

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2020/193912 A1**

(43) Date de la publication internationale  
01 octobre 2020 (01.10.2020)

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

**ENGINES** [FR/FR] ; 2 boulevard du Général Martial Valin,  
75015 PARIS (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2020/050564

(72) Inventeurs : **CARIOU, Romain, Pierre** ; SAFRAN  
CEPI, Rond-point René Ravaud - Réau, 77550 MOISSY-  
CRAMAYEL (FR). **PELLETERAT DE BORDE, My-  
riam** ; SAFRAN CEPI, Rond-point René Ravaud - Ré-  
au, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **SIMON, Vian-  
ney** ; SAFRAN CEPI, Rond-point René Ravaud - Ré-  
au, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR). **ROLLINGER,  
Adrien, Bernard, Vincent** ; SAFRAN CEPI, Rond-point  
René Ravaud - Réau, 77550 MOISSY-CRAMAYEL (FR).

(22) Date de dépôt international :  
16 mars 2020 (16.03.2020)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1903019 22 mars 2019 (22.03.2019) FR

(74) Mandataire : **BARBE, Laurent** et al. ; GEVERS & ORES,  
Immeuble Palatin 2, 3 Cours du Triangle, CS 80165, 92939  
PARIS LA DEFENSE CEDEX (FR).

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

(54) Title: TURBINE ENGINE VANE EQUIPPED WITH A COOLING CIRCUIT AND LOST-WAX METHOD FOR MANUFACTURING SUCH A VANE

(54) Titre : AUBE DE TURBOMACHINE EQUIPEE D'UN CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT ET PROCEDE DE FABRICATION A CIRE PERDUE D'UNE TELLE AUBE

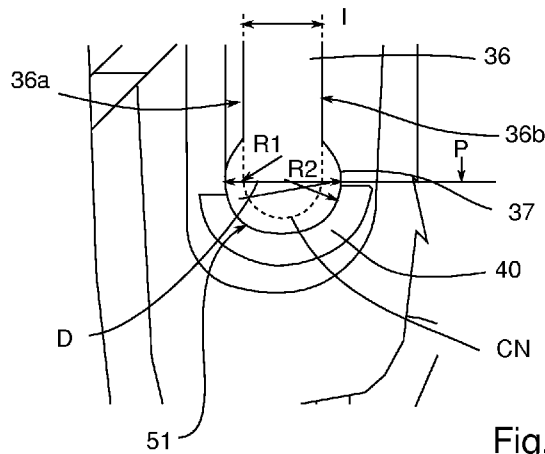


Fig.4

(57) Abstract: The invention relates to a turbine engine vane (20) comprising a blade (21) extending along a radial axis and a first cooling circuit (28) arranged inside the blade, the first cooling circuit (28) comprising a first cavity (34) and a second cavity (35) disposed downstream of the first cavity in a direction of circulation of a coolant in the blade, the first and second cavities radially extending inside the blade and being at least partly separated by a first radial partition (36) having a radially internal free end (37), which at least partly demarcates a first coolant passage (40) connecting the first and second cavities. According to the invention, the radially internal free end (37) is enlarged by having a general transverse section substantially in the form of a keyhole.

(57) Abrégé : L'invention concerne une aube (20) de turbomachine comprenant une pale (21) s'étendant suivant un axe radial et un premier circuit de refroidissement (28) agencé à l'intérieur de la pale, le premier circuit de refroidissement (28) comportant une première cavité (34) et une deuxième cavité (35) disposée en aval de la première cavité suivant un sens de circulation d'un fluide de refroidissement dans la pale, les première et deuxième cavités s'étendant radialement à l'intérieur de la pale et étant séparées au moins en partie par une première cloison radiale (36) ayant une extrémité libre radialement interne (37) qui délimite au moins en partie un premier passage (40) de fluide de refroidissement reliant les première et deuxième cavités. Selon l'invention, l'extrémité libre radialement interne (37) est élargie en ayant une section transversale générale sensiblement en forme de trou de serrure.



WO 2020/193912 A1

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

**(84) États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (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))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

**DESCRIPTION****TITRE : AUBE DE TURBOMACHINE EQUIPEE D'UN CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT ET PROCEDE DE FABRICATION A CIRE PERDUE D'UNE TELLE AUBE**

5

**Domaine de l'invention**

La présente invention concerne le domaine des turbomachines et en particulier une aube de turbomachine équipée d'un circuit de refroidissement destiné à la refroidir. Elle vise également un procédé de fabrication à cire perdue à partir d'un ensemble de noyaux de fonderie.

10

**Arrière-plan technique**

L'art antérieur comprend les documents FR-A1-3 056 631, US-A-4 650 399, EP-A2-2 374 997, US-A1-2007/140851, et EP-A2-1 734 229.

15

Les aubes de turbomachine, notamment les aubes de turbine haute pression sont soumises à des températures très élevées qui peuvent réduire leur durée de vie et dégrader les performances de la turbomachine. En effet, les turbines de turbomachine sont agencées en aval de la chambre de combustion de la turbomachine qui éjecte un flux gazeux chaud lequel est détendu par les turbines et permet de les entraîner en rotation pour le fonctionnement de la turbomachine. La turbine haute pression qui est placée directement à la sortie de la chambre de combustion subit les températures les plus élevées.

20

Afin de permettre aux aubes de turbine de supporter ces contraintes thermiques sévères, il est connu de prévoir un circuit de refroidissement dans lequel circule un air relativement plus froid qui est prélevé au niveau des compresseurs, ces derniers étant situés en amont de la chambre de combustion. Plus précisément, chaque aube de turbine comprend une pale avec une paroi intrados et une paroi extrados qui sont reliées en amont par un bord d'attaque et en aval par un bord de fuite.

25

30

Le circuit de refroidissement comprend plusieurs cavités à l'intérieur de la pale de l'aube dont certaines communiquent entre elles et qui sont alimentées par de l'air de refroidissement depuis le pied de l'aube, une partie de cet air de refroidissement débouchant dans des orifices de sortie qui sont placés au voisinage du bord de fuite. Ces orifices délivrent des jets d'air de refroidissement sur les parois de la pale.

35

Il est connu que le circuit de refroidissement comprenne plusieurs cloisons s'étendant radialement dans la pale de manière à former des cavités « montantes » et « descendantes » disposées successivement suivant le sens de circulation de l'air de refroidissement et qui communiquent entre elles par des passages courbes. Ces cavités et passages sont connus sous l'expression de circuit « trombone ». Les passages courbes sont formés respectivement par les extrémités libres des cloisons qui présentent chacune une courbure ou retournement de la cloison. Chaque cloison relie une première paroi à une deuxième paroi qui sont opposées transversalement dans la pale. Cela permet de balayer une grande surface à l'intérieur de la pale pour son refroidissement.

La pale peut comprendre d'autres cavités provenant d'autres circuits indépendants et qui sont agencées à proximité du circuit trombone par exemple du côté de la paroi intrados ou de la paroi extradados. Les passages courbes sont dans ce cas réduits afin de placer les différents circuits dans le maître-couple de la pale. En particulier, les circuits avec cavités sont réalisés généralement par des noyaux de fonderie indépendants qui sont exploités dans un procédé de fabrication de l'aube utilisant la technique de fonderie à cire perdue. Les noyaux peuvent être placés trop proches l'un par rapport à l'autre et ainsi créer des sous-épaisseurs de matière dans la matière des cloisons. Les sous-épaisseurs peuvent être dues à une déformation d'un noyau de fonderie lors de la cuisson du noyau, de l'injection de la cire autour des noyaux, de la cuisson de la carapace (généralement en matériaux réfractaire) enveloppant la cire et les noyaux ou de la coulée du métal en fusion dans la carapace, ou encore un mauvais maintien des noyaux.

Les sous-épaisseurs de matière sur la cloison sont fortement contraintes mécaniquement à cause de la présence de forts gradients thermiques entre l'intérieur et l'extérieur de la pale ce qui induit un écart de dilatation.

### Résumé de l'invention

L'objectif de la présente invention est de réduire les contraintes mécaniques localisées que subit la pale dû à l'agencement d'un circuit de refroidissement tout en évitant les modifications structurelles importantes de l'aube.

Nous parvenons à cet objectif conformément à l'invention grâce à une aube de turbomachine comprenant une pale s'étendant suivant un axe radial et un premier circuit de refroidissement agencé à l'intérieur de la pale, le premier circuit de refroidissement comportant une première cavité et une deuxième cavité disposée en aval de la première cavité suivant un sens de circulation d'un fluide de refroidissement dans la pale, les

première et deuxième cavités s'étendant radialement à l'intérieur de la pale et étant séparées au moins en partie par une première cloison radiale ayant une extrémité libre radialement interne qui délimite au moins en partie un premier passage de fluide de refroidissement reliant les première et deuxième cavités, l'extrémité libre radialement interne étant élargie en ayant une section transversale générale sensiblement en forme de trou de serrure.

Ainsi, cette solution permet d'atteindre l'objectif susmentionné. En particulier, une telle forme permet d'étaler les contraintes sur une plus grande surface à l'extrémité libre radialement interne de la première cloison ce qui permet d'augmenter la durée de vie de l'aube.

L'aube comprend également l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises seules ou en combinaison :

- la pale comprend une paroi intrados et une paroi extrados reliée en amont par un bord d'attaque et en aval par un bord de fuite.
- la première cloison s'étend suivant un axe transversal perpendiculaire à l'axe radial entre la paroi intrados et paroi extrados.
- le premier circuit de refroidissement comprend une troisième cavité disposée en amont de la première cavité suivant le sens de circulation du fluide de refroidissement, la troisième cavité et la première cavité étant séparées par une deuxième cloison radiale ayant une extrémité libre radialement externe et étant reliées par un deuxième passage de fluide de refroidissement qui est délimité au moins en partie par l'extrémité libre radialement externe.
- l'extrémité libre radialement externe comprend une section transversale générale sensiblement en forme de trou de serrure.
- la deuxième cloison s'étendant sensiblement transversalement entre la paroi intrados et la paroi extrados.
- la pale comprend un deuxième circuit de refroidissement comprenant une cavité intrados disposée d'une part, de manière adjacente à une paroi intrados de la pale et d'autre part, entre la troisième cavité et la deuxième cavité suivant le sens de circulation du fluide de refroidissement dans la pale.
- l'extrémité libre radialement interne présente une section transversale circulaire ou semi-circulaire d'un rayon prédéterminé  $R_2$  dont la valeur est comprise entre 1.2 fois un rayon nominal  $R_1$  et 2 fois le rayon nominal  $R_1$ , le rayon nominal  $R_2$  étant le rayon de l'extrémité libre radialement interne présentant un congé à section circulaire.

L'invention concerne également un ensemble de fonderie pour la fabrication d'une aube de turbomachine présentant l'une quelconque des caractéristiques susmentionnées, l'ensemble comprenant un premier noyau allongé suivant une hauteur radiale et qui comporte une première aile destinée à former la première cavité et une deuxième aile destinée à former la deuxième cavité, les première et deuxième ailes étant à distance l'une de l'autre par un premier espace sensiblement constant suivant une majorité de leur hauteur radiale et étant reliées à une de leurs premières extrémités, le premier espace étant destiné à former la première cloison radiale de séparation entre la première et la deuxième cavités de la pale, le premier espace est élargi au niveau des première extrémités des première et deuxième ailes en ayant une section transversale sensiblement en forme en trou de serrure.

L'ensemble de fonderie comprend également l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises seules ou en combinaison :

- 15 - la première aile est définie dans un plan médian PM1 qui est sensiblement orthogonal au plan médian PM2 dans lequel est définie la deuxième aile.
- le premier noyau comprend une troisième aile destinée à former la troisième cavité qui est reliée à sa deuxième extrémité à une deuxième extrémité de la première aile, la première aile et la troisième aile étant à distance l'une de l'autre suivant un deuxième espace sensiblement constant suivant une majorité de leur hauteur radiale.
- 20 - le deuxième espace est élargi au niveau des deuxièmes extrémités des première et troisième ailes en ayant une section transversale sensiblement en forme en trou de serrure.
- 25 - l'ensemble de fonderie comprend un deuxième noyau allongé suivant la hauteur radiale et un élément de liaison allongé logé au moins en partie dans le premier espace élargi suivant une direction transversale perpendiculaire à la hauteur radiale et configuré pour maintenir en position le deuxième noyau par rapport au premier noyau.
- 30 - l'élément de liaison présente une section circulaire avec une complémentarité de forme avec le premier espace qui est élargi, l'élément de liaison étant bloqué radialement dans le premier espace qui est élargi.
- le premier noyau est configuré pour former le premier circuit de refroidissement.
- le deuxième noyau est configuré pour former le deuxième circuit de refroidissement.
- 35 - les premier et deuxième noyaux comprennent un matériau céramique.

L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une aube de turbomachine telle que susmentionnée, le procédé utilisant un ensemble de fonderie présentant l'une quelconque des caractéristiques susmentionnées.

5 Le procédé comprend en outre les étapes suivantes :

- assemblage des premier et deuxième noyaux de fonderie l'un par rapport à l'autre avec au moins un élément de liaison allongé inséré dans l'espace élargi en forme de trou de serrure suivant une direction transversale à la hauteur radiale des première et deuxième aile, le deuxième noyau venant en butée contre l'élément de liaison,
- 10 - injection de cire de manière à enrober les premier et deuxième noyaux assemblés avec l'élément de liaison et à former un modèle,
- fabrication d'une carapace enveloppant le modèle,
- versement d'un métal en fusion à l'intérieur de la carapace de manière à former l'aube de turbomachine ;
- 15 - décochage de la carapace et des premier et deuxième noyaux de manière à libérer l'aube de turbomachine et à former les première et deuxième cavités d'un premier circuit de refroidissement dans la pale.

20 Suivant le procédé de fabrication, lors de l'étape de versement de métal en fusion, l'élément de liaison est noyé dans le métal en fusion de manière à former une seule pièce avec la pale et à former l'extrémité radialement interne de section transversale en forme de trou de serrure.

25 L'invention concerne en outre une turbine de turbomachine comprenant au moins une aube de turbomachine présentant les caractéristiques susmentionnées.

L'invention concerne par ailleurs une turbomachine comprenant au moins une turbine de turbomachine telle que précitée.

30

### **Brève description des figures**

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lecture de la description explicative détaillée qui va suivre, de modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples purement illustratifs et non limitatifs, en référence aux dessins schématiques annexés dans lesquels :

35

[Fig. 1] La figure 1 est une vue en coupe axiale et partielle d'un exemple de turbomachine à laquelle s'applique l'invention ;

[Fig. 2] La figure 2 représente schématiquement une coupe axiale d'une aube de turbomachine avec un circuit de refroidissement selon l'invention ;

[Fig. 3] La figure 3 est une vue en coupe radiale d'une pale d'une aube de turbomachine comprenant des circuits de refroidissement avec diverses cavités selon l'invention;

5 [Fig. 4] La figure 4 est une vue partielle et axiale d'un circuit de refroidissement d'une aube refroidie au niveau d'un passage courbe ou retournement selon l'invention ;

[Fig. 5] La figure 5 est une vue schématique d'un exemple de noyau de fonderie destiné à permettre la réalisation d'une aube de turbomachine par un procédé de fabrication utilisant la technique de cire fondue selon l'invention ; et

10 [Fig. 6] La figure 6 illustre de manière schématique l'agencement de noyaux de fonderie les uns aux rapport aux autres pour la fabrication d'une aube de turbomachine selon l'invention.

### **Description détaillée de l'invention**

15 La figure 1 montre une vue en coupe axiale et partielle d'une turbomachine 1 d'axe longitudinal X à laquelle s'applique l'invention. La turbomachine représentée est une turbomachine double flux et double corps destiné à être montée sur un aéronef selon l'invention. Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à ce type de turbomachine.

20 Cette turbomachine 1 à double flux comprend, de manière générale, une soufflante 2 montée en amont d'un générateur de gaz 3. Dans la présente invention, et de manière générale, les termes « amont » et « aval » sont définis par rapport à la circulation des gaz dans la turbomachine et ici suivant l'axe longitudinal X (et même de gauche à droite sur la figure 1). Les termes « axial » et « axialement » sont définis par rapport à l'axe longitudinal X. De même, les termes « radial », « interne » et « externe » sont définis par rapport à un  
25 axe radial Z perpendiculaire à l'axe longitudinal X et au regard de l'éloignement par rapport à l'axe longitudinal X.

30 Le générateur de gaz 3 comprend d'amont en aval, un compresseur basse pression 4a, un compresseur haute pression 4b, une chambre de combustion 5, une turbine haute pression 6a et une turbine basse pression 6b.

35 La soufflante 2, qui est entourée par un carter de soufflante 7 portée par une nacelle 8, divise l'air qui entre dans la turbomachine en un flux d'air primaire qui traverse le générateur de gaz 3 et en particulier dans une veine primaire 9, et en un flux d'air secondaire qui circule autour du générateur de gaz dans une veine secondaire 10.

Le flux d'air secondaire est éjecté par une tuyère secondaire 11 terminant la nacelle alors que le flux d'air primaire est éjecté à l'extérieur de la turbomachine via une tuyère d'éjection 12 située en aval du générateur de gaz 3.

5 La turbine haute pression 6a, comme la turbine basse pression 6b, comprend un ou plusieurs étages. Chaque étage comprend un aubage stator monté en amont d'un aubage mobile. L'aubage stator comprend une pluralité d'aubes de stator ou fixes, appelées distributeur, qui sont réparties circonférentiellement autour de l'axe longitudinal X. L'aubage mobile comprend une pluralité d'aubes mobiles qui sont réparties également  
10 circonférentiellement autour d'un disque centré sur l'axe longitudinal X. Les distributeurs dévient et accélèrent le flux aérodynamique en sortie de la chambre de combustion vers les aubes mobiles pour que celles-ci soient entraînées en rotation.

En référence aux figures 2 à 4, chaque aube de turbine (et ici une aube mobile 20 de turbine  
15 haute pression) comprend une pale 21 s'élevant radialement depuis une plateforme 22. Cette dernière est portée par un pied 23 qui est destiné à s'implanter dans une des rainures correspondantes du disque de turbine. Chaque pale 21 comprend une paroi intrados 24 et une paroi extrados 25 qui sont reliées en amont par un bord d'attaque 26 et en aval par un bord de fuite 27. Les parois intrados et extrados sont opposées suivant un axe transversal  
20 T qui est perpendiculaire aux axes longitudinal et radial.

L'aube 20 comprend un premier circuit de refroidissement 28 qui est agencé à l'intérieur de la pale et qui est destiné à refroidir les parois de la pale subissant les températures élevées du flux d'air primaire quittant la chambre de combustion 5 et la traversant. Le premier circuit  
25 de refroidissement 28 comprend plusieurs cavités qui communiquent entre elles de manière à former un conduit de type trombone. Ce dernier comprend plusieurs passages ou retournements (d'environ 180°) pour qu'un fluide de refroidissement, ici de l'air de refroidissement, balaie l'ensemble de la pale et de haut en bas suivant l'axe radial. Le refroidissement de la pale est alors optimisé.

30 Le pied 23 comprend un canal d'alimentation 30 qui comprend une entrée d'air de refroidissement 31 prélevé en amont de la chambre de combustion tel que sur le compresseur basse pression et qui débouche dans le conduit de type trombone. Le canal 30 débouche également sur une face radialement interne 32 du pied de l'aube qui  
35 comprend l'entrée d'air de refroidissement. Le premier circuit de refroidissement 28 comprend également des orifices de sortie 33 qui sont agencés au voisinage du bord de fuite 27 de la pale. Les orifices de sortie 33 sont orientés sensiblement suivant l'axe

longitudinal X et sont alignés et répartis régulièrement sensiblement suivant l'axe radial. De la sorte, l'air de refroidissement RF qui circule depuis le pied de l'aube traverse les cavités à l'intérieur de la pale et débouche dans les orifices de sortie 33.

5 Comme cela est illustré en détail sur la figure 3, le premier circuit de refroidissement 28 comprend plusieurs cavités agencées successivement de l'amont vers l'aval de la pale. En particulier, une première cavité 34 et une deuxième cavité 35 s'étendent chacune suivant l'axe radial dans la pale. La deuxième cavité 35 est disposée en aval de la première cavité 34 suivant le sens de circulation de l'air de refroidissement (et de l'amont vers l'aval suivant l'axe longitudinal X). La première cavité 34 et la deuxième cavité 35 sont séparées, au moins en partie, par une première cloison radiale 36 qui a une extrémité libre radialement interne 37, ici semi-cylindrique. Cette dernière est située au niveau de l'extrémité de raccordement 38 de pied de l'aube (opposée radialement à l'extrémité libre 39 de la pale). L'extrémité libre 39 de la pale comprend par ailleurs, une paroi de fermeture (non représentée) qui permet de contenir l'air de refroidissement à l'intérieur de la pale pour son refroidissement. La première cloison 36 est raccordée à la paroi de fermeture à son extrémité radialement externe (opposée à son extrémité libre radialement interne 37).

En référence à la figure 4, la première cavité 34 et la deuxième cavité 35 sont reliées (et/ou communiquent entre elles) par un premier passage 40 de fluide de refroidissement qui est situé en partie inférieure de la cloison radiale 36, suivant l'axe radial, et qui est délimité au moins en partie par l'extrémité libre radialement interne 37.

La première cloison radiale 36 relie une première paroi à une deuxième paroi opposées sensiblement suivant l'axe transversal. Dans l'exemple représenté, la première paroi est en contact avec l'environnement extérieur de la pale subissant les flux gazeux chauds et est formée par la paroi extrados 25. La deuxième paroi est quant à elle formée par une paroi interne 41 qui s'étend d'une part, suivant l'axe radial et d'autre part, suivant une direction sensiblement parallèle à la corde de l'aube (ou sensiblement suivant l'axe longitudinal X).

Alternativement, la première paroi est formée par la paroi intrados puisque celle-ci subit également les flux gazeux chauds. Dans ce cas, la première cloison radiale 36 s'étend transversalement entre la paroi intrados 24 et la paroi interne 41 auxquelles celle-ci est reliée avec des zones de raccordement respectivement. Suivant encore une autre alternative, la première cloison 36 est reliée à la paroi intrados 24 et à la paroi extrados 25 entre lesquelles celle-ci s'étend transversalement.

Comme nous pouvons le voir sur la figure 4 en détail, la première cloison radiale 36 présente une épaisseur ou une largeur  $l$  sensiblement constante sur la majeure partie de sa longueur radiale  $L$ . L'extrémité libre radialement interne 37 est élargie (ou comprend un élargissement) en ayant une section transversale générale sensiblement en forme de trou de serrure. L'élargissement est sensiblement constant suivant l'axe transversal (et entre la paroi intrados 24 et la paroi extrados 25). En particulier, la section transversale est circulaire ou semi-circulaire avec un rayon prédéterminé  $R2$ . L'axe du rayon prédéterminé est perpendiculaire à l'axe radial. L'extrémité libre radialement interne comprend une surface externe cylindrique 51 et qui relie deux flancs 36a, 36b opposés de la première cloison radiale 36 suivant la corde de la pale (ou suivant l'axe longitudinal). Une telle configuration forme une surépaisseur locale de la cloison afin de pouvoir agrandir la valeur d'un congé CN de section circulaire avec un rayon nominal  $R1$  (représenté en traits pointillés) d'une extrémité libre d'une cloison classique de l'art antérieur. Par ailleurs, la forme du trou de serrure est définie par le fait que le diamètre  $D$  de l'extrémité libre définie dans un plan  $P$  passant par l'axe de celui-ci et perpendiculaire à l'axe radial est supérieur à la largeur  $l$  de la cloison 36.

Dans le présent exemple, la valeur du rayon prédéterminé  $R2$  est supérieur au rayon nominal  $R1$ . En particulier, le rayon prédéterminé est compris entre  $1.2 \cdot R1$  et  $2 \cdot R1$ . Dans l'exemple de réalisation de la figure 4, le rayon prédéterminé  $R2$  est égale à 1.5 fois le rayon  $R1$ .

Le premier circuit de refroidissement 28 comprend également une troisième cavité 42 qui s'étend radialement à l'intérieur de la pale. La troisième cavité est disposée en amont de la première cavité dans le sens de circulation de l'air de refroidissement. La troisième cavité est séparée au moins en partie de la première cavité par une deuxième cloison radiale 43 qui comprend une extrémité libre radialement externe 44. La troisième cavité et la première cavité sont reliées par un deuxième passage 45 de fluide de refroidissement qui est délimité au moins en partie par l'extrémité libre radialement externe. La paroi de fermeture délimite également le deuxième passage 45.

La troisième cavité 42, la première cavité 34 et la deuxième cavité 35 disposées successivement suivant le sens de circulation de fluide de refroidissement forment le conduit de type trombone.

La pale comprend un deuxième circuit de refroidissement 46 qui permet de refroidir également la pale. Le deuxième circuit de refroidissement comprend une cavité intrados 47

qui s'étend radialement à l'intérieur de l'aube. La cavité intrados 47 sert à refroidir spécifiquement la paroi intrados et la partie supérieure de la pale suivant l'axe radial. L'air qui est injecté dans cette cavité peut sortir de la pale par les orifices de sortie ou par d'autres orifices qui seraient situés sur la paroi intrados par exemple. Comme nous pouvons le voir sur la figure 3, la cavité intrados 47 s'étend transversalement entre la paroi interne 41 et la paroi intrados 24. Celle-ci s'étend également longitudinalement suivant le sens de circulation du flux d'air entre la troisième cavité 42 et la deuxième cavité 35. En d'autres termes, la deuxième cavité 35 couvre transversalement la première cavité 34 et la cavité intrados 47. Sa longueur est sensiblement identique à celle de la première cavité dans le sens de circulation de l'air de refroidissement (sens axial).

Le deuxième circuit de refroidissement est indépendant du premier circuit de refroidissement.

En amont de la troisième cavité 42 est agencée une cavité amont 48 qui s'étend radialement le long du bord d'attaque 26.

La première et la deuxième cloisons 36, 43 sont formées d'une seule pièce avec l'aube.

Avantageusement, mais non limitativement l'aube est réalisée dans un alliage métallique et suivant un procédé de fabrication utilisant la technique de fonderie à cire perdue ou modèle perdu. L'alliage métallique est de préférence à base de Nickel et peut être monocristallin.

Ce procédé comprend une première étape de fabrication d'un ou de plusieurs noyaux de fonderie. Dans le présent exemple, l'aube comprenant une pale pourvue de plusieurs cavités de circulation de fluide de refroidissement est réalisée à partir de plusieurs noyaux de fonderie formant un ensemble de fonderie. Ce dernier comprend en particulier un premier noyau 50 et un deuxième noyau 51 qui sont réalisés dans un matériau réfractaire tel qu'un matériau céramique.

Le premier noyau 50 présente la forme complémentaire du conduit de type trombone dans la pale.

En référence aux figures 5 et 6, le premier noyau 50 est allongé suivant une hauteur radiale (verticale dans le plan de la figure 5). Le premier noyau comporte une première aile 52 destinée à former la première cavité 35 de circulation de fluide de refroidissement dans la

- pale et une deuxième aile 53 destinée à former la deuxième cavité 35 de circulation de fluide de refroidissement dans la pale. La première aile est définie sensiblement dans un plan médian PM1 orthogonal au plan médian PM2 de la deuxième aile 53. La première aile 52 et la deuxième aile 53 sont à distance l'une de l'autre suivant un premier espace 54
- 5 sensiblement constant suivant une majorité de la hauteur radiale des première et deuxième ailes. La première aile et la deuxième aile sont reliées à leurs premières extrémités respectives 52a, 53a. Ces dernières sont destinées à former le premier passage 40 dans la pale une fois réalisée.
- 10 L'espace 54 est destiné à former la première cloison radiale 36 de séparation entre la première et la deuxième cavités. L'espace est délimité par un côté 55 de la première aile et une portion de côté 56 de la deuxième aile. Comme nous pouvons le voir sur la figure 5, l'espace 54 est élargi (formant un espace élargi 54a ou élargissement) au niveau de la
- 15 jonction des premières extrémités des première et deuxième ailes en ayant une section transversale sensiblement en forme de trou de serrure. La section transversale de l'espace élargi est circulaire ou semi-circulaire avec le rayon prédéterminée R2. Il s'agit de la forme en négatif de l'extrémité libre radialement interne 37 en forme de trou de serrure de la première cloison radiale 36.
- 20 Le premier noyau 50 comprend également une troisième aile 57 qui est allongée suivant une hauteur radiale et est destinée à former la troisième cavité 42 de la pale. La troisième aile est définie dans un plan médian PM3 sensiblement orthogonal au plan médian PM1. Les plan médians PM1 et PM2 sont sensiblement parallèles. La troisième aile 57 est également reliée à la première aile au niveau de leurs deuxièmes extrémités. La deuxième
- 25 extrémité 53b de la première aile est opposée radialement à sa première extrémité 53a. En particulier, la deuxième aile 53 s'étend d'un côté de la première aile et la troisième aile 57 s'étend de l'autre côté de la première aile. De même, un deuxième espace 58 est prévu entre la première et la troisième aile, de manière à former la deuxième cloison 43. Le deuxième espace peut être également élargi au niveau de la jonction des deuxièmes
- 30 extrémités avec une section transversale sensiblement en forme de trou de serrure. Les deuxièmes extrémités sont destinées à former le deuxième passage communiquant fluidiquement avec la première et la troisième cavité de circulation de fluide de refroidissement dans la pale.
- 35 La troisième aile se prolonge également suivant la hauteur radiale de manière à former le canal 30 s'étendant dans le pied de l'aube.

Le premier noyau 50 et le deuxième noyau 51 sont assemblés ensemble par au moins un élément de liaison 59 pour les maintenir en position l'un par rapport à l'autre. L'élément de liaison 59 est agencé dans l'espace élargi du premier espace avec une complémentarité de forme suivant une direction perpendiculaire à la hauteur radiale. Avantageusement, il existe un jeu entre les noyaux et l'élément de liaison 59 de sorte à ne pas contraindre trop fortement ceux-ci. En particulier, l'élément de liaison présente une section axiale circulaire. L'espace élargi forme alors un logement pour l'élément de liaison 59 qui est bloquée radialement en position. L'élément de liaison 59 peut être inséré du côté intrados ou du côté extrados de l'ensemble de fonderie assemblé.

De la sorte, comme nous pouvons le voir sur la représentation schématique de l'agencement des noyaux entre eux sur la figure 6, l'élément de liaison 59 allongé s'étend entre la première aile 52 et la deuxième aile 53 axialement mais aussi entre le premier noyau 51 et la deuxième aile 53 axialement. Le deuxième noyau 51 vient en butée contre l'élément de liaison pour maintenir sa position, et notamment lors des différentes étapes du procédé. En particulier, si le noyau 51 se déforme et tend à se rapprocher trop près du noyau 53, notamment de l'aile 53, l'élément de liaison servira de butée. Dans cet exemple, l'élément de liaison comprend un picot ou un pion réalisé dans un matériau métallique ou un alliage métallique. Avantageusement mais non limitativement, le picot comprend un platine (Pt). D'autres éléments de liaison peuvent bien entendu être installés à d'autres endroits pour la maintien des noyaux les uns par rapport aux autres, tels que dans le deuxième espace élargi. Nous comprenons que l'élément de liaison (ici le picot) comprend une section constante de sorte que la distance entre le noyau 51 et la deuxième aile 53, et la distance entre la première aile 52 et la deuxième aile 53, au niveau de l'espace élargi soit supérieur ou égale au diamètre de l'élément de liaison. Avantageusement, les distances précitées sont sensiblement identiques

Suivant une autre étape du procédé, de la cire ou un matériau équivalent est injectée autour des noyaux qui sont disposés préalablement, de manière avantageuse, mais non limitativement, dans une presse. Une fois que la cire est refroidie, nous obtenons un modèle comprenant les noyaux noyés dans la cire. Les noyaux ont maintenu leur position grâce à l'élément de liaison 59.

Le modèle est disposé sur une colonne avec d'autres modèles similaires de manière à former une grappe.

Le procédé comprend en outre la réalisation d'une carapace dans un matériau réfractaire autour de la grappe et qui fait office de moule. Le matériau réfractaire est dans le présent exemple une céramique. La carapace est réalisée en immergeant la grappe plusieurs fois dans une barbotine en céramique.

5

Suivant une autre étape du procédé, du métal en fusion est versé ou coulé à l'intérieur de la carapace de manière à combler les cavités obtenus lors du retrait de la cire dans les modèles et destinés à former les pièces métalliques, ici les aubes de turbine. En effet, préalablement à cette étape de versement de métal, il est réalisée une étape de retrait de la cire.

10

L'élément de liaison 59 est « dissout » ou noyé dans le matériau formant l'aube de turbomachine. L'élément de liaison 59 forme une seule pièce avec l'aube. L'élément de liaison 59 permet également de garantir l'épaisseur de matériau au niveau de l'extrémité libre radialement interne 37 de la cloison radiale 36.

15

Lorsque la carapace est refroidie et solidifiée, un étape de décochage permet de détruire la carapace et les noyaux dans les pièces métalliques (aube) de manière à faire apparaître l'aube finale et les cavités de circulation de fluide de refroidissement.

20

## REVENDICATIONS

1. Ensemble de fonderie pour la fabrication d'une aube (20) de turbomachine  
5 comprenant une pale (21) s'étendant suivant un axe radial et un premier circuit de refroidissement (28) agencés à l'intérieur de la pale, le premier circuit de refroidissement (28) comportant une première cavité (34) et une deuxième cavité (35) disposée en aval de la première cavité (34) suivant un sens de circulation d'un fluide de refroidissement dans la pale, la première cavité et la deuxième cavité étant  
10 séparées au moins en partie par une première cloison radiale (36) ayant une extrémité libre radialement interne (37) qui délimite au moins en partie un premier passage (40) de fluide de refroidissement reliant les première et deuxième cavités, l'ensemble comprenant un premier noyau (50) allongé suivant une hauteur radiale et qui comporte une première aile (52) destinée à former la première cavité (34) et  
15 une deuxième aile (53) destinée à former la deuxième cavité (35), les première et deuxième ailes (52, 53) étant à distance l'une de l'autre suivant un premier espace (54) sensiblement constant suivant une majorité de leur hauteur radiale et étant reliées à une de leurs premières extrémités (52a, 53a), le premier espace (54) étant destiné à former la première cloison radiale (36) de séparation entre la première et  
20 la deuxième cavités de la pale (21), le premier espace (54) étant élargi au niveau des première extrémités (52a, 53a) des première et deuxième ailes (52, 53) en ayant une section transversale sensiblement en forme de trou de serrure, caractérisé en ce que l'ensemble comprend un deuxième noyau (51) allongé suivant la hauteur radiale et un élément de liaison (59) allongé qui est logé au moins en partie dans le  
25 premier espace (54) élargi suivant une direction transversale perpendiculaire à la hauteur radiale et configuré pour maintenir en position le deuxième noyau (51) par rapport au premier noyau (50).
2. Ensemble selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le premier  
30 noyau (50) comprend une troisième aile (57) destinée à former une troisième cavité (42) de la pale et qui est reliée à sa deuxième extrémité (57a) à une deuxième extrémité de la première aile (52a), la première aile (52) et la troisième aile (57) étant à distance l'une de l'autre suivant un deuxième espace (58) sensiblement constant suivant une majorité de leur hauteur radiale.
- 35
3. Ensemble selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'élément de liaison (59) présente une section circulaire avec une complémentarité

de forme avec le premier espace qui est élargi (54a), l'élément de liaison (59) étant bloqué radialement dans le premier espace (54) qui est élargi.

4. Ensemble selon l'une des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que le deuxième espace (58) est élargi au niveau des deuxièmes extrémités des première et troisième ailes en ayant une section transversale sensiblement en forme en trou de serrure.
5. Ensemble selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier noyau (50) est configuré pour former le premier circuit de refroidissement (28).
6. Ensemble selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le deuxième noyau (51) est configuré pour former un deuxième circuit de refroidissement (46) destiné à être agencé dans la pale (21), le deuxième circuit de refroidissement (46) comportant une cavité intrados (47) disposée d'une part, de manière adjacente à une paroi intrados de la pale (21) et d'autre part, entre la troisième cavité (42) et la deuxième cavité (35) suivant le sens de circulation du fluide de refroidissement dans la pale (21).
7. Ensemble selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que les premier et deuxième noyaux (50, 51) comprennent un matériau céramique.
8. Ensemble selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la première aile (52) est définie dans un plan médian PM1 qui est sensiblement orthogonal au plan médian PM2 dans lequel est définie la deuxième aile (53).
9. Procédé de fabrication à cire perdue d'une aube de turbomachine, utilisant un ensemble de fonderie selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.
10. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
  - assemblage des premier et deuxième noyaux (50, 51) de fonderie l'un par rapport à l'autre avec au moins un élément de liaison (59) allongé inséré dans l'espace élargi (54a) en forme de trou de serrure suivant une direction transversale à la hauteur radiale des première et deuxième ailes, le deuxième noyau (51) venant en butée contre l'élément de liaison (59),

- injection de cire de manière à enrober les premier et deuxième noyaux assemblés avec l'élément de liaison (59) et à former un modèle,
  - fabrication d'une carapace enveloppant le modèle,
  - versement d'un métal en fusion à l'intérieur de la carapace de manière à former l'aube de turbomachine, et
  - décochage de la carapace et des premier et deuxième noyaux de manière à libérer l'aube de turbomachine et à former les première et deuxième cavités du premier circuit de refroidissement (28) dans la pale (21).
- 5
- 10
11. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que lors de l'étape de versement de métal en fusion, l'élément de liaison (59) est noyé dans le métal en fusion de manière à former une seule pièce avec la pale et à former l'extrémité libre radialement interne (37) de la première cloison radiale (36) de section transversale sensiblement en forme de trou de serrure.

15

1/2

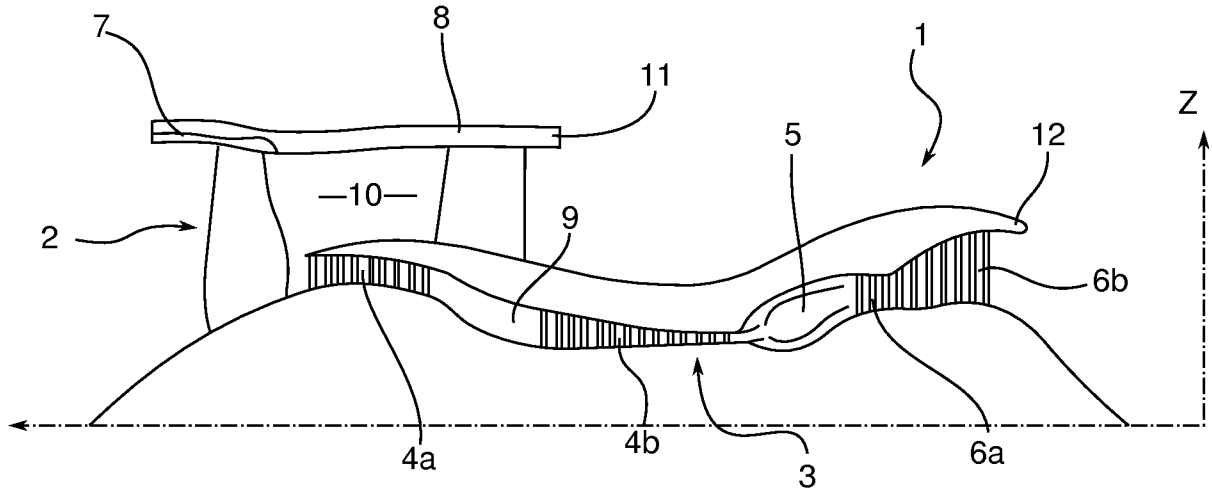


Fig.1

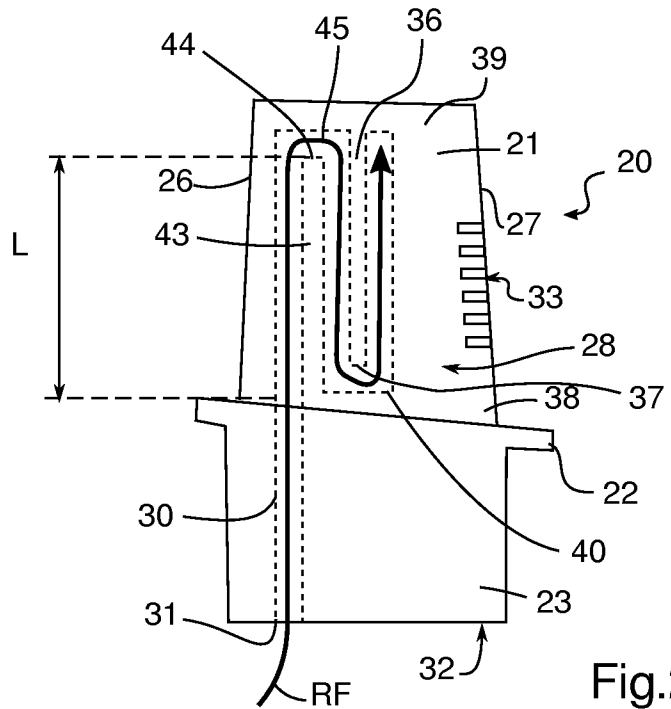


Fig.2

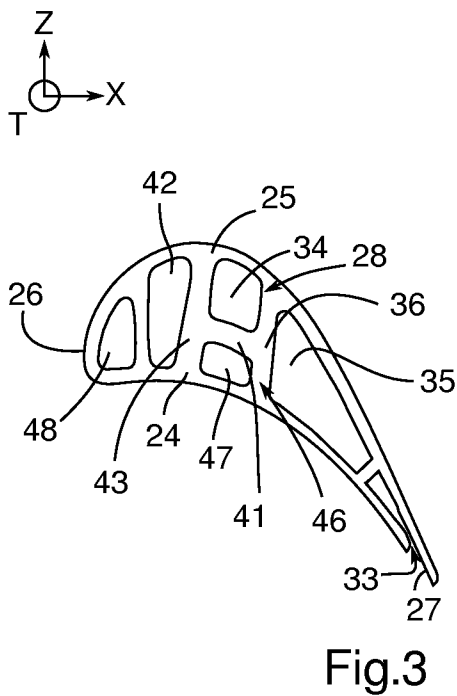


Fig.3

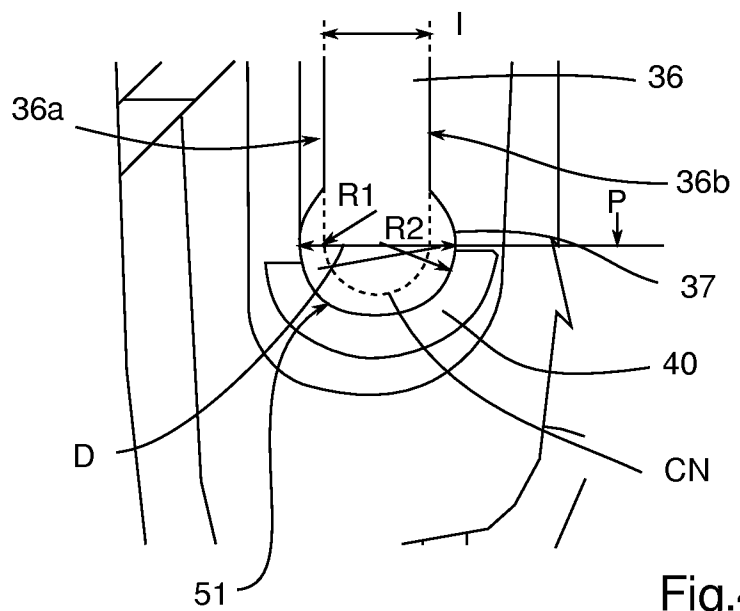


Fig.4

2/2

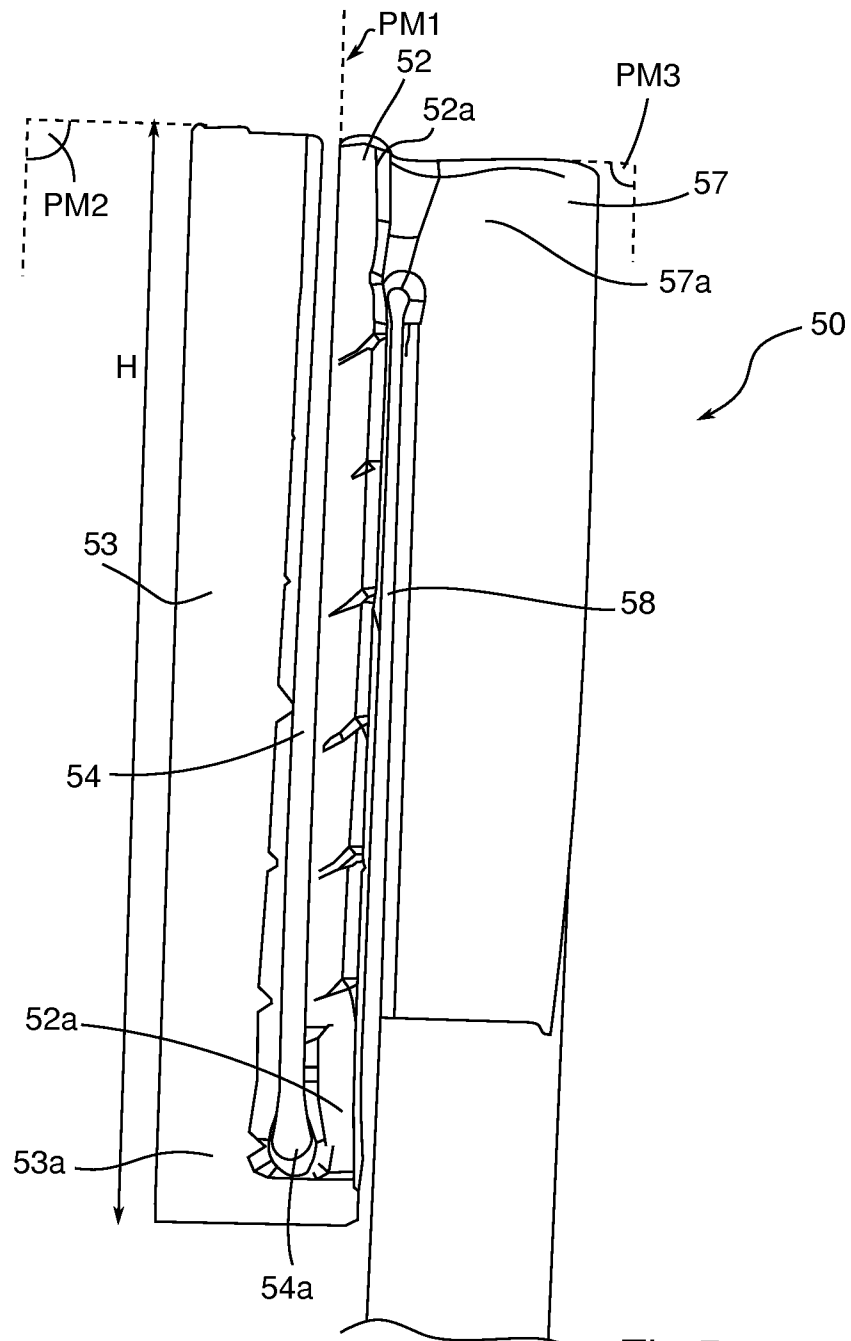


Fig.5

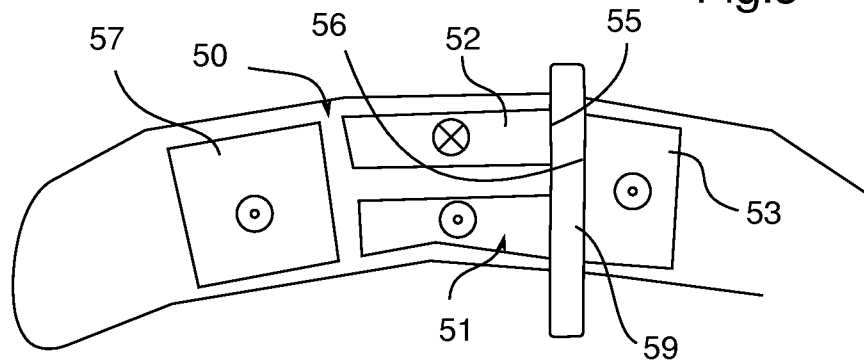


Fig.6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/FR2020/050564**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>F01D 5/18</i> (2006.01)  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 3056631 A1 (SAFRAN [FR]) 30 March 2018 (2018-03-30) paragraphs [0060], [0066]; figures 3,5	1,9
A	US 4650399 A (CRAIG HAROLD M [US] ET AL) 17 March 1987 (1987-03-17) column 5, line 48 - column 6, line 4 column 6, line 7 - column 66, line 15; figure 2	1,9
A	EP 2374997 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 12 October 2011 (2011-10-12) paragraph [0013]; figure 3B	1,9
A	US 2007140851 A1 (HOOPER TYLER F [US] ET AL) 21 June 2007 (2007-06-21) paragraph [0020]; figure 3	1,9
A	EP 1734229 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 20 December 2006 (2006-12-20) paragraphs [0050] - [0054]; figure 6	1,9
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>10 June 2020</b>		Date of mailing of the international search report <b>27 July 2020</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Pileri, Pierluigi</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/FR2020/050564**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
FR	3056631	A1	30 March 2018	BR	112019006164	A2	18 June 2019
				CA	3038615	A1	05 April 2018
				CN	109790754	A	21 May 2019
				EP	3519679	A1	07 August 2019
				FR	3056631	A1	30 March 2018
				JP	2019529788	A	17 October 2019
				US	2019211693	A1	11 July 2019
				WO	2018060627	A1	05 April 2018
				-----			
US	4650399	A	17 March 1987	NONE			
-----							
EP	2374997	A2	12 October 2011	EP	2374997	A2	12 October 2011
				US	2011243717	A1	06 October 2011
-----							
US	2007140851	A1	21 June 2007	NONE			
-----							
EP	1734229	A2	20 December 2006	CN	1880730	A	20 December 2006
				EP	1734229	A2	20 December 2006
				US	2006280606	A1	14 December 2006
-----							

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE                  INV. F01D5/18                  ADD.</p>		
<p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>		
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p>		
<p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)                  F01D</p>		
<p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p>		
<p>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</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 3 056 631 A1 (SAFRAN [FR]) 30 mars 2018 (2018-03-30) alinéas [0060], [0066]; figures 3,5 -----	1,9
A	US 4 650 399 A (CRAIG HAROLD M [US] ET AL) 17 mars 1987 (1987-03-17) colonne 5, ligne 48 - colonne 6, ligne 4 colonne 6, ligne 7 - colonne 66, ligne 15; figure 2 -----	1,9
A	EP 2 374 997 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 12 octobre 2011 (2011-10-12) alinéa [0013]; figure 3B -----	1,9
A	US 2007/140851 A1 (HOOPER TYLER F [US] ET AL) 21 juin 2007 (2007-06-21) alinéa [0020]; figure 3 -----	1,9
	-/--	
<p><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</p>		
<p><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</p>		
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p>		
<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p>		<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>
<p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p>		
<p>"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)</p>		
<p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p>		
<p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>		
<p>Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée</p>		
<p>10 juin 2020</p>		<p>Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale</p> <p>27/07/2020</p>
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p> <p>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2                  NL - 2280 HV Rijswijk                  Tel. (+31-70) 340-2040,                  Fax: (+31-70) 340-3016</p>		<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p>Pileri, Pierluigi</p>

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>EP 1 734 229 A2 (GEN ELECTRIC [US])                      20 décembre 2006 (2006-12-20)                      alinéas [0050] - [0054]; figure 6                      -----</p>	1,9

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2020/050564

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 3056631	A1	30-03-2018	BR 112019006164 A2	18-06-2019
			CA 3038615 A1	05-04-2018
			CN 109790754 A	21-05-2019
			EP 3519679 A1	07-08-2019
			FR 3056631 A1	30-03-2018
			JP 2019529788 A	17-10-2019
			US 2019211693 A1	11-07-2019
			WO 2018060627 A1	05-04-2018
-----				
US 4650399	A	17-03-1987	AUCUN	
-----				
EP 2374997	A2	12-10-2011	EP 2374997 A2	12-10-2011
			US 2011243717 A1	06-10-2011
-----				
US 2007140851	A1	21-06-2007	AUCUN	
-----				
EP 1734229	A2	20-12-2006	CN 1880730 A	20-12-2006
			EP 1734229 A2	20-12-2006
			US 2006280606 A1	14-12-2006
-----				