



(43) Date de la publication internationale
3 décembre 2015 (03.12.2015)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2015/181482 A1

(51) Classification internationale des brevets :
F01D 5/18 (2006.01) *B22C 9/10* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/051373

(22) Date de dépôt international :
22 mai 2015 (22.05.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
14 54865 28 mai 2014 (28.05.2014) 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 Ravaut-Réau, 77550 Moissy Cra-
mayel Cedex (FR). ENEAU, Patrice; c/o SNECMA PI
(AJI), Rond-Point René Ravaut-Réau, 77550 Moissy-Cra-
mayel Cedex (FR).

(74) Mandataire : GUERRE, Fabien; Brevaalex, 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), 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))

(54) Title : TURBINE BLADE COMPRISING A CENTRAL COOLING DUCT AND TWO SIDE CAVITIES CONNECTED
DOWNSTREAM FROM THE CENTRAL DUCT

(54) Titre : AUBE DE TURBINE COMPRENANT UN CONDUIT CENTRAL DE REFROIDISSEMENT ET DEUX CAVITES
LATERALES JOINTIVES EN AVANT DU CONDUIT CENTRAL

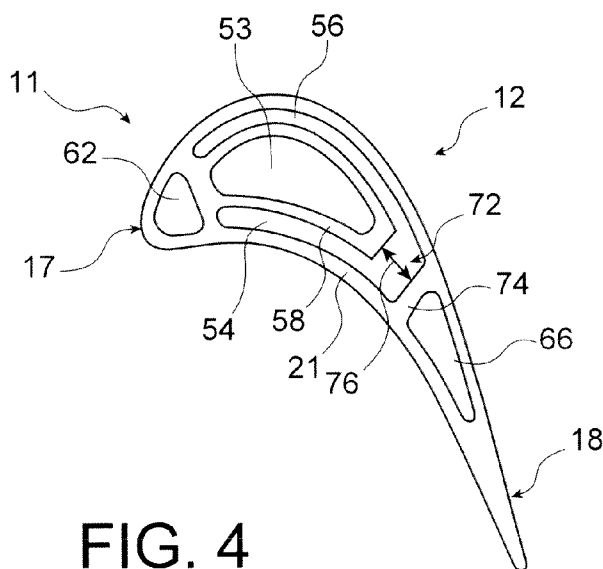


FIG. 4

(57) Abstract : The invention concerns a turbine blade (11) for a turbomachine, comprising a vane (12) extending in a spanwise direction between a root and a tip, a first inner side cavity (54) running along the pressure-side wall (21) and a second inner side cavity (56) running along the suction-side wall. The blade (11) further comprises at least one inner central duct (53) configured to collect air intended to cool the vane (12). The central duct (53) extends between the side cavities (54, 56), being separated from the side cavities (54, 56) so as to be at least partially thermally isolated from the pressure-side wall (21) and the suction-side wall. The side cavities (54, 56) communicate with each other in a junction region (72) located downstream from the central duct (53), over the majority of the height of the central duct in the spanwise direction.

(57) Abrégé : L'invention concerne une aube (11)
[Suite sur la page suivante]



de turbine pour turbomachine, comprenant une pale (12) s'étendant selon une direction d'envergure entre un pied et un sommet, une première cavité latérale interne (54) longeant la paroi d'intrados (21) et une seconde cavité latérale interne (56) longeant la paroi d'extrados. L'aube (11) comprend en outre au moins un conduit central interne (53) configuré pour collecter de l'air destiné à refroidir la pale (12). Le conduit central (53) s'étend entre les cavités latérales (54, 56), en étant séparé des cavités latérales (54, 56) pour être au moins partiellement isolé thermiquement des parois d'intrados (21) et d'extrados. Les cavités latérales (54, 56) communiquent entre elles dans une région de jonction (72) située en aval du conduit central (53), sur la majorité de la hauteur du conduit central selon la direction d'envergure.

AUBE DE TURBINE COMPRENANT UN CONDUIT CENTRAL DE
REFROIDISSEMENT ET DEUX CAVITES LATÉRALES
JOINTIVES EN AVAL DU CONDUIT CENTRAL

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

L'invention concerne une aube de moteur d'aéronef de type
5 turbomachine, tel que par exemple un turboréacteur à double flux ou un turbopropulseur
à double flux.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Dans un tel moteur, l'air extérieur est admis dans une manche d'entrée
pour traverser une soufflante comportant une série de pales rotatives avant de se scinder
10 en un flux primaire central et un flux secondaire entourant le flux primaire.

Le flux primaire est ensuite compressé avant d'arriver dans une chambre
de combustion, après quoi il se détend en traversant un ensemble de turbines avant d'être
évacué vers l'arrière en générant de la poussée. Le flux secondaire est quant à lui propulsé
directement vers l'arrière par la soufflante pour générer une poussée complémentaire.

15 La détente dans les turbines, qui permet d'entraîner le compresseur et la
soufflante, a lieu à température élevée du fait qu'elle se produit immédiatement après la
combustion. Cette turbine est ainsi conçue et dimensionnée pour fonctionner dans des
conditions sévères de température, de pression et de débit de fluide.

Chaque turbine comporte une succession d'étages comportant chacun
20 une série d'aubes orientées radialement et régulièrement espacées autour d'un arbre de
rotation du moteur. Cet arbre central porte les éléments rotatifs de la turbine ainsi que les
éléments rotatifs du compresseur et de la soufflante.

Concrètement, les aubes de la turbine qui sont soumises aux conditions
les plus sévères sont celles des premiers étages de détente de cette turbine, à savoir les

étages les plus proches de la zone de combustion et qui sont communément appelés étages haute pression.

D'une manière générale, les besoins accrus en performances et l'évolution des réglementations conduisent à concevoir des moteurs de plus faible taille fonctionnant dans des environnements de plus en plus sévères. Ceci implique d'accroître la tenue et la performance des aubes de turbine haute pression en particulier en ce qui concerne leur tenue en température.

Néanmoins, les améliorations existantes en ce qui concerne les matériaux et les revêtements de ces aubes ne suffisent pas pour leur permettre de supporter les températures élevées pouvant être atteintes par le flux en aval de la chambre de combustion. Cette situation conduit à reconsidérer le refroidissement de ces aubes pour l'améliorer afin qu'elles puissent supporter ces nouvelles conditions de fonctionnement.

Ce refroidissement est assuré en faisant circuler à l'intérieur de ces aubes de l'air frais qui est prélevé dans le turboréacteur en amont de la combustion. Cet air est admis en pied d'aube, pour cheminer le long d'un circuit interne de l'aube afin de la refroidir, et il est évacué hors de l'aube par des perçages traversant la paroi de cette aube et répartis sur cette paroi. Ces perçages servent à évacuer l'air de refroidissement, mais ils créent aussi à la surface externe de l'aube un film d'air plus froid que l'air issu de la combustion, ce qui contribue aussi à limiter la température de l'aube.

Pour accroître l'efficacité de refroidissement, les régions intérieures de l'aube dans lesquelles circule l'air de refroidissement comportent des artifices, c'est-à-dire des reliefs internes qui perturbent l'écoulement fluide de l'air de refroidissement, pour accroître le transfert thermique depuis la paroi de l'aube vers cet air de refroidissement circulant dans les conduits internes de l'aube.

Ces architectures de refroidissement sont pénalisées par le fait que la longueur du circuit interne de l'aube donne lieu à un air trop fortement réchauffé lorsqu'il atteint la fin de ce circuit, de sorte que son efficacité de refroidissement est limitée dans les régions de fin de parcours où l'on cherche au contraire à obtenir une efficacité de refroidissement accrue.

Le but de l'invention est de proposer une structure d'aube permettant d'améliorer l'efficacité de refroidissement de cette aube.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention vise à résoudre au moins partiellement les problèmes rencontrés dans les solutions de l'art antérieur.

A cet égard, l'invention a pour objet une aube de turbine d'une turbomachine telle qu'un turbopropulseur ou un turboréacteur, l'aube comprenant :

- un pied,
- une pale portée par le pied et s'étendant selon une direction d'envergure en se terminant par un sommet, la pale comprenant un bord d'attaque et un bord de fuite situé en aval du bord d'attaque, la pale comprenant une paroi d'intrados et une paroi d'extrados, espacées l'une de l'autre et reliant le bord d'attaque au bord de fuite,
- une première cavité latérale interne longeant la paroi d'intrados et une seconde cavité latérale interne longeant la paroi d'extrados, alimentées en air par au moins un canal débouchant dans le pied,
- au moins un conduit central interne s'étendant entre les cavités latérales, en étant séparé des cavités latérales et configuré pour collecter au niveau du pied de l'air de refroidissement destiné à circuler dans la pale pour la refroidir. Les cavités latérales communiquent entre elles, en étant réunies par une région de jonction située en aval du conduit central et qui s'étend sur la majorité de la hauteur du conduit central selon la direction d'envergure.

Les deux cavités latérales forment préférablement avec la région de jonction une cavité unique enveloppant le conduit central sur la majorité de la hauteur du conduit central.

La configuration interne de l'aube, par laquelle les cavités latérales internes communiquent entre elles, en étant réunies en aval du conduit central, permet une meilleure isolation thermique de l'air de refroidissement circulant dans le conduit central.

L'invention peut comporter de manière facultative une ou plusieurs des caractéristiques suivantes combinées entre elles ou non.

Avantageusement, la région de jonction s'étend sur toute la hauteur d'au moins l'une de la première et de la deuxième cavité latérale selon la direction d'envergure.

5 La région de jonction s'étend préférentiellement sur toute la hauteur du conduit central selon la direction d'envergure.

Selon une particularité de réalisation, la région de jonction présente, selon au moins un plan de section orthogonal à la direction d'envergure une forme de U ouvert vers l'amont.

10 Selon une forme de réalisation avantageuse, le faîte du U présente une épaisseur sensiblement constante selon une direction longitudinale d'élongation de la pale du bord d'attaque au bord de fuite.

Selon une autre forme de réalisation avantageuse, le conduit central, la première cavité latérale a des surfaces internes lisses. Les cavités latérales comprennent
15 de préférence des promoteurs de turbulence et/ou des déflecteurs, destinés à favoriser la turbulence de l'air à l'intérieur de la pale et/ou à assurer une répartition plus homogène de l'air de refroidissement.

Selon une autre particularité de réalisation, l'aube comprend plusieurs cavités latérales internes distinctes longeant l'intrados et/ou plusieurs cavités latérales
20 distinctes longeant l'extrados. Dans ce cas, la région de jonction est de préférence située dans une zone aval de la pluralité de cavités latérales.

L'invention porte également sur un ensemble de moulage pour la fabrication d'une aube telle que définie ci-dessus, comprenant au moins une empreinte et un ensemble de noyaux destinés à la formation du conduit interne et des cavités latérales.

25 L'invention se rapporte aussi à une turbine de turbomachine comprenant une aube telle que définie ci-dessus.

Enfin, l'invention concerne une turbomachine comprenant une turbine telle que définie ci-dessus. La turbine est alors de préférence une turbine haute pression dans laquelle les aubes sont soumises à des températures plus élevées que dans une
30 turbine basse pression de turbomachine.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation, donnés à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- 5 – La figure 1 est une vue schématique d'un turboréacteur à double flux en coupe longitudinale ;
- la figure 2 est une vue schématique en perspective d'une aube de turbine selon un premier mode de réalisation du turboréacteur montré sur la figure 1 ;
- 10 – la figure 3 est une vue en perspective représentant les parties internes creuses d'une aube de turbine selon le premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 est une vue en coupe schématique partielle de l'aube du premier mode de réalisation selon une coupe orthogonale à la direction d'envergure.
- 15

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Comme visible sur la figure 1, une partie avant d'un turboréacteur à double flux 1 comporte une manche d'entrée 2 dans laquelle est admis l'air avant d'être
20 aspiré par les pales d'une soufflante 3. Après avoir passé la région de la soufflante, l'air se divise en un flux primaire central et un flux secondaire qui entoure le flux primaire.

Le flux d'air primaire traverse ensuite un premier compresseur 4 situé immédiatement après la soufflante 3 alors que le flux secondaire est propulsé vers l'arrière pour directement générer une poussée additionnelle en étant soufflé autour du flux
25 primaire.

Le flux primaire traverse ensuite un second étage de compression 6, avant d'atteindre une chambre 7 où a lieu sa combustion, après injection et vaporisation d'un carburant. Après combustion, ce flux primaire se détend dans une turbine haute pression 8 puis dans une turbine basse pression non représentée pour entraîner en rotation

les étages de compression et la soufflante, avant d'être expulsé vers l'arrière du moteur pour générer une poussée.

La turbomachine 1 et ses composants ont une forme de révolution autour d'un axe longitudinal AX. Elle comporte notamment un carter externe 9 ayant lui aussi une
5 forme de révolution et s'étendant depuis l'avant du moteur où il délimite la manche d'entrée d'air, jusqu'à la partie arrière où il délimite le conduit par lequel les flux primaire et secondaire sont évacués, l'avant et l'arrière étant à considérer par rapport à la direction d'avancement de l'aéronef équipé de ce turboréacteur. Ce carter 9 supporte les
10 composants rotatifs situés au centre du moteur et qui comprennent un arbre rotatif portant les pales de la soufflante ainsi que les étages de compression et la turbine avec leurs aubes.

Une telle aube, qui est repérée par 11 sur la figure 2, comprend un pied P par lequel elle est fixée à un corps rotatif non représenté, appelé disque de turbine, et une pale 12 portée par ce pied P et constituant la partie aérodynamique de cette aube.
15 Comme visible sur la figure 2, l'aube 11 comporte entre le pied P et la pale 12 une région intermédiaire 13 appelée plateforme.

L'ensemble que forme le pied P et la pale 12 est une pièce unique monobloc creuse issue de fonderie et comportant des conduits internes par lesquels circule de l'air de refroidissement. Ces conduits internes non visibles dans la figure 2 comportent
20 des bouches d'admission s'ouvrant en face inférieure 14 du pied P et par lesquelles ces conduits sont alimentés en air frais. La paroi creuse de la pale 12 comporte des trous traversants et des fentes par lesquels est évacué l'air de refroidissement.

La pale 12 a une forme gauche vrillée ayant un contour sensiblement rectangulaire, se rapprochant d'un parallélépipède. Elle comprend une base 16 par laquelle
25 elle est raccordée au pied P et qui s'étend à peu près parallèlement à l'axe de rotation AX. Elle comprend aussi un bord d'attaque 17 orienté radialement par rapport à l'axe AX et situé au niveau de l'amont AM de l'aube, c'est-à-dire la région avant de cette aube, par rapport à la direction d'avancement du moteur qu'elle équipe en service. Cette aube comporte aussi, un bord de fuite 18 orienté à peu près parallèlement au bord d'attaque 17
30 en étant espacé de celui-ci le long de l'axe AX pour être situé au niveau de la région aval AV

ou arrière de l'aube. Elle comprend encore un sommet S à peu près parallèle à la base 16 et espacé de celle-ci selon une direction radiale par rapport à l'axe AX.

Les deux parois principales de cette aube sont sa paroi d'intrados 21, qui est la paroi visible dans la figure 2, et sa paroi d'extrados qui est la paroi opposée espacée de la paroi d'intrados, et qui n'est pas visible dans la figure 2 du fait qu'elle est masquée par la paroi d'intrados 21. Les parois d'intrados et d'extrados sont réunies au niveau du bord d'attaque 17, au niveau du bord de fuite 18 et également dans la région du sommet S de cette aube. Ces parois sont espacées l'une de l'autre au niveau de la base 16 pour permettre l'admission d'air de refroidissement dans la région interne de la pale.

Le bord d'attaque 17 a une forme bombée et il est pourvu d'une série de trous de refroidissements 22 traversant la paroi de l'aube dans cette région. Le bord de fuite 18 a quant à lui une forme effilée, et il comporte une série de fentes de refroidissement 23. Ces fentes 23 sont des fentes de faibles longueurs espacées les unes des autres en étant situées dans le prolongement les unes des autres, pour constituer un ensemble qui longe l'extrémité du bord de fuite 18, chaque fente 23 traversant la paroi d'intrados 21.

En fonctionnement, le fluide dans lequel est située cette aube 11 se déplace par rapport à celle-ci depuis le bord d'attaque 17 vers le bord de fuite 18 en longeant l'intrados 21 et l'extrados. La paroi d'intrados 21 qui est soumise à un échauffement significatif en fonctionnement, comporte une série de trous 24 sensiblement parallèlement au bord d'attaque 17 en étant situés en aval de ce bord d'attaque, et une autre série de trous 26 sensiblement parallèlement au bord de fuite 18 en étant situés en amont de ce bord de fuite 18 et des fentes 23 qu'il comporte. Les séries de trous 24 et 26 s'étendent ainsi l'une et l'autre selon la direction d'envergure EV de la pale, qui est la direction radiale par rapport à l'axe AX.

La région du sommet S de l'aube 11 présente, contrairement au bord d'attaque 17 et au bord de fuite 18, une certaine épaisseur, et il a par ailleurs une forme délimitant une portion creuse dite en baignoire.

Plus concrètement, ce sommet S présente une paroi de fermeture qui raccorde les parois d'intrados et d'extrados, cette paroi de fermeture ayant une orientation

qui est globalement perpendiculaire aux parois d'intrados et d'extrados et parallèle à l'axe AX, ce qui correspond à une orientation perpendiculaire à la direction d'envergure EV. Cette paroi de fermeture qui n'est pas visible sur la figure 2 est située en retrait vers l'axe AX par rapport au bord libre de la paroi d'intrados et au bord libre de la paroi d'extrados, de sorte qu'elle constitue, conjointement avec ces bords une portion creuse ouverte en direction opposée à l'axe AX.

Une série de trous supplémentaires 27 traversant la paroi d'intrados est prévue le long du sommet S pour assurer un refroidissement significatif de ce sommet de pale qui subit des contraintes importantes du fait qu'il constitue la partie ayant la vitesse la plus élevée par rapport au fluide.

La série de trous 27 s'étend parallèlement à la paroi de fermeture, et la pale comporte, complémentirement, des trous non visibles sur la figure 2 qui traversent la paroi de fermeture pour déboucher dans la portion creuse appelée baignoire qui est au sommet de la pale.

Comme indiqué plus haut, une telle aube est une pièce monobloc creuse. Elle est fabriquée par moulage d'un matériau métallique de type titane ou autre, en utilisant un ensemble de noyaux pour délimiter les conduits internes de sa portion creuse ainsi que des portions de tiges pour former ses trous traversants. Les noyaux, tiges et autres sont retirés une fois que l'opération de moulage est terminée, typiquement avec un processus d'attaque chimique à même de dissoudre ces éléments sans altérer le matériau moulé. En particulier, l'ensemble de moulage de la figure 3 comprend un noyau central destiné à la fabrication d'un conduit central interne de l'aube, et un noyau périphérique monobloc destiné à la fabrication de cavités latérales d'intrados et d'extrados.

L'ensemble de moulage représenté de manière schématique partielle à la figure 3 sert à fabriquer l'aube 11 représentée en coupe à la figure 4. A ce titre, la figure 3 montre des régions internes de l'aube 11 qui y est représentée par les formes des noyaux permettant de fabriquer cette aube 11. Autrement dit, les formes qui sont en relief sur la figure 3 constituent des représentations des formes creuses de l'aube représentée à la figure 4.

Dans le mode de réalisation représenté à la figure 3 et à la figure 4, le bord d'attaque 17 et dans une moindre mesure le sommet S sont alimentés en air de refroidissement par un conduit central interne 53 qui s'étend depuis le pied P de l'aube jusqu'au sommet S de cette aube. Le conduit central 53 collecte, au niveau du pied P et à travers le pied P, de l'air de refroidissement pour le faire circuler dans la pale 12. L'air refroidissant la région creuse du bord d'attaque 17 est ensuite évacué par les trous traversants 22 formés dans la paroi externe de la pale 12.

L'aube 11 de la figure 3 comprend également une première cavité latérale 54 longeant la paroi d'intrados, et une seconde cavité latérale 56 longeant l'extrados. Ces deux cavités latérales 54, 56 isolent thermiquement le conduit central 53 des parois d'intrados et d'extrados qui sont réchauffées par les écoulements de gaz entourant la pale 12. L'air qui est fourni au bord d'attaque 17 de l'aube 11 et dans une moindre mesure au sommet S par le conduit central 53 est maintenu frais durant son cheminement dans ce conduit, grâce à ces cavités latérales qui jouent le rôle d'écran thermique entre le conduit central 53 plus froid et les parois d'intrados 21 et d'extrados.

A cet effet, le conduit central 53 est séparé physiquement des cavités latérales 54, 56, entre lesquelles il s'étend. Le conduit central 53 est alors alimenté en air de refroidissement séparément des cavités latérales. Afin de minimiser les échauffements et les pertes de charge à l'intérieur de l'aube 11 de la figure 3, le conduit central 53 a des surfaces internes lisses.

Comme visible dans la figure 3, la première cavité latérale 54 présente une faible épaisseur, et elle s'étend depuis le pied P jusqu'à la région du sommet S en ayant un contour généralement rectangulaire. Cette première cavité latérale 54 présente une largeur suffisante pour masquer ou couvrir le conduit central 53.

De manière analogue, la deuxième cavité latérale 56 a aussi une faible épaisseur, et elle s'étend depuis le pied P jusqu'à la région du sommet S. Cette deuxième cavité latérale 56 présente un contour généralement rectangulaire, ayant une largeur suffisante pour masquer ou couvrir le conduit central du côté de l'extrados.

Le refroidissement de l'aube 11 est encore optimisé en minimisant les pertes de charges dans le conduit central interne 53 pour y réduire les échanges

thermiques, et en prévoyant au contraire des promoteurs de turbulences dans les cavités latérales 54, 56. Chaque cavité latérale 54, 56 est avantageusement pourvue de déflecteurs, de perturbateurs et/ou de pontets pour créer des turbulences dans la circulation de l'air de refroidissement.

5 Les cavités latérales 54, 56 ont ainsi une efficacité accrue en tant qu'écran thermique du fait qu'elles absorbent la chaleur issue des parois externes qu'elles longent. L'air circulant dans le conduit central 53 est soumis à peu de pertes de charges, afin de circuler rapidement et se réchauffer le moins possible. Les deux cavités latérales 54 et 56 entourent le conduit central 53 au moins dans la partie arrière du conduit central 53. Elles
10 enveloppent ainsi le conduit central interne 53 sur trois quarts de sa circonférence environ. Les cavités latérales 54, 56 sont réunies en partie arrière ou aval de l'aube 11 dans une région de jonction 72 où elles communiquent entre elles. La région de jonction 72 présente, selon au moins un plan de section orthogonal à la direction d'envergure EV, une forme de U ouvert vers l'amont. Le faîte du U présente une épaisseur 76 sensiblement constante
15 selon la direction longitudinale AX d'élongation de la pale 12 du bord d'attaque 17 au bord de fuite 18. La région de jonction 72 a une forme de U ouvert vers l'amont et une épaisseur 76 environ constante, sur toute la hauteur 78 de la région de jonction 72 selon la direction d'envergure EV.

La région de jonction 72 permet au conduit central 53 de fournir au bord
20 d'attaque 17 qu'il alimente en air de refroidissement de l'air encore plus frais, ce qui limite les détériorations prématurées de la pale 12. Les deux cavités 54, 56 avec la région de jonction 72 constituent une cavité unique enveloppant le conduit central 53 sur la majorité de la surface externe de la paroi 58 du conduit central interne 53. La région de jonction 72 s'étend sur la majorité de la hauteur 78 de ce conduit central 53. En pratique, et comme
25 visible sur la figure 3, la hauteur 78 ou longueur de la région de jonction 72 selon la direction d'envergure EV correspond à la hauteur ou longueur de la première cavité latérale 54 selon la direction d'envergure EV. La hauteur 78 de la région de jonction 72 correspond également à la hauteur ou longueur du conduit central interne 53 selon la direction d'envergure EV.

L'alimentation en air de refroidissement des cavités latérales 54, 56 peut être réalisée de manière séparée par deux conduits d'alimentation débouchant séparément dans le pied d'aube, les cavités latérales étant alors réunies uniquement dans la région de la pale 12. Il est possible de prévoir un unique canal d'alimentation des deux cavités latérales ayant en section en forme de U dans un plan de section transversal à la direction d'envergure EV.

L'aval de la paroi d'extrados est dépourvu de trous traversant, du fait notamment de la trop faible pression de l'air dans cette région.

Le bord d'attaque 17 de l'aube est refroidi par une rampe amont de refroidissement 62 qui s'étend depuis la base 16 de la pale jusqu'au sommet S. Le bord d'attaque 17 n'est pas alimenté de manière directe par le pied P mais par l'intermédiaire du conduit central 53, de manière calibrée.

Cette alimentation calibrée est assurée par des passages calibrés 64 régulièrement espacés le long de la direction d'envergure EV de l'aube et qui relie chacun le conduit central 53 à la rampe amont 62. Chaque passage 64 a un diamètre calibré, c'est-à-dire choisi à la conception pour obtenir dans la zone de la rampe 62 qu'il alimente un débit d'air souhaité qui est conditionné par la thermique de l'aube dans cette région.

La paroi de l'aube 11 délimitant le bord d'attaque 17 comporte des trous non représentés, par lesquels l'air ayant circulé dans la rampe amont de refroidissement 62 traverse cette paroi pour refroidir le bord d'attaque 17. Le refroidissement du bord d'attaque 17 s'effectue en partie par impact sur le bord d'attaque 17 de l'air de refroidissement provenant de la rampe amont 62.

Les fentes de refroidissement 23 du bord de fuite, y compris celles situées dans la région du sommet S, sont approvisionnées en air de refroidissement, de façon isolée de l'approvisionnement en air du bord d'attaque 17 ou du sommet S. Une rampe aval de refroidissement 66 s'étend depuis le pied P, où elle est alimentée directement via ce pied P, jusqu'à la région du sommet S. La rampe aval 66 alimente en air de refroidissement les fentes 23 du bord de fuite 18. La rampe aval 66 est séparée de la région de jonction 72, et de manière plus générale des cavités latérales 54, 56, par une paroi transversale 74 s'étendant sensiblement selon la direction d'envergure EV et dans une

direction orthogonale à cette direction et à la direction longitudinale AX de l'aube 11. Etant donné que le conduit central 53 est séparé des cavités latérales 54, 56, la paroi transversale 74 est dépourvue de contact mécanique direct avec la paroi 58 délimitant le conduit central 53.

5 Dans une variante de réalisation non représentée de la figure 3, et de manière similaire à l'alimentation en air de refroidissement du bord d'attaque 17, les fentes de refroidissement 23 du bord de fuite peuvent être alimentés en air de refroidissement de manière calibrée par la rampe aval 66. Des trous traversant les parois de l'aube et débouchant dans les cavités latérales internes formant écran thermique peuvent être
10 prévus pour établir une circulation d'air optimale dans ces cavités. Chacun de ces trous est avantageusement situé au niveau d'une zone de dépression pour favoriser la circulation d'air. Chacun de ces trous assure que l'air collecté en pied d'aube et qui est acheminé dans une cavité formant écran thermique, est aspiré hors de l'aube, après avoir cheminé dans
15 cette cavité.

REVENDICATIONS

1. Aube (11) de turbine d'une turbomachine telle qu'un turbopropulseur ou un turboréacteur, l'aube (11) comprenant :

5 un pied (P),

une pale (12) portée par le pied (P) et s'étendant selon une direction d'envergure (EV) en se terminant par un sommet (S), la pale (12) comprenant un bord d'attaque (17) et un bord de fuite (18) situé en aval du bord d'attaque (17), la pale (12) comprenant une paroi d'intrados (21) et une paroi d'extrados espacées l'une de l'autre et reliant le bord
10 d'attaque (17) au bord de fuite (18),

caractérisée en ce qu'elle comprend :

une première cavité latérale interne (54) longeant la paroi d'intrados (21) et une seconde cavité latérale interne (56) longeant la paroi d'extrados, alimentées en air par au moins un canal débouchant dans le pied (P),

15 au moins un conduit central interne (53) s'étendant entre les cavités latérales (54, 56), en étant séparé des cavités latérales (54, 56) et configuré pour collecter au niveau du pied (P) de l'air de refroidissement destiné à circuler dans la pale (12) pour la refroidir,

dans laquelle les cavités latérales (54, 56) communiquent entre elles, en étant réunies par une région de jonction (72) située en aval du conduit central (53) et qui s'étend
20 sur la majorité de la hauteur (78) du conduit central selon la direction d'envergure (EV).

2. Aube (11) selon la revendication précédente, dans laquelle la région de jonction (72) s'étend sur toute la hauteur d'au moins l'une de la première et de la deuxième cavité latérale (54, 56) selon la direction d'envergure (EV).

25 3. Aube (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la région de jonction (72) présente, selon au moins un plan de section orthogonal à la direction d'envergure (EV), une forme de U ouvert vers l'amont.

4. Aube (11) selon la revendication précédente, dans laquelle le faîte du U présente une épaisseur (76) sensiblement constante selon une direction longitudinale (AX) d'élongation de la pale (12) du bord d'attaque (17) au bord de fuite (18).

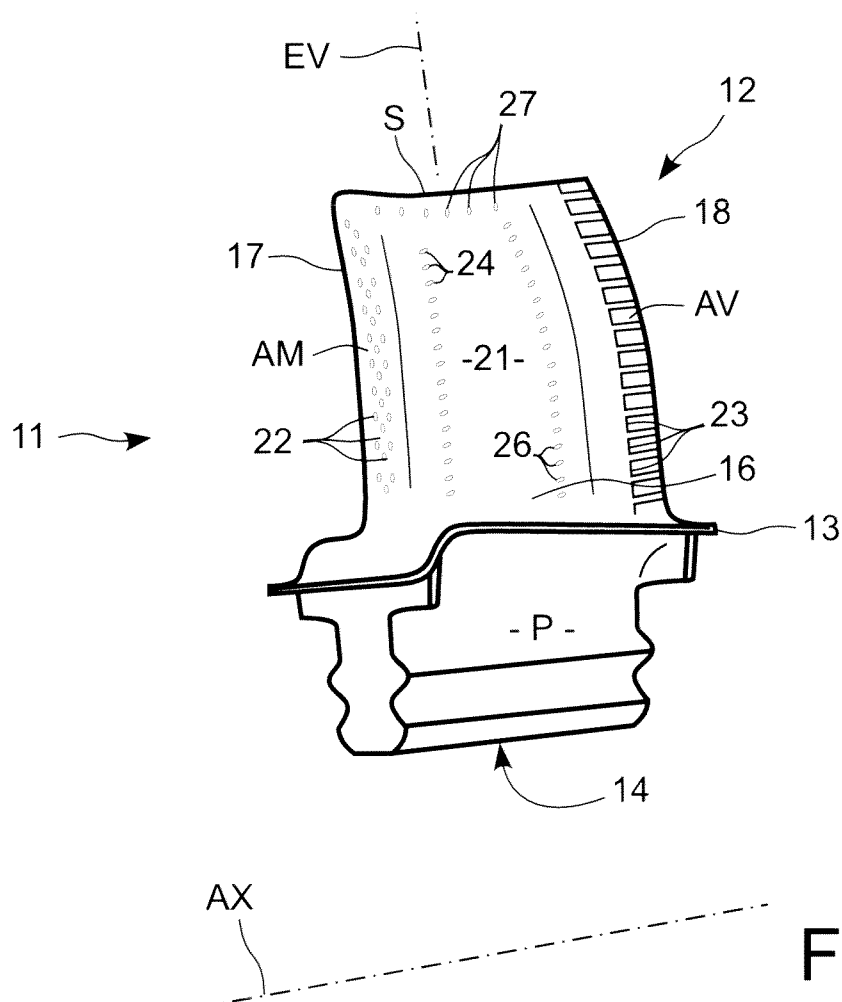
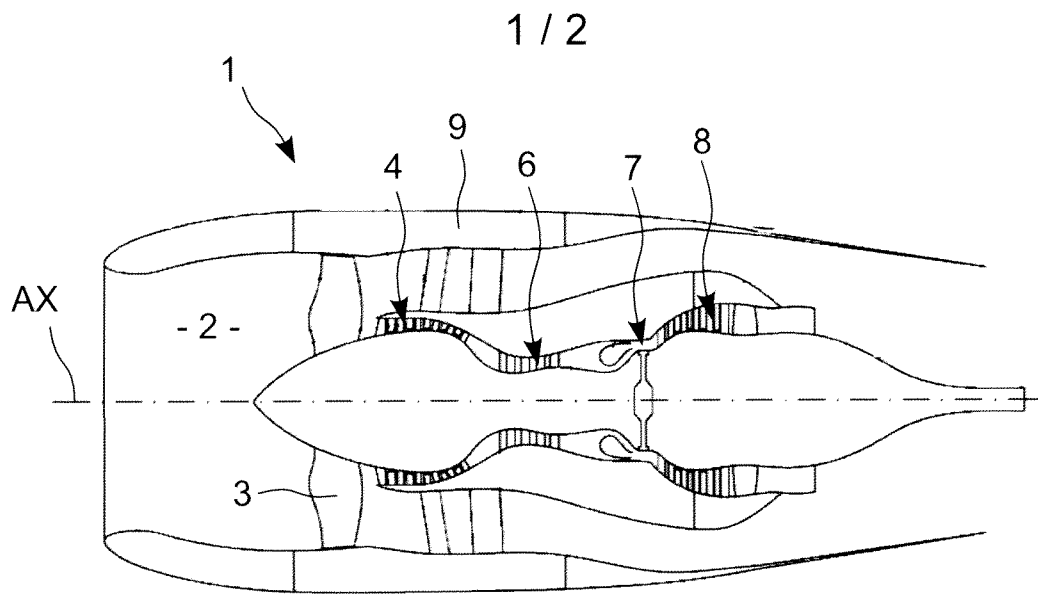
5 5. Aube (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le conduit central (53) a des surfaces internes lisses et les cavités latérales (54, 56) comprennent des promoteurs de turbulence et/ou des déflecteurs destinés à accroître les échanges thermiques à l'intérieur de l'aube (11).

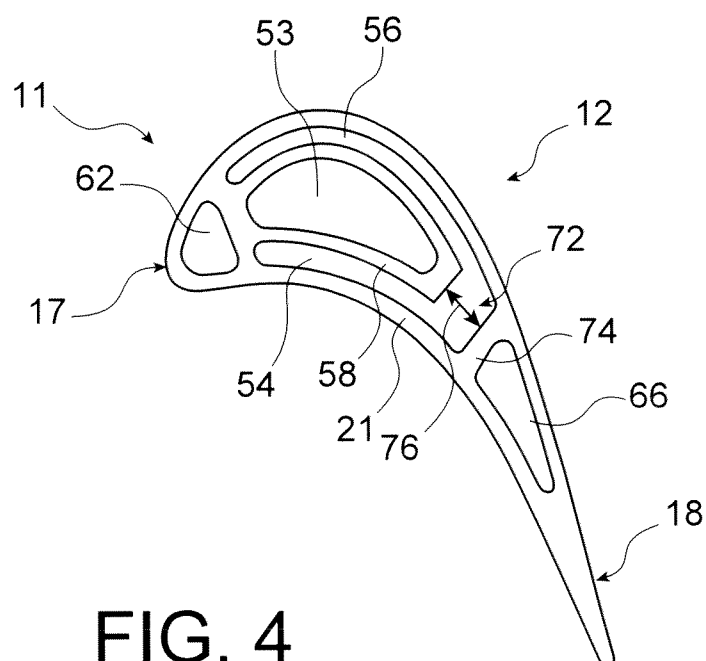
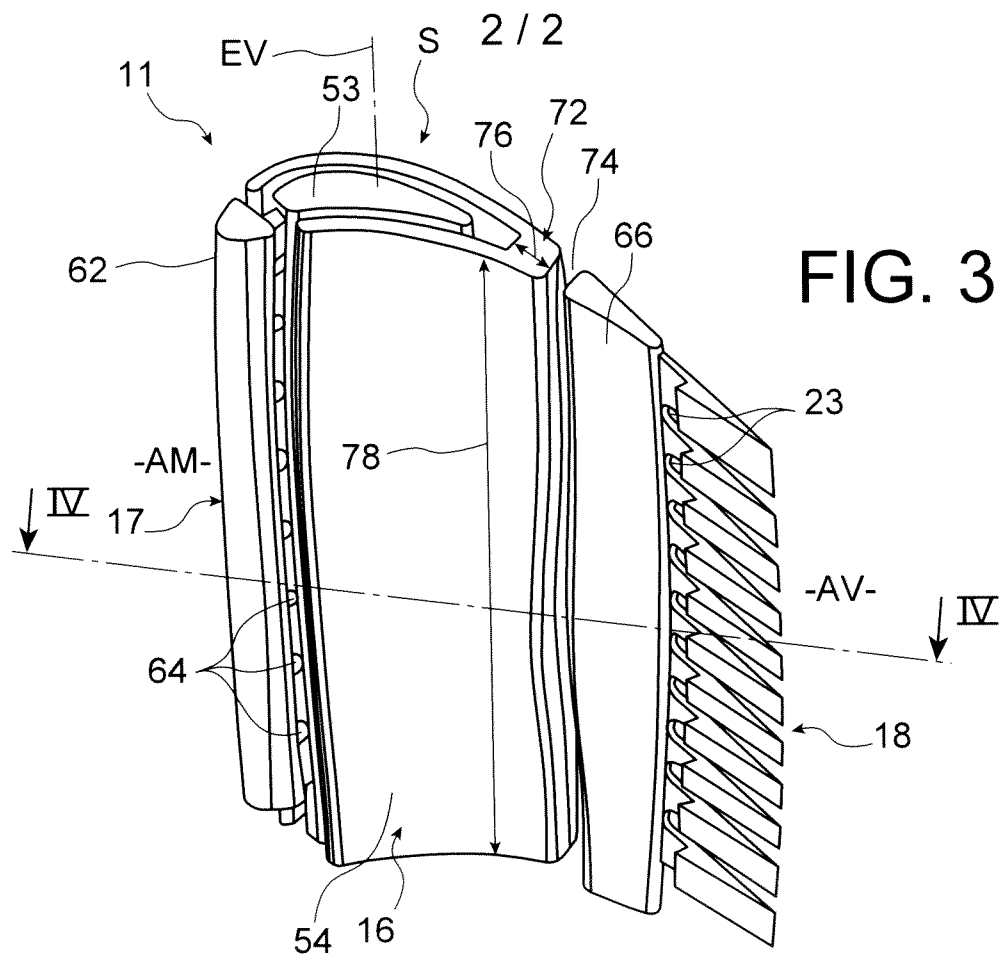
10 6. Aube (11) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'aube (11) comprend plusieurs cavités latérales internes distinctes longeant l'intrados et/ou plusieurs cavités latérales distinctes longeant l'extrados.

15 7. Ensemble de moulage pour la fabrication d'une aube (11) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant au moins une empreinte et un ensemble de noyaux destinés à la formation du conduit interne et des cavités latérales.

8. Turbine (8) de turbomachine comprenant une aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

20 9. Turbomachine comprenant une turbine (8) selon la revendication précédente.





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2015/051373

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01D5/18 B22C9/10
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 B22C

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.
X Y	US 4 252 501 A (PEILL PETER G) 24 February 1981 (1981-02-24) figures 1-6 -----	1-4,6,8, 9 5
X	JP S61 279702 A (TOSHIBA CORP) 10 December 1986 (1986-12-10) the whole document -----	1-4,6-9
X Y	US 3 373 970 A (HEINZ BROCKMANN) 19 March 1968 (1968-03-19) figures 1-4 -----	1-4,6-9 5
Y	US 2012/269647 A1 (VITT PAUL H [US] ET AL) 25 October 2012 (2012-10-25) paragraphs [0024], [0025]; figures 1-4 ----- -/-	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

18 August 2015

Date of mailing of the international search report

26/08/2015

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

Koch, Rafael

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2015/051373

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1 065 343 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 3 January 2001 (2001-01-03) paragraph [0020] - paragraph [0028]; figures 1-5 -----	1-9
Y	EP 2 189 230 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 26 May 2010 (2010-05-26) figures 1-13 -----	1,5,7-9
A		2-4,6
Y	EP 1 655 452 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 10 May 2006 (2006-05-10) figures 1-10 -----	1,5,7-9
Y	US 2008/080979 A1 (BRASSFIELD STEVEN ROBERT [US] ET AL) 3 April 2008 (2008-04-03) figure 5 -----	5,6
A		1-4,7-9
A	EP 2 119 873 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 18 November 2009 (2009-11-18) figures 1-5 -----	1,5,8,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2015/051373

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4252501	A	24-02-1981	DE 2453854 C1 05-05-1983
		FR 2457965 A1 26-12-1980	
		GB 1587401 A 01-04-1981	
		IT 1046797 B 31-07-1980	
		US 4252501 A 24-02-1981	

JP S61279702	A	10-12-1986	NONE

US 3373970	A	19-03-1968	FR 1503348 A 24-11-1967
		GB 1097300 A 03-01-1968	
		US 3373970 A 19-03-1968	

US 2012269647	A1	25-10-2012	CN 103492677 A 01-01-2014
		EP 2699763 A1 26-02-2014	
		US 2012269647 A1 25-10-2012	
		WO 2012145121 A1 26-10-2012	

EP 1065343	A2	03-01-2001	DE 60015862 D1 23-12-2004
		DE 60015862 T2 27-10-2005	
		EP 1065343 A2 03-01-2001	
		JP 4486216 B2 23-06-2010	
		JP 2001020702 A 23-01-2001	
		US 6168381 B1 02-01-2001	

EP 2189230	A1	26-05-2010	EP 2189230 A1 26-05-2010
		US 2010129194 A1 27-05-2010	
		US 2012207616 A1 16-08-2012	
		US 2015098835 A1 09-04-2015	

EP 1655452	A2	10-05-2006	CA 2523630 A1 09-05-2006
		CN 1773080 A 17-05-2006	
		EP 1655452 A2 10-05-2006	
		JP 2006138317 A 01-06-2006	
		KR 20060049366 A 18-05-2006	
		SG 122883 A1 29-06-2006	
		TW I279479 B 21-04-2007	
		US 2006096092 A1 11-05-2006	
		US 2008044282 A1 21-02-2008	

US 2008080979	A1	03-04-2008	NONE

EP 2119873	A2	18-11-2009	EP 2119873 A2 18-11-2009
		US 2009285683 A1 19-11-2009	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/051373

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. F01D5/18 B22C9/10
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

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
X	US 4 252 501 A (PEILL PETER G) 24 février 1981 (1981-02-24)	1-4, 6, 8, 9
Y	figures 1-6	5
X	JP S61 279702 A (TOSHIBA CORP) 10 décembre 1986 (1986-12-10) le document en entier	1-4, 6-9
X	US 3 373 970 A (HEINZ BROCKMANN) 19 mars 1968 (1968-03-19)	1-4, 6-9
Y	figures 1-4	5
Y	US 2012/269647 A1 (VITT PAUL H [US] ET AL) 25 octobre 2012 (2012-10-25) alinéas [0024], [0025]; figures 1-4	1-9
	-/-	



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



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

18 août 2015

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

26/08/2015

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

Koch, Rafael

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/051373

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	EP 1 065 343 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 3 janvier 2001 (2001-01-03) alinéa [0020] - alinéa [0028]; figures 1-5 -----	1-9
Y	EP 2 189 230 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 26 mai 2010 (2010-05-26)	1,5,7-9
A	figures 1-13 -----	2-4,6
Y	EP 1 655 452 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 10 mai 2006 (2006-05-10) figures 1-10 -----	1,5,7-9
Y	US 2008/080979 A1 (BRASSFIELD STEVEN ROBERT [US] ET AL) 3 avril 2008 (2008-04-03)	5,6
A	figure 5 -----	1-4,7-9
A	EP 2 119 873 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 18 novembre 2009 (2009-11-18) figures 1-5 -----	1,5,8,9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2015/051373

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4252501	A	24-02-1981	DE 2453854 C1 FR 2457965 A1 GB 1587401 A IT 1046797 B US 4252501 A	05-05-1983 26-12-1980 01-04-1981 31-07-1980 24-02-1981
JP S61279702	A	10-12-1986	AUCUN	
US 3373970	A	19-03-1968	FR 1503348 A GB 1097300 A US 3373970 A	24-11-1967 03-01-1968 19-03-1968
US 2012269647	A1	25-10-2012	CN 103492677 A EP 2699763 A1 US 2012269647 A1 WO 2012145121 A1	01-01-2014 26-02-2014 25-10-2012 26-10-2012
EP 1065343	A2	03-01-2001	DE 60015862 D1 DE 60015862 T2 EP 1065343 A2 JP 4486216 B2 JP 2001020702 A US 6168381 B1	23-12-2004 27-10-2005 03-01-2001 23-06-2010 23-01-2001 02-01-2001
EP 2189230	A1	26-05-2010	EP 2189230 A1 US 2010129194 A1 US 2012207616 A1 US 2015098835 A1	26-05-2010 27-05-2010 16-08-2012 09-04-2015
EP 1655452	A2	10-05-2006	CA 2523630 A1 CN 1773080 A EP 1655452 A2 JP 2006138317 A KR 20060049366 A SG 122883 A1 TW 1279479 B US 2006096092 A1 US 2008044282 A1	09-05-2006 17-05-2006 10-05-2006 01-06-2006 18-05-2006 29-06-2006 21-04-2007 11-05-2006 21-02-2008
US 2008080979	A1	03-04-2008	AUCUN	
EP 2119873	A2	18-11-2009	EP 2119873 A2 US 2009285683 A1	18-11-2009 19-11-2009