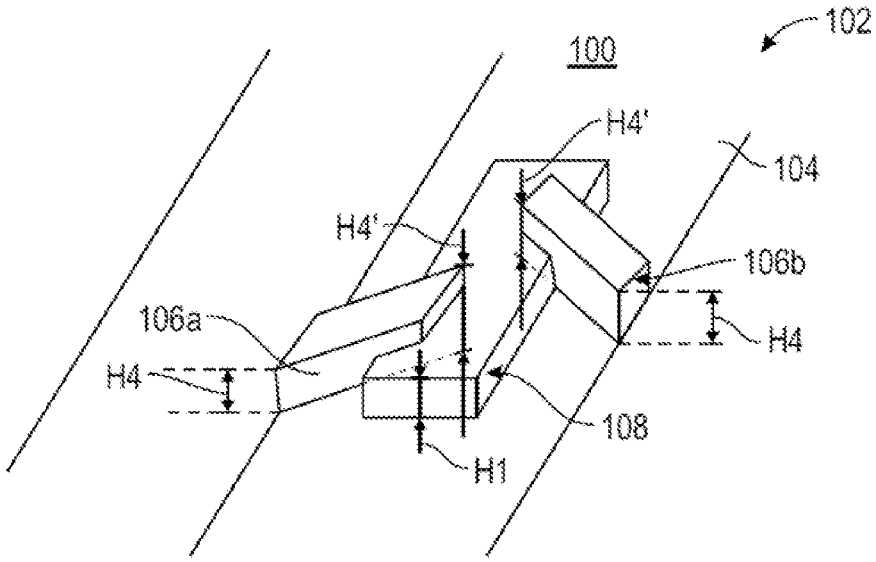
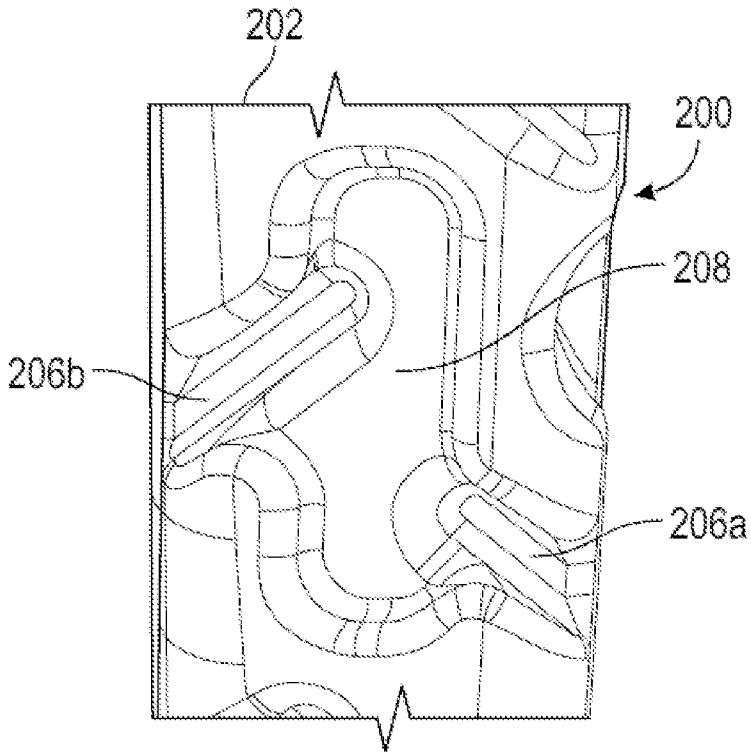


Fig. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/FR2020/050496

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F01D 5/18(2006.01)i; ***B22C 9/04***(2006.01)i

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)

F01D; B22C; B23P

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2874186 A1 (SNECMA MOTEURS SA [FR]) 17 February 2006 (2006-02-17) cited in the application figure 5	1-9
A	EP 3450683 A1 (SIEMENS AG [DE]) 06 March 2019 (2019-03-06) paragraphs [0042], [0049] - [0054], [0074], [0075]; figures 11, 12	1-9
A	US 2016208620 A1 (THISTLE CHARLES [US] ET AL) 21 July 2016 (2016-07-21) paragraph [0055]; figures 5b,6a,6b	1-9
A	EP 0945595 A2 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 29 September 1999 (1999-09-29) paragraph [0056]; figures 5,6	1-9
A	CN 104493081 B (UNIV NANJING AERONAUTICS) 06 July 2016 (2016-07-06) figures 1-4	8
A	US 2011016717 A1 (MORRISON JAY A [US] ET AL) 27 January 2011 (2011-01-27) paragraphs [0062] - [0069]; figures 5,6	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ 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	Date of mailing of the international search report
15 June 2020	**25 June 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 **Teusch, Reinhold** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/FR2020/050496

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
FR	2874186	A1	17 February 2006	FR	2874186	A1	17 February 2006
				GB	2417922	A	15 March 2006
				US	7275585	B1	02 October 2007
EP	3450683	A1	06 March 2019	NONE			
US	2016208620	A1	21 July 2016	EP	3042041	A2	13 July 2016
				US	2016208620	A1	21 July 2016
				WO	2015073092	A2	21 May 2015
EP	0945595	A2	29 September 1999	CA	2266140	A1	26 September 1999
				CA	2381474	A1	26 September 1999
				CA	2381484	A1	26 September 1999
				EP	0945595	A2	29 September 1999
				US	6290462	B1	18 September 2001
CN	104493081	B	06 July 2016	NONE			
US	2011016717	A1	27 January 2011	NONE			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2020/050496

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. F01D5/18 B22C9/04
ADD.

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)
F01D B22C B23P

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 874 186 A1 (SNECMA MOTEURS SA [FR]) 17 février 2006 (2006-02-17) cité dans la demande figure 5	1-9
A	EP 3 450 683 A1 (SIEMENS AG [DE]) 6 mars 2019 (2019-03-06) alinéas [0042], [0049] - [0054], [0074], [0075]; figures 11, 12	1-9
A	US 2016/208620 A1 (THISTLE CHARLES [US] ET AL) 21 juillet 2016 (2016-07-21) alinéa [0055]; figures 5b,6a,6b	1-9
A	EP 0 945 595 A2 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 29 septembre 1999 (1999-09-29) alinéa [0056]; figures 5,6	1-9

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
15 juin 2020	25/06/2020

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Teusch, Reinhold

1

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	CN 104 493 081 B (UNIV NANJING AERONAUTICS) 6 juillet 2016 (2016-07-06) figures 1-4	8
A	US 2011/016717 A1 (MORRISON JAY A [US] ET AL) 27 janvier 2011 (2011-01-27) alinéas [0062] - [0069]; figures 5,6	1-9

1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2020/050496

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2874186 A1	17-02-2006	FR 2874186 A1	17-02-2006
		GB 2417922 A	15-03-2006
		US 7275585 B1	02-10-2007
EP 3450683 A1	06-03-2019	AUCUN	
US 2016208620 A1	21-07-2016	EP 3042041 A2	13-07-2016
		US 2016208620 A1	21-07-2016
		WO 2015073092 A2	21-05-2015
EP 0945595 A2	29-09-1999	CA 2266140 A1	26-09-1999
		CA 2381474 A1	26-09-1999
		CA 2381484 A1	26-09-1999
		EP 0945595 A2	29-09-1999
		US 6290462 B1	18-09-2001
CN 104493081 B	06-07-2016	AUCUN	
US 2011016717 A1	27-01-2011	AUCUN	