

(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 2015/162389 A1

(43) Date de la publication internationale
29 octobre 2015 (29.10.2015)

- (51) Classification internationale des brevets :
F01D 5/18 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/051111
- (22) Date de dépôt international :
23 avril 2015 (23.04.2015)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
14 53708 24 avril 2014 (24.04.2014) FR
- (71) Déposant : SNECMA [FR/FR]; 2 boulevard du Général
Martial Valin, 75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs : DUJOL, Charlotte, Marie; C/o Snecma PI
(AJI), Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 Moissy-Cramayel
Cedex (FR). ENEAU, Patrice; C/o Snecma PI
(AJI), Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 Moissy-Cramayel
Cedex (FR). DIGARD BROU DE CUISSART, Sébastien;
C/o Snecma PI (AJI), Rond-Point René Ravaud-Réau,
77550 Moissy-Cramayel Cedex (FR). VOLLE-BREGT,
Matthieu, Jean-Luc; C/o Snecma PI (AJI),
Rond-Point René Ravaud-Réau, 77550 Moissy-Cramayel
Cedex (FR).
- (74) Mandataire : GUERRE, Fabien; Brevalet, 95, rue d'Am-
sterdam, 75378 Paris Cedex 8 (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), eurasiatique (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))

[Suite sur la page suivante]

- (54) Title : TURBOMACHINE TURBINE BLADE COMPRISING A COOLING CIRCUIT WITH IMPROVED HOMOGENEITY
- (54) Titre : AUBE POUR TURBINE DE TURBOMACHINE COMPRENANT UN CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT À HOMOGENÉITÉ AMÉLIORÉE

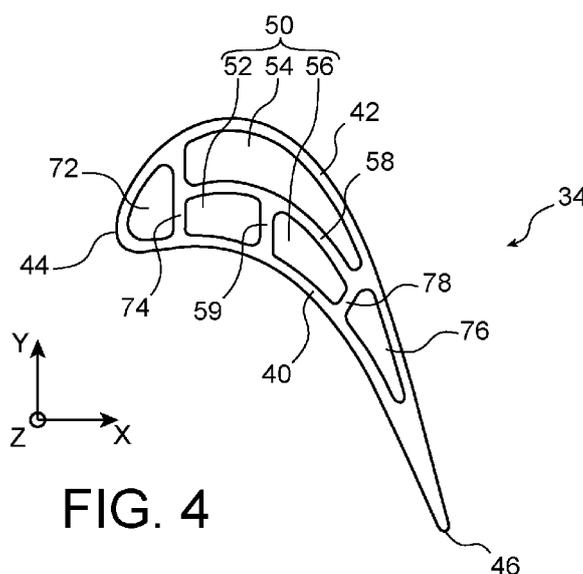


FIG. 4

(57) Abstract : The internal cooling of the moving blades of the turbines in aircraft turbomachines is limited in effectiveness because of inhomogeneities of this cooling on each of the pressure-face and suction-face walls. To address this problem, there is proposed a blade comprising a circuit (50) for cooling the airfoil part (34) thereof, in which circuit the cavities interconnected in series are such that the stream of air flows radially toward the outside along the pressure-face wall (40) in pressure-face cavities (52, 56), and radially toward the inside along the suction-face wall (42) in a suction-face cavity (54) that is separated from the pressure-face cavities by an internal wall (58) of the airfoil part. In this way, the force of the Coriolis effect deflects the stream of air toward each of the pressure-face and suction-face walls thereby limiting the inhomogeneity.

(57) Abrégé : Le refroidissement interne des aubes mobiles des turbines dans les turbomachines d'aéronefs est d'une efficacité limitée en raison d'inhomogénéités de ce refroidissement sur chacune des parois d'intrados

[Suite sur la page suivante]

WO 2015/162389 A1



-
- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)*

et d'extrados. Pour remédier à ce problème, il est proposé une aube comprenant un circuit de refroidissement (50) de sa pale (34), dans lequel les cavités interconnectées en série sont telles que le flux d'air circule radialement vers l'extérieur le long de la paroi d'intrados (40) au sein de cavités d'intrados (52, 56), et radialement vers l'intérieur le long de la paroi d'extrados (42) au sein d'une cavité d'extrados (54) séparée des cavités d'intrados par une paroi interne (58) de la pale. Ainsi, la force de Coriolis dévie le flux d'air vers chacune des parois d'intrados et d'extrados, limitant ainsi les inhomogénéités.

AUBE POUR TURBINE DE TURBOMACHINE COMPRENANT UN CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT À HOMOGENÉITÉ AMÉLIORÉE

DESCRIPTION

5 **DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention se rapporte au domaine des turbomachines d'aéronef et concerne plus particulièrement le refroidissement des aubes mobiles des turbines au sein de telles turbomachines.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

10 Au sein d'une turbomachine utilisée pour propulser un aéronef, les aubes des turbines sont soumises aux fortes chaleurs des gaz de combustion issus de la chambre de combustion.

 Pour protéger les aubes de ces températures élevées, il est connu de refroidir les aubes au moyen de circuits de refroidissement formés de cavités ménagées à l'intérieur des pales des aubes. Ces circuits de refroidissement sont en général alimentés en air relativement frais prélevé au niveau d'un étage de compresseur de la turbomachine.

 Néanmoins, l'amélioration constante de la performance des moteurs d'aéronefs conduit à une augmentation de la température de ces gaz de combustion. Les progrès réalisés en ce qui concerne les matériaux et revêtements utilisés pour former les aubes ne permettent pas à eux seuls de compenser l'accroissement des températures.

 Par conséquent, il est souhaitable d'améliorer les performances des circuits de refroidissement des aubes.

 Au cours de ses travaux de recherche, la demanderesse a en particulier découvert qu'un inconvénient des circuits de refroidissement connus réside dans l'inhomogénéité du refroidissement sur chacune des parois d'intrados et d'extrados des aubes.

La demanderesse a identifié une cause de telles inhomogénéités, comme cela va maintenant être expliqué en référence à la figure 1.

La figure 1 représente la pale 10 d'une aube de turbine de turbomachine d'un type connu, vue en section selon un plan transversal de la pale, c'est à dire un plan orthogonal à la direction de l'envergure ou de la longueur de la pale, qui se confond avec la direction radiale par rapport à l'axe moteur lorsque l'aube est montée dans une turbine de turbomachine.

La pale 10 comprend un circuit de refroidissement interne 12 formé de trois cavités s'étendant selon la direction radiale, agencées entre la paroi d'intrados 14 et la paroi d'extrados 16, et interconnectées en série de manière à permettre la circulation d'un flux d'air de refroidissement depuis une section d'entrée de la première cavité 18 jusqu'à la deuxième cavité 20 puis jusqu'à une section de sortie de la troisième cavité 22. La section d'entrée de la première cavité 18 est raccordée à des moyens d'alimentation en air intégrés à un pied de l'aube et est donc agencée au niveau d'une extrémité radialement interne de la première cavité. La section de sortie de la troisième cavité 22 est en général formée à proximité de l'extrémité radialement externe de la cavité, et prend en général la forme d'orifices formés dans les parois d'intrados et/ou d'extrados et/ou dans une paroi de fond délimitant l'extrémité radialement externe de la cavité.

Ainsi, l'air circule dans les première et troisième cavités 18, 22 dans la direction radiale vers l'extérieur, tandis que l'air circule dans la deuxième cavité 20 dans la direction radiale vers l'intérieur.

Du fait de la force de Coriolis induite par la rotation de l'aube autour de l'axe moteur, la demanderesse s'est aperçu que l'air circulant dans les première et troisième cavités 18, 22 est dévié en direction de la paroi d'intrados 14 au détriment de la paroi d'extrados 16, tandis que l'inverse se produit dans la deuxième cavité 20.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a notamment pour but d'apporter une solution simple, économique et efficace à ce problème.

Elle propose à cet effet une aube pour turbine de turbomachine d'aéronef, comprenant un pied d'aube définissant une extrémité radialement interne de l'aube et une pale s'étendant radialement vers l'extérieur à partir du pied d'aube et présentant une paroi d'intrados et une paroi d'extrados raccordée à la paroi d'intrados au niveau d'un bord d'attaque et d'un bord de fuite de la pale, la pale comprenant au moins un circuit de refroidissement interne.

Ledit circuit de refroidissement interne comporte une pluralité de cavités interconnectées en série et se répartissant en :

- au moins une cavité s'étendant radialement le long de la paroi d'extrados, ci-après dénommée « cavité d'extrados », et
- des cavités s'étendant radialement le long de la paroi d'intrados, ci-après dénommées « cavités d'intrados », en un nombre égal au nombre de cavité(s) d'extrados augmenté de un.

De plus, la ou chaque cavité d'extrados est séparée d'au moins une des cavités d'intrados par une première paroi interne de la pale s'étendant entre les parois d'intrados et d'extrados.

Chaque cavité d'intrados présente une section d'entrée d'air et une section de sortie d'air, ladite section de sortie d'air de la cavité d'intrados étant agencée radialement vers l'extérieur par rapport à ladite section d'entrée d'air de cette même cavité d'intrados.

La ou chaque cavité d'extrados comporte une section d'entrée d'air raccordée à la section de sortie d'air de l'une des cavités d'intrados et une section de sortie d'air raccordée à la section d'entrée d'air d'une autre des cavités d'intrados, ladite section de sortie d'air de la cavité d'extrados étant agencée radialement vers l'intérieur par rapport à ladite section d'entrée d'air de cette même cavité d'extrados.

Enfin, ladite section d'entrée d'air de l'une des cavités d'intrados est raccordée à des moyens d'alimentation en air de refroidissement.

Ainsi, l'invention permet que l'air circulant le long de la paroi d'intrados soit dévié par la force de Coriolis en direction de cette paroi d'intrados et que l'air

circulant le long de la paroi d'extrados soit dévié par la force de Coriolis en direction de cette paroi d'extrados.

L'invention permet ainsi d'améliorer considérablement l'homogénéité du refroidissement procuré par le circuit de refroidissement de la pale.

5 De plus, ladite au moins une cavité d'extrados est agencée en regard de deux desdites cavités d'intrados, dont elle est séparée par ladite première paroi interne de la pale, et ladite au moins une cavité d'extrados comporte au moins un premier déflecteur s'étendant en saillie depuis la paroi d'extrados en direction de la première paroi interne de la pale.

10 Selon l'invention, ledit premier déflecteur présente une concavité orientée radialement vers l'extérieur et en direction d'une paroi latérale de la cavité d'extrados disposée du côté de la cavité d'intrados à laquelle est raccordée la section de sortie d'air de ladite au moins une cavité d'extrados.

15 Un tel premier déflecteur permet d'orienter une partie du flux d'air en direction d'une zone écartée du trajet principal suivi par l'air au sein du circuit de refroidissement.

De préférence, le premier déflecteur est raccordé à la première paroi interne de la pale.

20 En variante, le premier déflecteur peut s'arrêter à distance de la première paroi interne de la pale.

De préférence, chaque cavité d'intrados est séparée d'au moins une autre cavité d'intrados adjacente par une deuxième paroi interne de la pale reliant la paroi d'intrados à la première paroi interne de la pale.

25 Le premier déflecteur comporte avantageusement une extrémité radialement externe s'étendant dans la section d'entrée d'air de ladite au moins une cavité d'extrados et une extrémité radialement interne raccordée à ladite paroi latérale de la cavité d'extrados disposée du côté de la cavité d'intrados à laquelle est raccordée la section de sortie de la cavité d'extrados, ledit premier déflecteur étant pourvu d'orifices de passage d'air traversants.

Le déflecteur permet ainsi d'orienter une partie du flux d'air en direction d'une zone radialement externe de la cavité d'extrados, cette zone étant décalée par rapport à l'entrée d'air de cette cavité.

De préférence, ladite au moins une cavité d'extrados comporte au moins un deuxième déflecteur s'étendant en saillie depuis la paroi d'extrados en direction de la première paroi interne de la pale en s'arrêtant à distance de la première paroi interne, et configuré en forme de V inversé à sommet orienté radialement vers l'extérieur.

Un tel déflecteur permet d'orienter une partie du flux d'air en direction de régions latérales de la cavité.

De préférence, la section de sortie d'air de l'une des cavités d'intrados dudit circuit de refroidissement communique avec l'extérieur de l'aube au travers d'orifices de sortie d'air formés dans au moins l'une de :

- la paroi d'intrados, et
- une paroi de fond délimitant une extrémité radialement externe de la cavité d'intrados.

Ces orifices de sortie sont de préférence agencés dans des régions relativement chaudes de la paroi d'intrados.

De préférence, la pale comporte un autre circuit de refroidissement interne semblable audit circuit de refroidissement interne.

L'invention concerne également une turbine pour turbomachine d'aéronef, comprenant au moins un disque rotatif muni d'aubes du type décrit ci-dessus.

L'invention concerne aussi une turbomachine pour aéronef, comprenant au moins une turbine du type décrit ci-dessus.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention sera mieux comprise, et d'autres détails, avantages et caractéristiques de celle-ci apparaîtront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, est une vue schématique en section transversale d'une aube de turbine de turbomachine d'aéronef d'un type connu ;
- la figure 2 est une vue schématique en perspective d'une aube pour turbine de turbomachine d'aéronef selon un mode de réalisation préféré de l'invention ;
- 5 – les figures 3 à 5 sont des vues schématiques en section transversale de la pale de l'aube de la figure 2, respectivement selon les plans III-III, IV-IV et V-V de la figure 2 ;
- la figure 6 est une vue schématique partielle, développée en plan, de la paroi d'extrados de la pale de l'aube de la figure 2, vue depuis l'intérieur d'une cavité extrados d'un circuit de refroidissement interne de la pale ;
- 10 – la figure 7 est une vue semblable à la figure 4, illustrant une variante de réalisation de l'invention ;
- la figure 8 est une vue semblable à la figure 4, illustrant une autre variante de réalisation de l'invention.

15 Dans l'ensemble de ces figures, des références identiques peuvent désigner des éléments identiques ou analogues.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PRÉFÉRÉS

La figure 2 illustre une aube 30 pour turbine de turbomachine d'aéronef selon un mode de réalisation préféré de l'invention, comprenant de manière générale un pied d'aube 32 auquel est raccordée une pale 34 se terminant par un sommet 35 de l'aube du côté opposé au pied d'aube 32. Le pied d'aube comporte une partie radialement interne destinée à permettre la retenue de l'aube par emboîtement dans un disque de rotor, d'une manière bien connue. De plus, le pied d'aube est raccordé à la pale par l'intermédiaire d'une plateforme 36 aérodynamique destinée à délimiter intérieurement un canal d'écoulement de flux primaire au sein de la turbine.

25 Dans la présente description, la direction X est une direction correspondant à la direction de l'axe moteur lorsque l'aube 30 est montée sur un disque de rotor au sein d'une turbine de turbomachine. La direction Z est la direction radiale par rapport à la direction X, qui se confond avec la direction de la longueur ou de l'envergure

de l'aube. La direction Y est telle que les trois directions X, Y et Z forment un repère orthogonal. Un plan est dit transversal s'il est parallèle aux directions X et Y.

Comme le montrent les figures 3 à 5 illustrant la pale 34 en section transversale, respectivement selon les plans III-III, IV-IV et V-V de la figure 2, la pale
5 comporte de manière générale une paroi d'intrados 40 et une paroi d'extrados 42 raccordées l'une à l'autre au niveau d'un bord d'attaque 44 et au niveau d'un bord de fuite 46 de la pale.

La pale 34 comprend un circuit de refroidissement interne 50 formé de trois cavités interconnectées en série et s'étendant chacune radialement, c'est à dire
10 selon la direction de l'envergure de la pale.

Ces trois cavités, visibles sur la figure 4, se répartissent en une première cavité 52, une deuxième cavité 54 et une troisième cavité 56. La deuxième cavité 54 s'étend le long de la paroi d'extrados 42, et est par commodité dénommée « cavité d'extrados » dans ce qui suit. En revanche, les première et troisième cavités 52, 56
15 s'étendent le long de la paroi d'intrados 40, et sont dénommées « cavités d'intrados » dans ce qui suit. Dans l'exemple illustré, les cavités d'intrados 52, 56 du circuit de refroidissement sont ainsi au nombre de deux, tandis que ce circuit de refroidissement comporte une unique cavité d'extrados 54.

La cavité d'extrados 54 est séparée des cavités d'intrados 52 et 56 par
20 une première paroi interne 58 de la pale, qui s'étend entre les parois d'intrados 40 et d'extrados 42, à distance de chacune de ces parois. Les deux cavités d'intrados 52 et 56 sont séparées l'une de l'autre par une deuxième paroi interne 59 de la pale, qui relie la paroi d'intrados 40 à la première paroi interne 58 de la pale.

De plus, chaque cavité d'intrados 52, 56 présente une section d'entrée
25 d'air 60, 62 (figure 5) et une section de sortie d'air 64, 66 (figure 3), agencées de sorte que la section de sortie d'air 64, 66 de chaque cavité d'intrados soit positionnée radialement vers l'extérieur par rapport à la section d'entrée d'air 60, 62 de cette même cavité d'intrados, comme l'illustre la position relative des plans III-III et V-V de la figure 2 qui correspondent respectivement aux figures 3 et 5. Dans l'exemple illustré, la section
30 d'entrée d'air 60, 62 de chaque cavité d'intrados 52, 56 forme une région d'extrémité

radialement interne de la cavité, tandis que la section de sortie d'air 64 de la cavité d'intrados 52 forme une région d'extrémité radialement externe de la cavité.

En outre, la cavité d'extrados 54 comporte une section d'entrée d'air 68 raccordée à la section de sortie d'air 64 de la cavité d'intrados 52, et la cavité d'extrados 54 comporte une section de sortie d'air 70 raccordée à la section d'entrée d'air 62 de l'autre cavité d'intrados 56. La section de sortie d'air 70 de la cavité d'extrados est agencée radialement vers l'intérieur par rapport à la section d'entrée d'air 68 de cette même cavité d'extrados, comme l'illustre la position relative des plans V-V et III-III de la figure 2 qui correspondent respectivement aux figures 5 et 3. Dans l'exemple illustré, la section de sortie d'air 70 de la cavité d'extrados 54 forme une région d'extrémité radialement interne de la cavité, tandis que la section d'entrée d'air 68 de cette cavité d'extrados forme une région d'extrémité radialement externe de la cavité.

La section d'entrée d'air 60 de la cavité d'intrados 52 (figure 5) est raccordée à un dispositif d'alimentation en air de refroidissement intégré au pied 32 de l'aube 30. Ce dispositif d'alimentation en air de refroidissement n'est pas visible sur les figures et peut être d'un type connu de l'homme du métier.

L'interconnexion en série des trois cavités 52, 54, 56 permet ainsi la circulation d'un flux d'air de refroidissement depuis l'entrée d'air 60 de la cavité d'intrados 52 raccordée au dispositif d'alimentation en air de refroidissement jusque dans la section de sortie 66 de l'autre cavité d'intrados 56.

De plus, la cavité d'intrados 56 communique avec l'extérieur de l'aube au travers d'orifices de sortie d'air formés dans la paroi d'intrados (non visibles sur les figures). Des orifices de sortie d'air supplémentaires de la cavité d'intrados 56 peuvent être formés dans une paroi de fond délimitant une extrémité radialement externe de la cavité. Dans la terminologie de la présente description, la « section de sortie d'air » 66 de la cavité d'intrados 56 correspond à la portion de cette cavité s'étendant en regard des orifices de sortie d'air précités.

Indépendamment du circuit de refroidissement 50 décrit ci-dessus propre à l'invention, la pale 34 intègre en outre une cavité de refroidissement de bord d'attaque 72 s'étendant le long du bord d'attaque 44 de la pale et délimitée par une

troisième paroi interne 74 de la pale raccordée d'un côté à la paroi d'intrados 40 et de l'autre côté à la paroi d'extrados 42. La cavité de refroidissement de bord d'attaque 72 communique avec l'extérieur de l'aube, par exemple au moyen d'orifices de sortie d'air ménagés au travers des parois d'intrados et d'extrados (ces orifices n'étant pas visibles sur les figures).

L'alimentation en air de la cavité de refroidissement de bord d'attaque 72 est de préférence assurée par un raccordement de cette cavité à un dispositif d'alimentation en air de refroidissement intégré au pied 32 de l'aube 30, d'une manière connue en soi couramment dénommée « alimentation directe ». Ce dispositif est en général distinct du dispositif alimentant le circuit de refroidissement 50.

De manière analogue, la pale 34 comporte une cavité de refroidissement de bord de fuite 76 s'étendant le long du bord de fuite 46 de la pale et délimitée par une quatrième paroi interne 78 de la pale raccordée d'un côté à la paroi d'intrados 40 et de l'autre côté à la paroi d'extrados 42. La cavité de refroidissement de bord de fuite 76 communique avec l'extérieur de l'aube au moyen d'orifices de sortie d'air ménagés au travers de la paroi d'intrados 40 et prenant par exemple la forme de fentes 79 (visibles sur la figure 2) s'étendant sensiblement parallèlement à un plan transversal.

L'alimentation en air de la cavité de refroidissement de bord de fuite 76 est par exemple assurée par un raccordement de cette cavité à un dispositif d'alimentation en air de refroidissement intégré au pied 32 de l'aube 30, d'une manière connue en soi couramment dénommée « alimentation directe ». Ce dispositif est de préférence distinct du dispositif alimentant le circuit de refroidissement 50.

Par ailleurs, la figure 6 illustre des caractéristiques préférentielles du circuit de refroidissement 50, permettant d'optimiser l'efficacité de ce dernier. Plus précisément, la figure 6 montre la paroi d'extrados 42 vue depuis l'intérieur de la cavité d'extrados 54, selon la direction Y, et développée en plan. Pour une meilleure compréhension du fonctionnement, la figure 6 montre aussi la section de sortie 64 de la cavité d'intrados 52 et la section d'entrée 62 de la cavité d'intrados 56, qui par commodité de dessin ont été représentées respectivement au-dessus et au-dessous de la

cavité d'extrados. Il faut comprendre que ces sections ne sont en réalité pas localisées de cette manière, mais en regard de cette cavité et en dehors du plan de la figure 6.

Comme le montre la figure 6, la cavité d'extrados 54 comporte un premier déflecteur 80 s'étendant en saillie depuis la paroi d'extrados 42 en direction de la première paroi interne 58 de la pale, c'est à dire dans la direction des cotes Y décroissantes. Dans l'exemple illustré, le premier déflecteur 80 est raccordé à la première paroi interne 58, et est incurvé, avec une concavité orientée radialement vers l'extérieur et en direction de la quatrième paroi interne 78 qui forme une paroi latérale de la cavité d'extrados 54 délimitant cette dernière du côté du bord de fuite 46, c'est à dire plus généralement du côté de la cavité d'intrados 56 à laquelle est raccordée la section de sortie 70 de la cavité d'extrados. En variante, le premier déflecteur 80 peut présenter une extrémité libre s'étendant à distance de la première paroi interne 58.

Dans l'exemple illustré, le premier déflecteur 80 présente une partie d'extrémité radialement externe 82 s'étendant sensiblement selon les directions Z et Y, jusqu'à une extrémité radialement externe de la cavité d'extrados 54, c'est à dire typiquement jusqu'à la paroi de fond 83 de la pale fermant les cavités 52, 54, 56, 72, 76 dans la direction radiale vers l'extérieure. La partie d'extrémité radialement externe 82 s'étend de préférence dans la section d'entrée d'air 68 de la cavité d'extrados 54, donc du côté de la troisième paroi interne 74. De plus, le premier déflecteur 80 présente une partie d'extrémité radialement interne 84 s'étendant sensiblement selon les directions X et Y, et raccordée à la quatrième paroi interne 78. Enfin, le premier déflecteur 80 comporte des orifices de passage d'air 86.

Comme le montre la figure 6, la cavité d'extrados 54 comporte des deuxièmes déflecteurs 90 s'étendant en saillie depuis la paroi d'extrados 42 en direction de la première paroi interne 58 de la pale. Les deuxièmes déflecteurs 90 présentent chacun une extrémité libre s'étendant à distance de la première paroi interne 58. Ces deuxièmes déflecteurs 90 sont configurés en forme de V inversé à sommet 92 orienté radialement vers l'extérieur, c'est à dire vers la paroi de fond 83 délimitant les cavités 52, 54, 56, 72 et 76 du côté du sommet 35 de l'aube. Les sommets respectifs 92 des

deuxièmes déflecteurs 90 sont avantageusement centrés sensiblement sur une même ligne parallèle à la direction radiale Z.

D'autres types de déflecteurs ou perturbateurs peuvent être utilisés en variante ou en complément.

5 De plus, un agencement de déflecteurs ou perturbateurs analogue à celui décrit ci-dessus en référence à la figure 6 peut être prévu en ce qui concerne la paroi d'intrados au sein des cavités d'intrados 52, 56, et/ou en ce qui concerne les parois internes 58, 74, 78, au sein des cavités 52, 54, 56.

10 Le fonctionnement du circuit de refroidissement 50 va maintenant être décrit.

Pour cela, il est considéré une turbomachine pour aéronef comprenant une turbine comprenant un disque rotatif de rotor portant l'aube 30 décrite ci-dessus. En pratique, le disque porte une pluralité d'aubes semblables à l'aube 30.

15 En fonctionnement, le circuit de refroidissement 50 est alimenté en air de refroidissement prélevé par exemple au niveau d'un étage de compresseur de la turbomachine.

20 L'air de refroidissement pénètre dans la cavité d'intrados 52 de l'aube 30 par la section d'entrée d'air 60 de cette cavité puis circule radialement vers l'extérieur au sein de cette cavité, c'est à dire dans la direction allant du pied d'aube 32 vers le sommet d'aube 35.

L'air de refroidissement passe ensuite dans la section de sortie 64 de la cavité d'intrados 52 puis dans la section d'entrée 68 de la cavité d'extrados 54 (flèche 100 sur la figure 3), puis l'air circule radialement vers l'intérieur au sein de cette cavité d'extrados 54, c'est à dire dans la direction allant du sommet d'aube 35 vers le pied d'aube 32 (flèche 102 sur la figure 6).

25 L'air de refroidissement passe ensuite dans la section de sortie 70 de la cavité d'extrados 54 puis dans la section d'entrée 62 de la cavité d'intrados 56 (flèche 104 sur la figure 5), puis l'air circule radialement vers l'extérieur au sein de cette cavité d'intrados 56.

Selon un principe de la présente invention, l'air circulant dans les cavités d'intrados 52 et 56 circule ainsi radialement vers l'extérieur tandis que l'air circulant dans la cavité d'extrados 54 circule radialement vers l'intérieur. De ce fait, l'air circulant dans les cavités d'intrados 52 et 56 est dévié vers la paroi d'intrados 40 par la force de Coriolis
5 due à la rotation du rotor, tandis que l'air circulant dans la cavité d'extrados 54 est dévié vers la paroi d'extrados 42 par la force de Coriolis. Ainsi, les parois d'intrados et d'extrados sont refroidies de manière optimale et homogène.

Il est à noter que les retournements ou raccordements successifs entre les différentes cavités formant le circuit de refroidissement 50 sont orientés globalement
10 dans la direction de l'épaisseur de la pale.

En particulier, l'air circulant dans la cavité d'extrados 54 est en partie dévié par le premier déflecteur 80 (flèche 106 de la figure 6) en direction de la quatrième paroi interne 78 dans une portion radialement externe de la cavité de manière à optimiser le refroidissement d'une zone 108 de la cavité d'extrados 54 proche de
15 l'extrémité radialement externe de cette cavité et décalée par rapport à la sortie d'air 64 de la cavité d'intrados 52. L'air dévié par le premier déflecteur 80 passe ensuite au travers des orifices de passage d'air 86 et poursuit son trajet radialement vers l'intérieur.

De plus, le flux d'air 102 est en partie dévié vers les parois latérales de la cavité d'extrados 54, c'est à dire vers les troisième et quatrième parois internes 74 et 78
20 de la pale (flèches 110). Cela permet d'optimiser le refroidissement d'une zone 112 de la cavité d'extrados 54 proche de l'extrémité radialement interne de cette cavité et décalée par rapport à l'entrée d'air 62 de la cavité d'intrados 56.

La figure 7 illustre la pale 34a d'une aube selon une variante de réalisation de l'invention, qui se distingue de l'aube 30 décrite ci-dessus du fait que la
25 pale 34a comporte deux circuits de refroidissement 50 et 50'. Chacun de ces circuits de refroidissement est analogue au circuit de refroidissement 50 des figures 3 à 6.

Comme le montre la figure 7, les cavités d'intrados 56 et d'extrados 54 appartenant au circuit de refroidissement 50 situé du côté du bord d'attaque 44 sont séparées respectivement des cavités d'intrados 52' et d'extrados 54', appartenant au

circuit de refroidissement 50' situé du côté du bord de fuite 46, par une cinquième paroi interne 113 de la pale reliant la cavité d'intrados 40 à la cavité d'extrados 42.

De plus, la section d'entrée d'air de la cavité d'intrados 52, 52' de chacun des deux circuits de refroidissement 50 et 50' est raccordée au dispositif d'alimentation en air de refroidissement intégré au pied 32 de l'aube 30.

Bien entendu, le ou chaque circuit de refroidissement selon l'invention peut comprendre un nombre de cavités plus élevé que dans les exemples décrits ci-dessus, dès lors que le nombre de cavités d'intrados est égal au nombre de cavités d'extrados augmenté de un.

Ainsi, la figure 8 illustre la pale 34b d'une aube selon une autre variante de réalisation de l'invention, qui se distingue de l'aube 30 décrite ci-dessus du fait que la pale 34b comporte un circuit de refroidissement 50a comprenant deux cavités d'extrados et trois cavités d'intrados interconnectées en série.

Plus précisément, une cavité d'intrados intermédiaire 114 est positionnée entre la cavité d'intrados 52, raccordée au dispositif d'alimentation en air de refroidissement, et la cavité d'intrados 56 débouchant à l'extérieur de la pale par les orifices de sortie d'air décrits ci-dessus. De plus, une cavité d'extrados 116 est positionnée à côté de la cavité d'extrados 54.

Les cavités d'intrados 114 et 56 sont séparées l'une de l'autre par une cinquième paroi interne 118 de la pale reliant la paroi d'intrados 40 à la première paroi interne 58, tandis que les cavités d'extrados 54 et 116 sont séparées l'une de l'autre par une sixième paroi interne 120 de la pale, reliant la première paroi interne 58 à la paroi d'extrados 42.

La section de sortie de la cavité d'intrados intermédiaire 114 est raccordée à la section d'entrée de la cavité d'extrados 116, et la section de sortie de la cavité d'extrados 116 est raccordée à la section d'entrée de la cavité d'intrados 56.

Ainsi, l'air de refroidissement circule radialement vers l'extérieur le long de la paroi d'intrados 40 dans chacune des cavités d'intrados 52, 114 et 56, et il circule radialement vers l'intérieur le long de la paroi d'extrados 42 dans chacune des cavités d'extrados 54 et 116.

REVENDEICATIONS

1. Aube (30) pour turbine de turbomachine d'aéronef, comprenant un pied d'aube (32) définissant une extrémité radialement interne de l'aube et une pale (34) s'étendant radialement vers l'extérieur à partir du pied d'aube et présentant une paroi d'intrados (40) et une paroi d'extrados (42) raccordée à la paroi d'intrados au niveau d'un bord d'attaque (44) et d'un bord de fuite (46) de la pale, la pale comprenant au moins un circuit de refroidissement interne (50 ; 50' ; 50a), dans laquelle ledit circuit de refroidissement interne comporte une pluralité de cavités interconnectées en série et se répartissant en :
- au moins une cavité (54 ; 54, 54' ; 54, 116) s'étendant radialement le long de la paroi d'extrados (42), ci-après dénommée « cavité d'extrados », et
 - des cavités (52, 56 ; 52', 56' ; 52, 114, 56) s'étendant radialement le long de la paroi d'intrados (40), ci-après dénommées « cavités d'intrados », en un nombre égal au nombre de cavité(s) d'extrados augmenté de un, et dans laquelle :
 - la ou chaque cavité d'extrados (54 ; 54, 54' ; 54, 116) est séparée d'au moins une des cavités d'intrados (52, 56 ; 52', 56' ; 52, 114, 56) par une première paroi interne (58) de la pale s'étendant entre les parois d'intrados (40) et d'extrados (42),
 - chaque cavité d'intrados (52, 56 ; 52, 56, 52', 56' ; 52, 114, 56) présente une section d'entrée d'air (60, 62) et une section de sortie d'air (64, 66), ladite section de sortie d'air de la cavité d'intrados étant agencée radialement vers l'extérieur par rapport à ladite section d'entrée d'air de cette même cavité d'intrados,
 - la ou chaque cavité d'extrados (54 ; 54, 54' ; 54, 116) comporte une section d'entrée d'air (68) raccordée à la section de sortie d'air (64) de l'une (52 ; 52, 52' ; 52, 114) des cavités d'intrados et une section de sortie d'air (70) raccordée à la section d'entrée d'air d'une autre (56 ; 56, 56' ; 114, 56) des cavités d'intrados, ladite section de sortie d'air (70) de la cavité d'extrados étant agencée radialement vers l'intérieur par rapport à ladite section d'entrée d'air (68) de cette même cavité d'extrados,

– ladite section d'entrée d'air (60) de l'une des cavités d'intrados (52 ; 52, 52' ; 52) est raccordée à des moyens d'alimentation en air de refroidissement,

– ladite au moins une cavité d'extrados (54 ; 54, 54' ; 54, 116) est agencée en regard de deux desdites cavités d'intrados (52, 56 ; 52, 56, 52', 56' ; 52, 114, 56), dont elle est
5 séparée par ladite première paroi interne (58) de la pale, et

– ladite au moins une cavité d'extrados comporte au moins un premier déflecteur (80) s'étendant en saillie depuis la paroi d'extrados (42) en direction de la première paroi interne (58) de la pale,
caractérisée en ce que ledit premier déflecteur (80) présente une concavité orientée
10 radialement vers l'extérieur et en direction d'une paroi latérale (78 ; 113, 78 ; 120, 78) de la cavité d'extrados disposée du côté de la cavité d'intrados à laquelle est raccordée la section de sortie d'air (70) de ladite au moins une cavité d'extrados.

2. Aube selon la revendication 1, dans laquelle le premier déflecteur
15 (80) est raccordé à la première paroi interne (58) de la pale.

3. Aube selon la revendication 1, dans laquelle le premier déflecteur (80) s'arrête à distance de la première paroi interne (58) de la pale.

20 4. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle chaque cavité d'intrados (52, 56 ; 52, 56, 52', 56' ; 52, 114, 56) est séparée d'au moins une autre cavité d'intrados adjacente par une deuxième paroi interne (59 ; 59, 59', 113 ; 59, 118) de la pale reliant la paroi d'intrados (40) à la première paroi interne (58) de la pale.

25 5. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle le premier déflecteur (80) comporte une extrémité radialement externe (82) s'étendant dans la section d'entrée d'air (68) de ladite au moins une cavité d'extrados (54 ; 54, 54' ; 54, 116) et une extrémité radialement interne (84) raccordée à ladite paroi
30 latérale (78 ; 113, 78 ; 120, 78) de la cavité d'extrados disposée du côté de la cavité

d'intrados (56 ; 56, 56' ; 114, 56) à laquelle est raccordée la section de sortie de la cavité d'extrados, ledit premier déflecteur étant pourvu d'orifices de passage d'air traversants (86).

5 6. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle ladite au moins une cavité d'extrados (54 ; 54, 54' ; 54, 116) comporte au moins un deuxième déflecteur (90) s'étendant en saillie depuis la paroi d'extrados (42) en direction de la première paroi interne (58) de la pale en s'arrêtant à distance de la première paroi interne, et configuré en forme de V inversé à sommet (92) orienté
10 radialement vers l'extérieur.

 7. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle la section de sortie d'air (66) de l'une des cavités d'intrados (56 ; 56, 56' ; 56) dudit circuit de refroidissement communique avec l'extérieur de l'aube au travers
15 d'orifices de sortie d'air formés dans au moins l'une de :

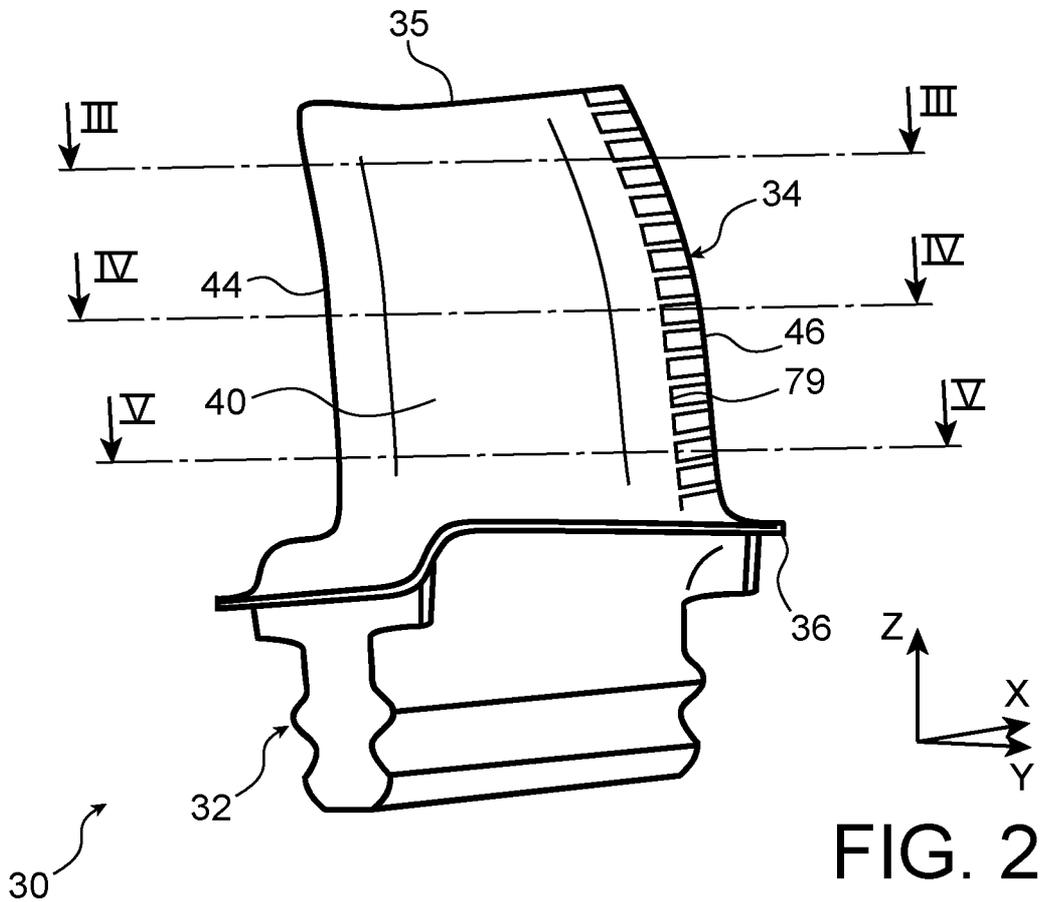
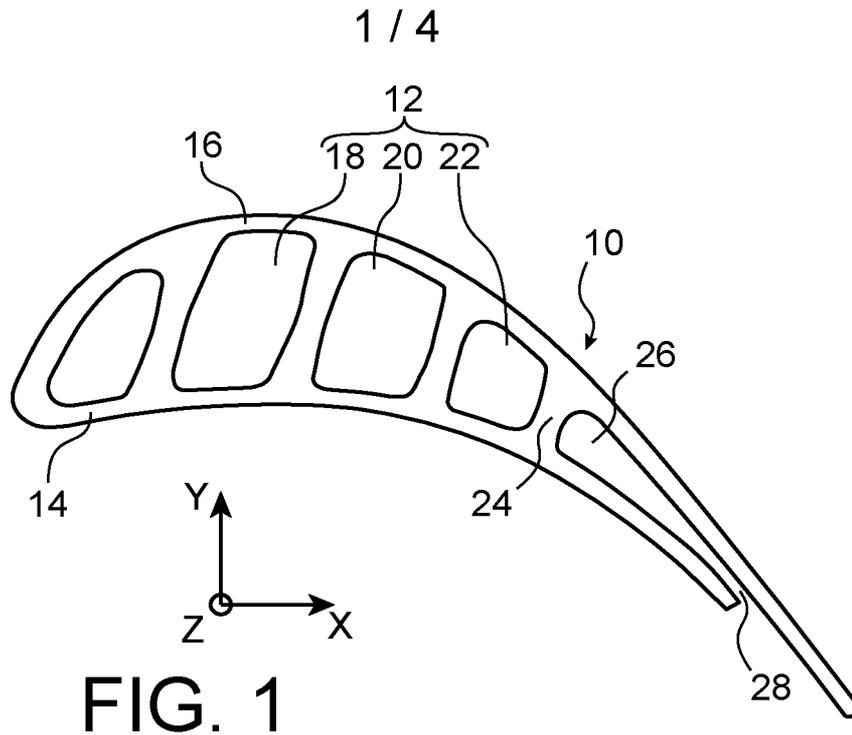
- la paroi d'intrados (40), et
- une paroi de fond (83) délimitant une extrémité radialement externe de la cavité d'intrados.

20 8. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle la pale comporte un autre circuit de refroidissement interne (50') semblable audit circuit de refroidissement interne (50).

 9. Turbine pour turbomachine d'aéronef, caractérisée en ce qu'elle
25 comprend au moins un disque rotatif muni d'aubes (30) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

 10. Turbomachine pour aéronef, caractérisée en ce qu'elle comprend
au moins une turbine selon la revendication 9.

30



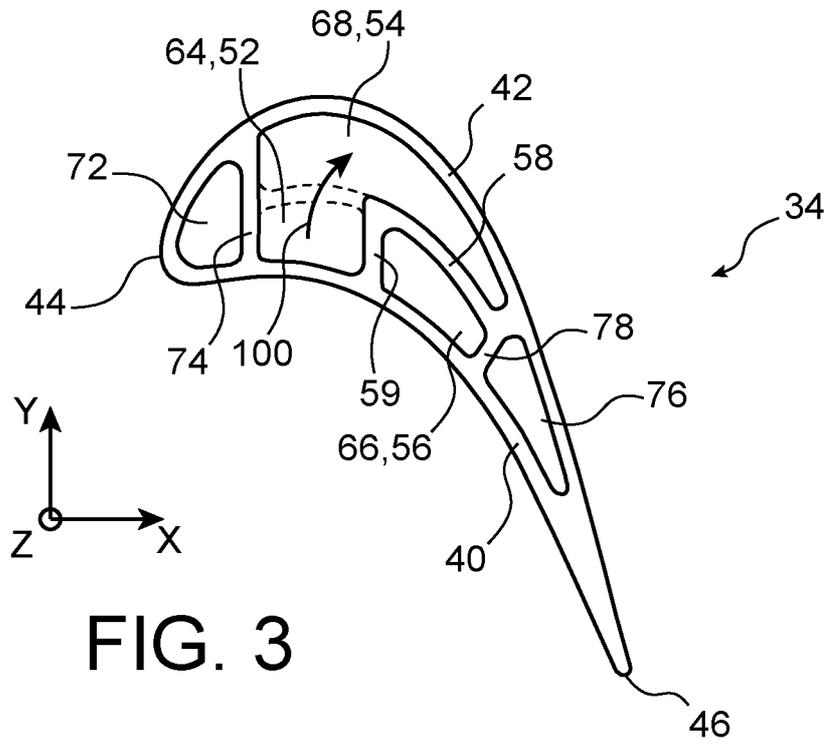


FIG. 3

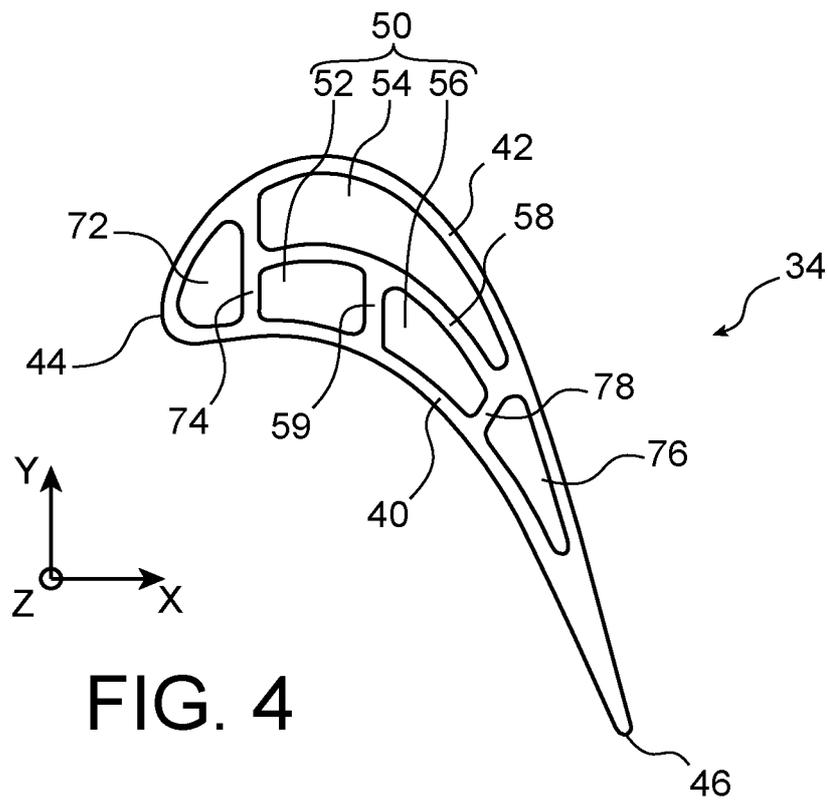


FIG. 4

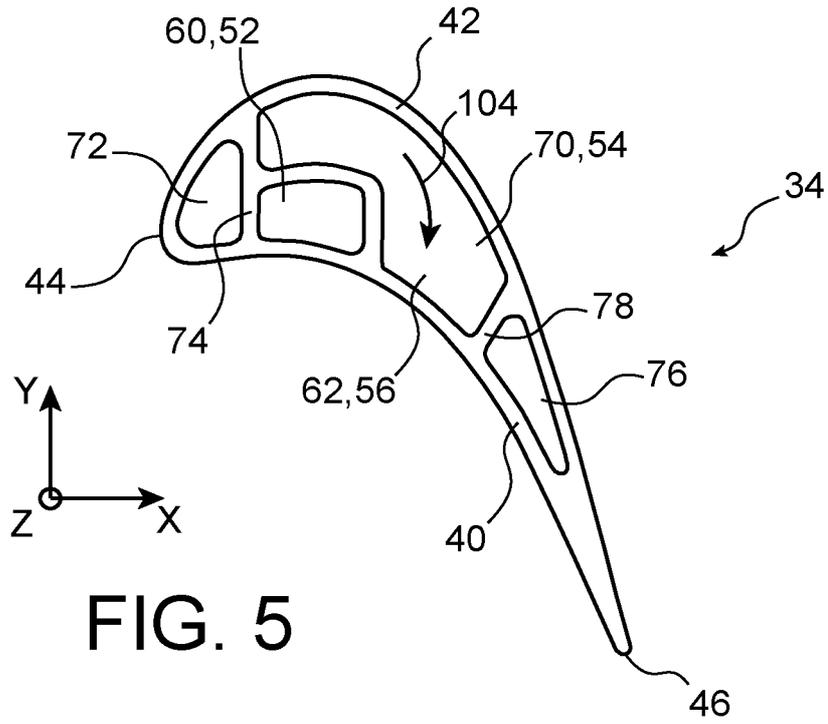


FIG. 5

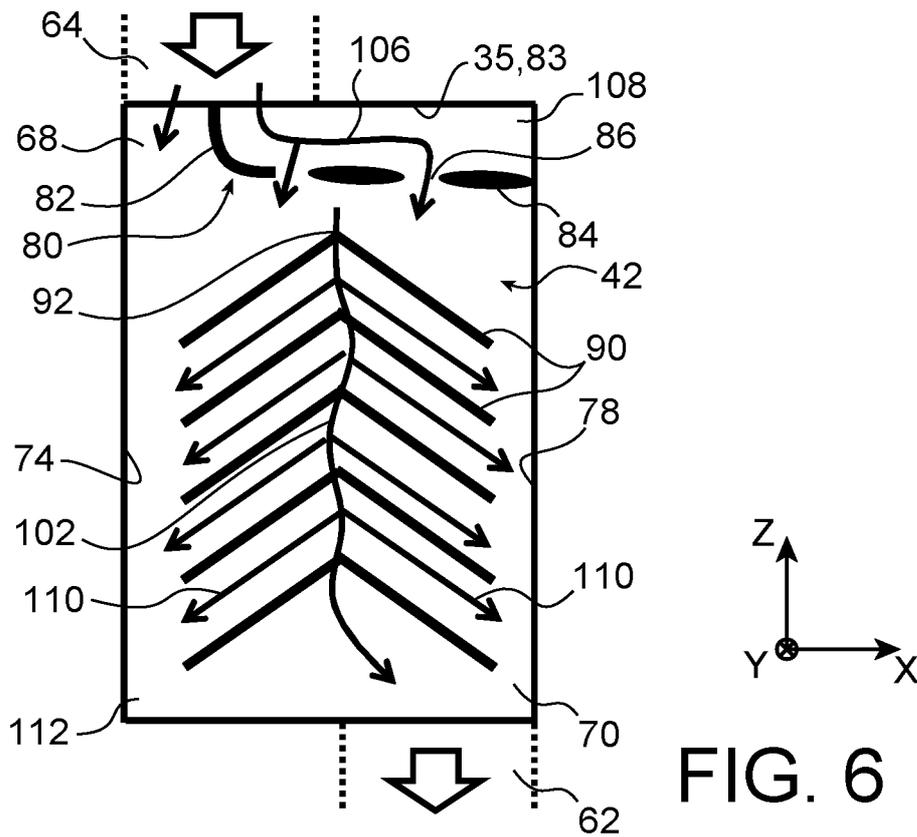
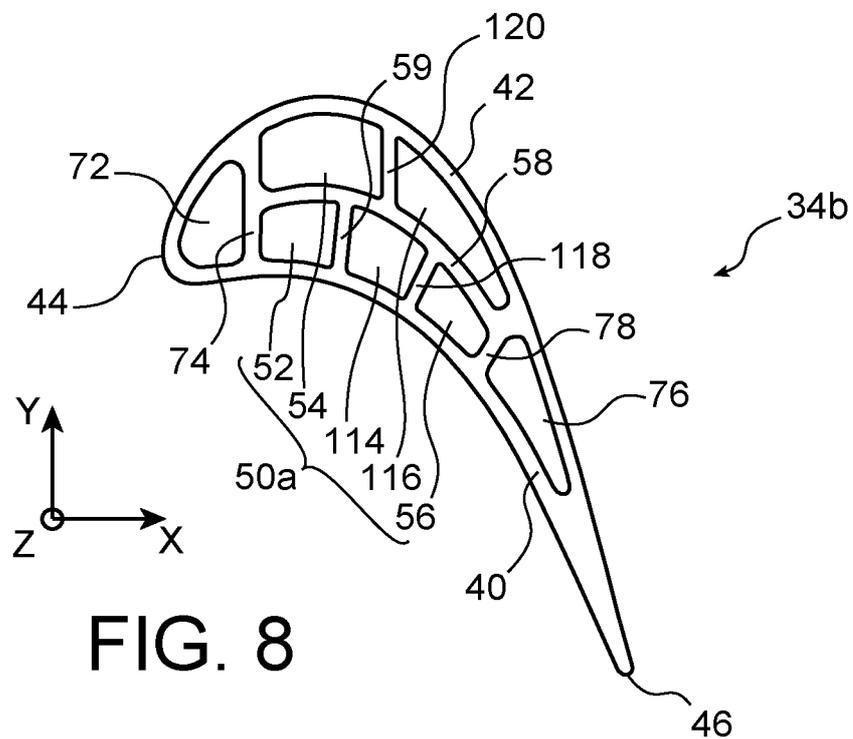
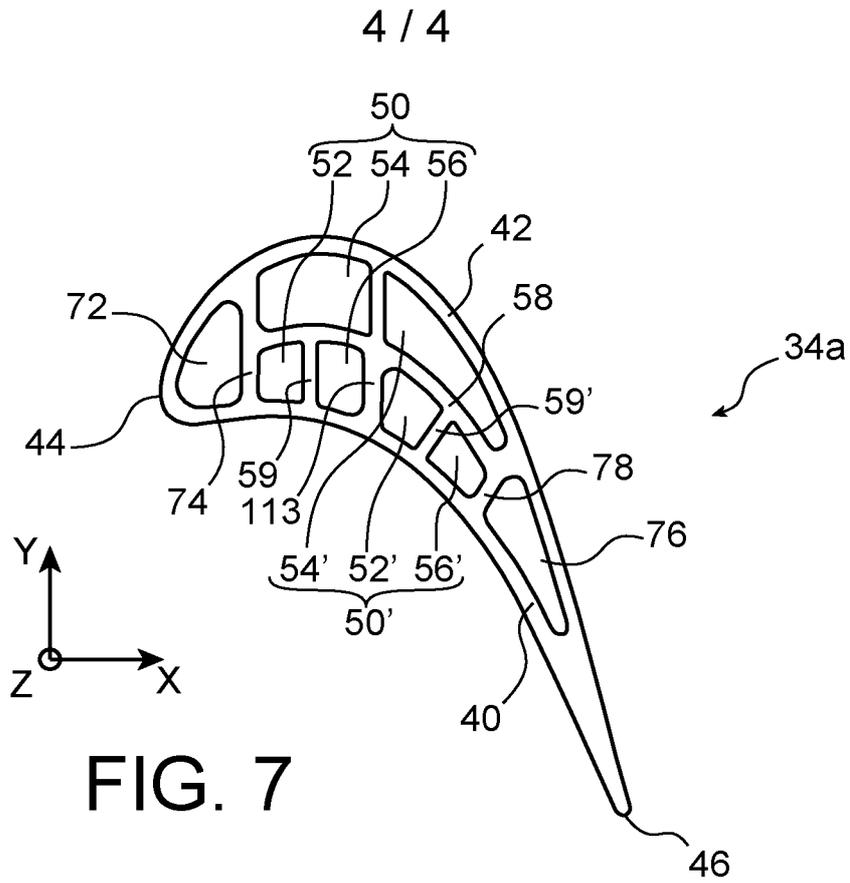


FIG. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2015/051111

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01D5/18
ADD.
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

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	EP 1 288 438 A1 (SNECMA MOTEURS [FR] SNECMA [FR]) 5 March 2003 (2003-03-05) paragraph [0007] - paragraph [0011] paragraph [0015] - paragraph [0045] figures claims 1,9	1-10
A	EP 1 790 819 A1 (SNECMA [FR]) 30 May 2007 (2007-05-30) the whole document	1-10
A	EP 1 503 038 A1 (SNECMA MOTEURS [FR]) 2 February 2005 (2005-02-02) the whole document	1-10
A	EP 1 111 190 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 27 June 2001 (2001-06-27) the whole document	1-10

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
2 September 2015

Date of mailing of the international search report
21/09/2015

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer
Teissier, Damien

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2015/051111

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1288438	A1	05-03-2003	CA 2398659 A1 28-02-2003
			DE 60223115 T2 07-08-2008
			EP 1288438 A1 05-03-2003
			ES 2292704 T3 16-03-2008
			FR 2829175 A1 07-03-2003
			JP 3977708 B2 19-09-2007
			JP 2003074304 A 12-03-2003
			RU 2296862 C2 10-04-2007
			UA 81896 C2 25-02-2008
			US 2003044278 A1 06-03-2003
EP 1790819	A1	30-05-2007	CA 2569566 A1 28-05-2007
			EP 1790819 A1 30-05-2007
			FR 2893974 A1 01-06-2007
			JP 4823872 B2 24-11-2011
			JP 2007146842 A 14-06-2007
			US 2007122282 A1 31-05-2007
EP 1503038	A1	02-02-2005	CA 2475083 A1 01-02-2005
			EP 1503038 A1 02-02-2005
			FR 2858352 A1 04-02-2005
			JP 4287795 B2 01-07-2009
			JP 2005054776 A 03-03-2005
			RU 2296225 C2 27-03-2007
			UA 86568 C2 12-05-2009
			US 2005025623 A1 03-02-2005
EP 1111190	A1	27-06-2001	DE 60027679 T2 03-05-2007
			EP 1111190 A1 27-06-2001
			JP 4739509 B2 03-08-2011
			JP 2001234702 A 31-08-2001
			US 6331098 B1 18-12-2001

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/051111

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. F01D5/18 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				
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	EP 1 288 438 A1 (SNECMA MOTEURS [FR] SNECMA [FR]) 5 mars 2003 (2003-03-05) alinéa [0007] - alinéa [0011] alinéa [0015] - alinéa [0045] figures revendications 1,9 -----	1-10		
A	EP 1 790 819 A1 (SNECMA [FR]) 30 mai 2007 (2007-05-30) le document en entier -----	1-10		
A	EP 1 503 038 A1 (SNECMA MOTEURS [FR]) 2 février 2005 (2005-02-02) le document en entier -----	1-10		
A	EP 1 111 190 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 27 juin 2001 (2001-06-27) le document en entier -----	1-10		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents </td> <td style="width: 50%; border: none;"> <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe </td> </tr> </table>			<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
<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 <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">2 septembre 2015</div>	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">21/09/2015</div>			
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 <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Teissier, Damien</div>			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2015/051111

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 1288438	A1	05-03-2003	CA	2398659 A1	28-02-2003
			DE	60223115 T2	07-08-2008
			EP	1288438 A1	05-03-2003
			ES	2292704 T3	16-03-2008
			FR	2829175 A1	07-03-2003
			JP	3977708 B2	19-09-2007
			JP	2003074304 A	12-03-2003
			RU	2296862 C2	10-04-2007
			UA	81896 C2	25-02-2008
			US	2003044278 A1	06-03-2003

EP 1790819	A1	30-05-2007	CA	2569566 A1	28-05-2007
			EP	1790819 A1	30-05-2007
			FR	2893974 A1	01-06-2007
			JP	4823872 B2	24-11-2011
			JP	2007146842 A	14-06-2007
			US	2007122282 A1	31-05-2007

EP 1503038	A1	02-02-2005	CA	2475083 A1	01-02-2005
			EP	1503038 A1	02-02-2005
			FR	2858352 A1	04-02-2005
			JP	4287795 B2	01-07-2009
			JP	2005054776 A	03-03-2005
			RU	2296225 C2	27-03-2007
			UA	86568 C2	12-05-2009
			US	2005025623 A1	03-02-2005

EP 1111190	A1	27-06-2001	DE	60027679 T2	03-05-2007
			EP	1111190 A1	27-06-2001
			JP	4739509 B2	03-08-2011
			JP	2001234702 A	31-08-2001
			US	6331098 B1	18-12-2001
