



(51) Classification internationale des brevets :
B64C 11/24 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/050168

(22) Date de dépôt international :
27 janvier 2016 (27.01.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1550696 29 janvier 2015 (29.01.2015) FR

(71) Déposant : SNECMA [FR/FR]; 2 boulevard du Général
Martial Valin, 75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs : FORESTO, Paul Antoine; c/o Snecma PI
(AJI) Rond-Point René Ravaud - Réau, 77550 Moissy-cra-
mayel (FR). BINDER, Anthony; c/o Snecma PI (AJI)
Rond-Point René Ravaud - Réau, 77550 Moissy-cramayel
(FR). COUILLEAUX, Alexandre Gérard François; c/o
Snecma PI (AJI) Rond-Point René Ravaud - Réau, 77550
Moissy-cramayel (FR). JODET, Norman Bruno André;
c/o Snecma PI (AJI) Rond-Point René Ravaud - Réau,
77550 Moissy-cramayel (FR).

(74) Mandataire : REGIMBEAU; 20, rue de Chazelles, 75847
Paris Cedex 17 (FR).

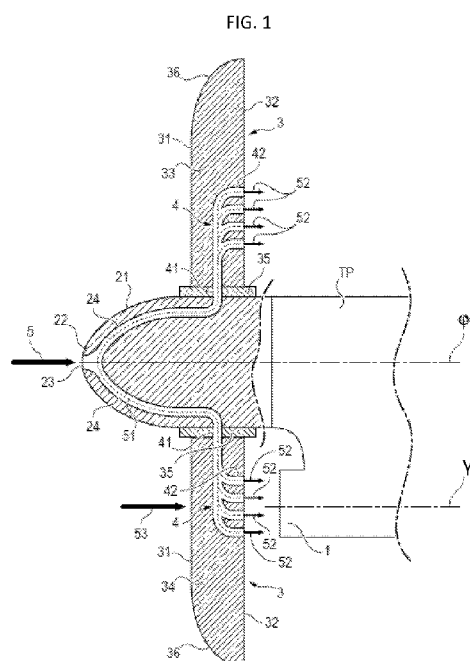
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, 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).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : TURBOPROP

(54) Titre : TURBOPROPULSEUR



(57) Abstract : The invention relates to a turboprop (TP) comprising a propeller (2) comprising a blade extending in a direction (α), and which comprises a root (35), a leading edge (31), a trailing edge (32), and a wing tip (36), and an inner air stream channel (4), wherein said inner air stream channel (4) comprises an inlet (41) located at the root (35) of the blade (3) and an outlet (42) leading to the trailing edge (32) of the blade (3) and which is transversely directed in relation to the main elongation direction (α), such that an inner stream of air (51) flowing in the inner air stream channel (4) by entering via the inlet (41) adjacent to the root (35) of the blade (3) is discharged via the outlet (42) adjacent to the trailing edge (32) of the blade (3) by forming a stream of blown air (52) that moves away from the trailing edge (32) in a direction which is transverse to the main elongation direction (α) and which has a component in the direction of a skeleton line of the blade (3) at the trailing edge (32).

(57) Abrégé : L'invention concerne un turbopropulseur (TP) comprenant une hélice (2) qui comprend une pale qui s'étend selon une direction (α), et qui comprend un pied (35), un bord d'attaque (31), un bord de fuite (32), et un saumon (36), et un canal interne d'écoulement d'air (4), ledit canal interne d'écoulement d'air (4) comprend une entrée (41) qui est située au niveau du pied (35) de la pale (3) et une sortie (42) qui débouche au bord de fuite (32) de la pale (3) et qui est dirigée transversalement par rapport à la direction d'élongation principale (α), de sorte qu'un écoulement d'air interne (51) qui circule dans le canal interne d'écoulement

[Suite sur la page suivante]

**Publiée :**

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

d'air (4) en entrant par l'entrée (41) au voisinage du pied (35) de la pale(3) soit expulsé par la sortie (42) au voisinage du bord de fuite (32) de la pale(3) en formant un écoulement d'air soufflé (52) qui s'éloigne du bord de fuite (32) selon une direction qui est transversale par rapport à la direction d'élongation principale (α) et qui présente une composante selon la direction d'une ligne de squelette de la pale(3) au niveau du bord de fuite (32).

TURBOPROPULSEUR

La présente invention concerne les turbopropulseurs.

- Plus précisément, elle concerne une structure particulière d'une pale
5 d'une hélice de turbopropulseur d'un aéronef.

DOMAINE TECHNIQUE GÉNÉRAL ET ETAT DE LA TECHNIQUE

Les turbopropulseurs actuels pour aéronefs, et plus particulièrement les turbopropulseurs pour avion, rencontrent un problème d'interférences entre l'hélice de la soufflante et l'entrée d'air.

- 10 En effet, pour des contraintes d'intégration et de masse, ces deux composants du turbopropulseur sont très proches l'un de l'autre, par exemple de l'ordre de quelques centimètres. On comprendra alors que le fonctionnement de l'entrée d'air est fortement impacté par le passage des pales en rotation. Il en va de même pour le fonctionnement de
15 l'hélice qui est modifié très localement lors de son passage devant la nacelle et l'entrée d'air.

- Le rôle de l'hélice de la soufflante est de fournir un effort tracteur dirigée vers l'avant de l'aéronef pour lui permettre de compenser la force de trainée et ainsi se mouvoir vers l'avant. La soufflante est située
20 en amont de tout le reste du turbopropulseur par rapport au flux d'air entrant dans le turbopropulseur, et est entraînée en rotation grâce à l'énergie récupérée en sortie de la chambre de combustion du turbopropulseur par des turbines.

- Le rôle de l'entrée d'air, sur un turbopropulseur, est d'alimenter le
25 moteur avec de l'air et de le protéger des agressions externes. Pour des raisons de performances et d'opérabilité du compresseur, l'alimentation en air doit être la plus homogène, afin de limiter la distorsion (l'écart entre la pression totale moyenne et la pression totale minimum). L'intégration de l'entrée d'air doit aussi se faire en prenant en compte
30 des contraintes propres aux turbopropulseurs, comme la présence d'une boîte de vitesse pour l'hélice (ou PGB pour Propeller Gear Box selon la terminologie anglo-saxonne bien connue), une interface moteur-nacelle, un système de dégivrage et un respect des contraintes d'ingestion. Le

respect de ces contraintes entraîne une forme d'entrée d'air en S qui est très sensible à la distorsion et pénalisant sur le rendement.

Le passage des pales de la soufflante devant l'entrée d'air durant la rotation de l'hélice crée une perturbation de distorsion dans l'air en amont de l'entrée d'air, mais aussi une chute de la pression dynamique, également appelée pression totale, (sillage des pales). Cette chute nuit au fonctionnement et au rendement de l'entrée d'air par augmentation des pertes de charges. La diminution du rendement de l'entrée d'air impacte le rendement du moteur. La réduction de la distorsion permet quant à elle d'augmenter l'opérabilité du compresseur du turbopropulseur. En dehors du sillage des pales, l'hélice comprime légèrement l'écoulement, de façon à augmenter la pression dynamique. Cette compression a un effet bénéfique sur le fonctionnement de l'entrée d'air, mais qui est atténué par l'effet négatif du sillage des pales.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE L'INVENTION

Un but général de l'invention est de proposer une solution permettant de compenser la chute de pression totale dans le sillage des pales de la soufflante ingéré par l'entrée d'air. Elle vise ainsi à améliorer les performances de l'ensemble hélice-entrée d'air.

Plus particulièrement, selon un premier aspect, l'invention consiste une pale d'une hélice d'un turbopropulseur s'étendant selon une direction d'élongation principale, comprenant un pied, un saumon, un bord d'attaque, un bord de fuite et un canal interne d'écoulement d'air, caractérisée en ce que le canal interne d'écoulement d'air comprend une entrée qui est située au niveau du pied de la pale et une sortie qui débouche au voisinage du bord de fuite de la pale et qui est dirigée transversalement par rapport à la direction d'élongation principale, de sorte qu'un écoulement d'air interne qui circule dans le canal interne en entrant par l'entrée au voisinage du pied de la pale soit expulsé par la sortie au voisinage du bord de fuite de la pale en formant un écoulement d'air soufflé qui s'éloigne du bord de fuite selon une direction qui est transversale par rapport à la direction d'élongation

principale et qui présente une composante selon la direction d'une ligne de squelette de la pale au niveau du bord de fuite.

Selon une caractéristique supplémentaire, la sortie du canal interne d'écoulement d'air est dirigée selon une direction inclinée par rapport à la ligne de squelette de la pale.

Selon une caractéristique additionnelle, le canal interne d'écoulement d'air de la pale débouche également au saumon de la pale, de sorte qu'une partie du flux d'air interne circulant dans le canal interne d'écoulement d'air soit expulsée par le saumon de la pale.

Selon une caractéristique particulière, une plateforme du pied comprend une écope, et ladite écope est reliée à l'entrée du canal interne d'écoulement d'air de la pale, de sorte qu'un écoulement d'air extérieur puisse pénétrer dans l'écope, circuler dans le canal interne d'écoulement d'air en formant l'écoulement d'air interne, et être expulsé par l'extrémité de sortie en formant l'écoulement d'air soufflé.

Selon une autre caractéristique, le canal interne d'écoulement d'air comprend plusieurs extrémités de sortie réparties le long de la direction d'élongation principale sur une zone du bord de fuite.

Selon une caractéristique supplémentaire, la pale est composée d'un matériau composite comprenant un renfort fibreux.

Selon une caractéristique additionnelle, la sortie débouchant au bord de fuite est située uniquement entre 0% et 25% de la hauteur de la pale.

Selon un deuxième aspect, l'invention consiste en une hélice comprenant une casserole qui comprend un nez, caractérisée en ce qu'elle comprend une pale selon l'une des caractéristiques citées précédemment.

Selon une autre caractéristique, l'hélice comprend :

- une ouverture de prélèvement d'air située sur le nez de la casserole ;
- un canal de casserole qui relie l'ouverture de prélèvement d'air à l'extrémité d'entrée du canal interne d'écoulement d'air de la pale, de sorte que l'écoulement d'air extérieur puisse pénétrer dans l'ouverture de prélèvement d'air, circuler dans le canal de casserole et le canal interne d'écoulement d'air en formant l'écoulement interne, et être

expulsé par la sortie au bord de fuite de la pale en formant l'écoulement d'air soufflé.

5 Selon un troisième aspect, l'invention consiste en un turbopropulseur comprenant une entrée d'air qui s'étend selon un axe directionnel et qui est conformée pour qu'un écoulement d'air de fonctionnement entre dans le turbopropulseur, caractérisé en ce qu'il comprend une hélice selon l'une des caractéristiques citées précédemment qui est rotative
10 autour d'un axe de rotation et qui est située en amont de l'entrée d'air par rapport à l'écoulement d'air de fonctionnement.

Selon une caractéristique additionnelle :

- l'hélice comprend au moins une pale qui, lorsque ladite hélice est mise en rotation autour de l'axe de rotation, crée un sillage qui perturbe l'écoulement d'air de fonctionnement au niveau de l'entrée d'air ;
- 15 - la sortie est située au niveau de l'entrée d'air de sorte que l'écoulement d'air soufflé soit expulsé au bord de fuite de la pale de manière à réduire le sillage de la pale au niveau de l'entrée d'air.

DESCRIPTIF DES FIGURES

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

- la figure 1 représente un turbopropulseur selon un premier mode de réalisation ;
- 25 • la figure 2 représente une pale selon le premier mode de réalisation ;
- la figure 3 représente une vue en coupe d'une pale au niveau d'une extrémité de sortie du canal interne d'écoulement d'air de la pale selon un quelconque mode de réalisation ;
- 30 • la figure 4 représente une pale selon un deuxième mode de réalisation ;
- la figure 5 représente une hélice selon un troisième mode de réalisation.

DESCRIPTION D'UN OU PLUSIEURS EXEMPLES DE MODE DE REALISATION

5 On a représenté sur la figure 1, l'entrée d'air 1 et l'hélice 2 de la soufflante d'un turbopropulseur TP. De façon classique, lorsque l'aéronef est en marche, un écoulement d'air de fonctionnement 53 se forme et pénètre dans l'entrée d'air 1 après avoir traversé l'hélice 2 afin d'alimenter le compresseur et la turbine du turbopropulseur TP. La
10 rotation de l'arbre moteur du turbopropulseur TP est renvoyée vers l'hélice 2 au travers d'un réducteur mécanique PGB (non représenté) afin d'entraîner celle-ci en rotation autour de son axe de rotation (axe φ sur la figure).

L'hélice 2 comprend plusieurs pales 3 réparties autour de l'axe φ ,
15 chaque pale 3 s'étendant selon une direction d'élongation principale α et présentant une hauteur, un rayon, un bord d'attaque 31, un bord de fuite 32, un intrados 33, un extrados 34, un pied 35, un sommet, et saumon 36 (figures 2 et 3). On entend par saumon 36 de l'aube la surface du sommet de la pale 3 pour laquelle la pale 3 a son rayon
20 maximal.

L'hélice 2 comporte également une casserole d'hélice 21 qui est centrée par rapport à l'axe de rotation φ et qui présente un nez conique 22 disposé en amont des pales 3. Cette casserole d'hélice 21 comporte au niveau de son nez 22 une ouverture de prélèvement d'air 23, qui se
25 prolonge à l'intérieur de la casserole 21 par différents canaux de casserole 24, qui permettent de guider l'air entrant par l'ouverture 23, jusqu'aux pieds 35 des pales 3.

Chaque pale 3 comprend quant à elle un canal interne d'écoulement d'air 4 qui s'étend, à l'intérieur de ladite pale 3, à partir de son pied 35
30 vers le saumon 36 de la pale 3.

Ce canal interne d'écoulement d'air 4 débouche au niveau du fond du pied 35 de la pale 3 par une entrée 41 dans le prolongement du canal de casserole 24 qui correspond à ladite pale 3.

5 A son extrémité, ce canal interne d'écoulement d'air 4 débouche de la pale 3 par une ou plusieurs sortie(s) 42 qui est (sont) située(s) au niveau du bord de fuite 32 et/ou qui est (sont) située(s) en son voisinage immédiat.

10 Cette (ces) sortie(s) 42 est (sont) dirigée(s) transversalement par rapport à la direction d'élongation principale α de la pale 3, les axes de ces sorties 42 étant par exemple, mais pas nécessairement, perpendiculaires à la direction générale du bord de fuite 32.

Dans l'exemple des figures 1 à 3, le canal interne d'écoulement d'air 4 comprend quatre sorties 42 débouchant du bord de fuite 32 de la pale 3. Ces sorties 42 sont disposées dans une zone du bord de fuite 32
15 susceptible de se retrouver au droit de l'entrée d'air 1 lors de la rotation de l'hélice 2. Ainsi, les sorties 42 sont préférentiellement situées entre 0% et 25% de la hauteur de la pale 3. Elles y sont réparties en étant de préférence régulièrement espacées les unes par rapport aux autres. Les sorties 42 sont situées de manière préférentielle uniquement entre
20 et 25% de la hauteur de la pale 3. Cela permet de réduire le sillage de la pale 3 uniquement au droit de l'entrée d'air 1. Par « entre 0% et 25% de la hauteur de la pale 3 » on comprend que les sorties 42 sont situées dans une région du bord de fuite 32 partant du pied 35 de l'aube 3 et qui fait un quart de la hauteur totale de ladite aube 3.

25 Le nombre de sorties 42 peut bien entendu être différent : typiquement de un à dix.

En rotation de l'hélice 2, la circulation d'air est la suivante :

- un écoulement d'air extérieur 5 pénètre dans la casserole 21 par l'ouverture de prélèvement d'air 23 réalisé dans le nez
30 22 de ladite casserole 21, et forme ainsi l'écoulement interne 51 ;
- l'écoulement interne 51 circule dans la casserole 21 à l'intérieur des canaux de casserole 24, par lesquels il est acheminé jusqu'à chacun des pieds 35 des pales 3 ;

- l'écoulement interne 51 pénètre dans le canal interne d'écoulement d'air 4 de chacune des pales 3 par son entrée 41 ;
- il est expulsé de chacune des pales 3 par la ou les sorties 42 du canal interne d'écoulement d'air 4, qui crée un écoulement d'air soufflé 52 qui sort transversalement du bord de fuite 32, au niveau de la zone de celui-ci qui est destiné à passer au droit de l'entrée d'air 1.

Les écoulements d'air soufflé 52 ainsi formés dans le sillage des pales 3 permettent de limiter les effets instationnaires liés au passage des pales 3 devant l'entrée d'air 1. La limitation de ces effets aura pour conséquence d'améliorer les performances de l'entrée d'air 1 en augmentant le rendement.

On notera en outre que ceci permet également d'améliorer les performances acoustiques de l'aéronef, grâce à la réduction :

- du bruit d'interaction entre l'hélice 2 et l'entrée d'air 1 en réduisant le gradient de vitesse de l'écoulement de fonctionnement 53 lorsqu'il arrive dans l'entrée d'air 1 ;
- du compresseur du turbopropulseur TP en réduisant les bruits de charges instationnaires créés par les distorsions créés par le sillage des pales 3 dans l'écoulement d'air de fonctionnement 53 ;
- du bruit d'interaction entre l'hélice 2 et la voilure de l'aéronef selon le même mécanisme que la réduction du bruit d'interaction entre l'hélice 2 et l'entrée d'air 1.

Enfin, une telle solution ne nécessite pas de prélever une partie de l'air en sortie du compresseur, solution qui diminue directement le rendement du compresseur.

Les écoulements d'air soufflé 52 ont une direction d'écoulement transversale à l'axe d'élongation principale α de la pale 3 qui s'éloigne du bord de fuite 32 et qui présente une composante selon la direction d'une ligne de squelette S de la pale 3 au niveau du bord de fuite 32, de sorte qu'ils puissent pénétrer dans l'entrée d'air 1, et ainsi limiter la chute de pression du sillage des pales 3 de l'hélice 2. Afin de donner

une telle direction aux écoulements d'air soufflé 52 à la sortie du bord de fuite 32 de la pale 3, les extrémités de sortie 42 sont également dirigées transversalement par rapport à la direction d'élongation principale α de la pale 3.

- 5 D'une manière préférentielle, les écoulements d'air soufflé 52 ont une direction d'écoulement qui présente une composante principale qui est dirigée selon la direction de la ligne de squelette S au niveau du bord de fuite 32, de sorte que les écoulements d'air soufflé 52 soient situés dans le sillage de la pale 3, de manière à réduire le déficit de vitesse du
10 sillage de la pale 3.

- Les pales 3 de l'hélice 2 sont pivotables par rapport à un axe de calage, qui est dirigé selon la direction d'élongation principale α dans ce mode de réalisation, afin de pouvoir adapter la forme de l'hélice 2 pendant les différentes phases d'utilisation de l'aéronef (le décollage, la phase de vol
15 de croisière...). Cette possibilité de pivotement de chacune des pales 3 est réalisée par le fait que le pied 35 de chacune des pales 3 comprend une plateforme qui forme un pivot avec la casserole 21 de l'hélice 2. Un angle d'inclinaison de la pale 3 autour de l'axe de calage, ici la direction d'élongation principale α , par rapport à sa position au repos est appelé
20 « angle de calage ».

- En fonction de l'angle de calage de la pale 3, la direction des écoulements d'air soufflé 52 change par rapport à l'axe directionnel γ de l'entrée d'air 1, de sorte qu'il est possible que les écoulements d'air soufflé 52 n'entrent pas dans l'entrée d'air 1. De plus, la variation de
25 l'angle de calage de la pale 3 fait varier l'angle du sillage de la pale 3.

- Ainsi, afin d'assurer d'une part que les écoulements d'air soufflé 52 rentrent bien dans l'entrée d'air 1 durant la phase d'utilisation de l'aéronef souhaitée, par exemple la phase de vol de croisière ; et d'autre part que les écoulements d'air soufflé 52 soient bien dirigés dans le
30 sillage de la pale 3 durant ladite phase d'utilisation de l'aéronef souhaitée, comme représenté sur la figure 3, les écoulements d'air soufflé 52 sont dirigés selon une direction inclinée d'un angle de soufflage β par rapport à la ligne de squelette S de la pale 3. La ligne de squelette S de la pale 3 est composée des points qui sont équidistants
35 de l'intrados 33 et de l'extrados 34 de la pale 3. Une telle solution

permet de maximiser l'efficacité du soufflage des écoulements d'air soufflé 52 par le bord de fuite 32 des pales 3 durant une phase d'utilisation de l'aéronef choisie. Afin que les écoulements d'air soufflé 52 soient dirigés selon une telle direction, les extrémités de sortie 42
5 sont dirigées selon une direction inclinée de l'angle de soufflage β par rapport à la ligne de squelette S.

L'angle de soufflage β est déterminé selon le modèle du turbopropulseur TP, de sorte que les écoulements d'air soufflé 52 soient dirigés en direction de l'entrée d'air 1 lorsque les pales passent au droit de l'entrée
10 d'air 1 lors de la rotation de l'hélice 2 lors de la phase d'utilisation de l'aéronef désirée. L'angle de soufflage β est amené à varier suivant la forme des pales 3, la position de l'entrée d'air 1 par rapport à l'hélice 2, et suivant la variation de l'angle de calage imposée par le modèle de l'hélice 2 entre les différentes phases d'utilisation de l'aéronef. De
15 préférence, l'angle β est compris entre -15° et 15° .

De plus, l'entrée 41 du canal interne d'écoulement d'air 4 est dirigée selon l'axe de calage de la pale 3, et donc, dans ce mode de réalisation, l'entrée 41 est dirigée selon la direction d'élongation principale α de la pale 3. Une telle direction de l'entrée 41 du canal interne 4 permet que
20 lors de la rotation de la pale 3 pour le calage, l'entrée 41 reste alignée avec le canal de casserole 24, permettant ainsi de continuer à assurer la circulation de l'écoulement interne 51.

Selon un autre mode de réalisation représenté sur la figure 4, le canal
25 interne d'écoulement d'air 4 de la pale 3 débouche également au saumon 36 de la pale 3 (sortie d'extrémité de saumon 43). Cette extrémité de saumon 43 permet d'expulser une partie de l'écoulement d'air interne 51 par le saumon 36 de la pale 3. Le fait d'expulser une partie de l'écoulement d'air interne 51 par le saumon 36 de la pale 3
30 permet de réduire l'intensité du tourbillon qui se crée au saumon 36 de la pale 3, augmentant ainsi les performances aérodynamiques et acoustiques de l'aéronef. En effet, le tourbillon qui se crée au saumon 36 des pales 3 impact l'écoulement au niveau de la voilure de l'aéronef, et plus particulièrement pour les avions.

La partie de l'écoulement d'air interne 51 qui est expulsée au saumon 36 de la pale 3 est notamment acheminée audit saumon 36 par centrifugation lorsque l'hélice 2 est mise en rotation autour de l'axe de rotation ϕ .

5

Selon un autre mode de réalisation encore illustré sur la figure 5, la plateforme du pied 35 des pales 3 comprend une écope 350 qui est reliée à l'extrémité d'entrée 41 du canal interne d'écoulement d'air 4. Ainsi, l'écoulement d'air extérieur 5 peut pénétrer dans le canal interne d'écoulement d'air 4 de chacune des pales 3 par l'écope 350.

10

L'écope 350 est composée d'un ou plusieurs trous réalisés dans la plateforme du pied 35 de la pale 3, de sorte que l'écoulement d'air extérieur 5 peut pénétrer dans lesdits trous.

15

Les écopas 350 sont formées dans les plateformes des pieds 35 des pales 3 de sorte que lorsque l'angle de calage des pales 3 est réglé pour une phase d'utilisation de l'aéronef désirée, par exemple la phase de vol de croisière de l'aéronef, les écopas 350 comprennent au moins un trou qui est situé face à l'écoulement d'air extérieur 5 de sorte que le débit de l'écoulement interne 51 circulant dans le canal interne d'écoulement d'air 4 soit maximal.

20

Selon une variante possible, la pale 3 du troisième mode de réalisation peut comprendre un canal interne d'écoulement d'air 4 qui débouche au saumon 36 de la pale 3 par une sortie d'extrémité de saumon 43, permettant ainsi d'expulser une partie de l'écoulement d'air interne 51 par le saumon 36 de la pale 3. Selon une variante avantageuse, le canal interne d'écoulement d'air de la pale 3 comprend une sortie d'extrémité de saumon 43 ainsi que des sorties 42 débouchant au bord de fuite 32 uniquement entre 0% et 25% de la hauteur de la pale 3.

25

30

Les modes de réalisation présentés précédemment peuvent être combinés. Ainsi, l'écoulement d'air interne 51 circulant dans le canal interne d'écoulement d'air 4 des pales 3 peut être à la fois formé par un écoulement d'air extérieur 5 qui pénètre dans l'ouverture d'entrée d'air 23 du nez 22 de la casserole 21, et à la fois par un écoulement d'air

extérieur 5 qui pénètre par l'écope 350 réalisée sur la plateforme du pied 35 des pales 3.

Enfin, les pales 3 peuvent être réalisées en un matériau composite
5 comprenant un renfort fibreux, par exemple un composite obtenu par moulage par transfert de résine avec un tissage en trois dimensions (ou 3D RTM pour « three dimensions Resin Transfer Molding » selon l'appellation anglo-saxonne bien connue). Ainsi, le canal interne d'écoulement d'air 4 des pales 3 peut être réalisé en décomposant
10 certaines fibres du renfort fibreux, créant ainsi une cavité à l'intérieur des pales 3.

Plus précisément, le canal interne d'écoulement d'air 4 peut être obtenu selon deux variantes possibles.

15 La première variante comprend les étapes suivantes :

- Tisser une pluralité de fils de trame et une pluralité de fils de chaîne de manière à obtenir une ébauche fibreuse, les dits fils étant par exemple en carbone. Les fils de chaîne sont les fils dirigés selon la direction d'élongation principale α de la pale 3, les fils de trame sont les
20 fils dirigés transversalement par rapport aux fils de chaîne. Parmi les fils de trame et les fils de chaîne destinés à être tissés, on substitue au moins un fil de trame et au moins un fil de chaîne en carbone par un fil destiné à former un canal (par exemple une fibre creuse ou une fibre fugitive éliminable par un traitement adapté). Le fil de chaîne destiné à
25 former un canal va ainsi former une première portion du canal interne d'écoulement d'air 4 qui est dirigée selon la direction d'élongation principale α et qui débouche au niveau du pied 35 de la pale 3 et forme ainsi une entrée 41. Le fil de trame destiné à former un canal va ainsi former une seconde portion du canal interne d'écoulement d'air 4 qui
30 est dirigée transversalement par rapport à la direction d'élongation principale α et qui débouche au bord d'attaque 31 et au bord de fuite 32 de la pale 3 en formant ainsi une sortie 42. Le fil de chaîne et le fil trame destinés à former des canaux se croisent et sont mis en contact de manière que la première et la seconde portion du canal interne

d'écoulement d'air 4 soient assemblées et débouchent l'une dans l'autre.

- Mettre en forme l'ébauche fibreuse de manière à réaliser une préforme de la pale 3.

5 - Densifier la préforme en imprégnant ladite préforme avec un matériau constitutif de la matrice.

- Si les fils destinés à former des canaux sont des fibres fugitives, éliminer lesdits fils en procédant à un traitement adapté (comme un traitement thermique ou un traitement chimique).

10 - Obturer la seconde portion du canal interne d'écoulement d'air 4 au niveau du bord d'attaque 31, par exemple en posant un film de polyuréthane anti-érosion, ou en posant un tapis chauffant de dégivrage audit bord d'attaque 31, ou par injection d'une résine, ou par injection d'une résine suivie de la pose d'un tapis chauffant de dégivrage audit
15 bord d'attaque 31.

Dans cette première variante, la hauteur à laquelle le canal interne d'écoulement d'air 4 débouche du bord de fuite 32 est réglée en choisissant la hauteur à laquelle un fil de trame est substitué par un fil
20 adapté à former un canal.

De plus, dans cette première variante on peut augmenter le nombre de sortie 42 au bord de fuite 32 du canal interne d'écoulement 4 en augmentant le nombre de fils de trame destinés à former des canaux qui viennent croiser le fil de chaîne destiné à former un canal et qui
25 viennent à son contact.

La seconde variante comprend les étapes suivantes :

- Tisser une pluralité de fils de trame et une pluralité de fils de chaîne de manière à obtenir une ébauche fibreuse, les dits fils étant par
30 exemple en carbone. Les fils de chaîne sont les fils dirigés selon la direction d'élongation principale α de la pale 3, les fils de trame sont les fils dirigés transversalement par rapport aux fils de chaîne. Afin de faire varier l'épaisseur de l'ébauche fibreuse (et donc in fine de la pale 3), les fils de chaîne ne sont pas tous tissés sur toute leur longueur. Ainsi,
35 certains fils de chaîne comprennent deux portions, une première portion

qui est tissée avec les fils de trame, et une portion libre non tissée qui est destinée à être coupée. Parmi ces fils de chaîne destinés à ne pas être tissés sur toute leur longueur, on substitue au moins un fil en carbone par un fil de chaîne adapté à former un canal. Ce fil de chaîne
5 destiné à former un canal comprend donc une portion tissée avec les fils de trame, et une portion libre qui n'est pas tissée. La portion tissée avec les fils de trame est destinée à former une première portion du canal interne d'écoulement d'air 4 qui est dirigée selon la direction d'élongation principale α et qui débouche au niveau du pied 35 de la
10 pale 3 et forme ainsi une entrée 41.

- Plier la portion libre du fil de chaîne destiné à former un canal en la rabattant vers la partie de l'ébauche fibreuse destinée à former le bord de fuite 32 de la pale 3. Ainsi, le fil de chaîne destiné à former un canal forme un L qui s'étend depuis la partie de l'ébauche fibreuse destinée à
15 former le pied 35 jusqu'à la partie de l'ébauche fibreuse destinée à former le bord de fuite 32. Lorsque la portion libre du fil de chaîne destiné à former un canal est rabattue, elle peut être tissée avec les fils de chaîne, ou bien être simplement posée sur l'ébauche fibreuse. La portion libre du fil de chaîne destiné à former un canal ainsi rabattue va
20 former une seconde portion du canal interne d'écoulement d'air 4 qui est dirigée transversalement par rapport à la direction d'élongation principale α et qui débouche au bord de fuite 32 de la pale 3.

- Mettre en forme l'ébauche fibreuse de manière à réaliser une préforme de la pale 3.

25 - Densifier la préforme en imprégnant ladite préforme avec un matériau constitutif de la matrice.

- Si le fil de chaîne destiné à former un canal est une fibre fugitive, éliminer ledit fil en procédant à un traitement adapté (comme un traitement thermique ou un traitement chimique).

30

Dans cette seconde variante, la hauteur à laquelle le canal interne d'écoulement d'air 4 débouche du bord de fuite 32 est réglée en choisissant la hauteur à laquelle le fil de chaîne destiné à former un canal est plié.

De plus, dans cette seconde variante on peut augmenter le nombre de sortie 42 au bord de fuite 32 du canal interne d'écoulement 4 en augmentant le nombre de fils de chaines destinés à former des canaux qui comprennent une portion libre qui est rabattue.

5

Dans les deux variantes décrites précédemment qui permettent de former le canal interne d'écoulement d'air 4 à l'intérieur de la pale 3, afin d'augmenter le diamètre du canal interne d'écoulement d'air, il est possible d'utiliser plusieurs fils de chaîne et/ou plusieurs fils de trame destinés à former des canaux en les juxtaposant de manière à augmenter le diamètre du canal créé par l'élimination desdits fils.

10

Dans le cas où les fils de chaîne et/ou de trame destinés à former des canaux sont des fibres creuses, il est possible d'augmenter le diamètre des fibres pour augmenter le diamètre des canaux créés.

15

Enfin, dans les deux variantes décrites précédemment qui permettent de former le canal interne d'écoulement d'air 4 à l'intérieur de la pale 3, il est possible de substituer un fil de chaîne en carbone par un fil de chaîne destiné à former un canal qui sera tissé depuis la partie de l'ébauche fibreuse destinée à former le pied 35, jusqu'à la partie de l'ébauche fibreuse destinée à former le saumon 36. Une telle solution permet de faire déboucher le canal interne d'écoulement d'air 4 au saumon de la pale 3.

20

Afin de choisir les matériaux pour les fils de chaîne et de trame, les matériaux pour les fils de chaîne et de trame destinés à former des canaux ainsi que les traitements pour les éliminer, on pourra se référer au document FR 2 955 609 qui décrit un procédé de fabrication de pales en matériau composite. Le document FR 2 955 609 décrit également les armures utilisable pour le tissage des fils.

25

On pourra également se référer au document WO2006/136755 pour choisir l'armure à utiliser pour le tissage, le document WO2006/136755 enseignant d'autres armures utilisables.

30

REVENDICATIONS

1. Turbopropulseur (TP) comprenant une entrée d'air (1) qui s'étend selon un axe directionnel (γ) et qui est conformée pour qu'un écoulement d'air de fonctionnement (53) entre dans le turbopropulseur (TP), le turbopropulseur comprenant une hélice (2) qui est rotative autour d'un axe de rotation (ϕ) et qui est située en amont d'une entrée d'air (1) par rapport à l'écoulement d'air de fonctionnement (53), l'hélice (2) comprenant au moins une pale (3) qui, lorsque ladite hélice (2) est mise en rotation autour de l'axe de rotation (ϕ), crée un sillage qui perturbe l'écoulement d'air de fonctionnement (53) au niveau de l'entrée d'air (1), ladite pale (3) s'étendant selon une direction d'élongation principale (α), ladite pale (3) comprenant un pied (35), un bord d'attaque (31), un bord de fuite (32), et un saumon (36), caractérisé en ce que ladite pale (3) comprend en outre un canal interne d'écoulement d'air (4) qui comprend une entrée (41) qui est située au niveau du pied (35) de la pale (3) et une sortie (42) qui débouche au bord de fuite (32) de la pale (3) et qui est dirigée transversalement par rapport à la direction d'élongation principale (α), de sorte qu'un écoulement d'air interne (51) qui circule dans le canal interne d'écoulement d'air (4) en entrant par l'entrée (41) au voisinage du pied (35) de la pale (3) soit expulsé par la sortie (42) au voisinage du bord de fuite (32) de la pale (3) en formant un écoulement d'air soufflé (52) qui s'éloigne du bord de fuite (32) selon une direction qui est transversale par rapport à la direction d'élongation principale (α) et qui présente une composante selon la direction d'une ligne de squelette (S) de la pale (3) au niveau du bord de fuite (32), la sortie (42) étant située au niveau de l'entrée d'air (1) de sorte que l'écoulement d'air soufflé (52) soit expulsé au bord de fuite (32) de la pale (3) de manière à réduire le sillage de la pale (3) au niveau de l'entrée d'air (1).

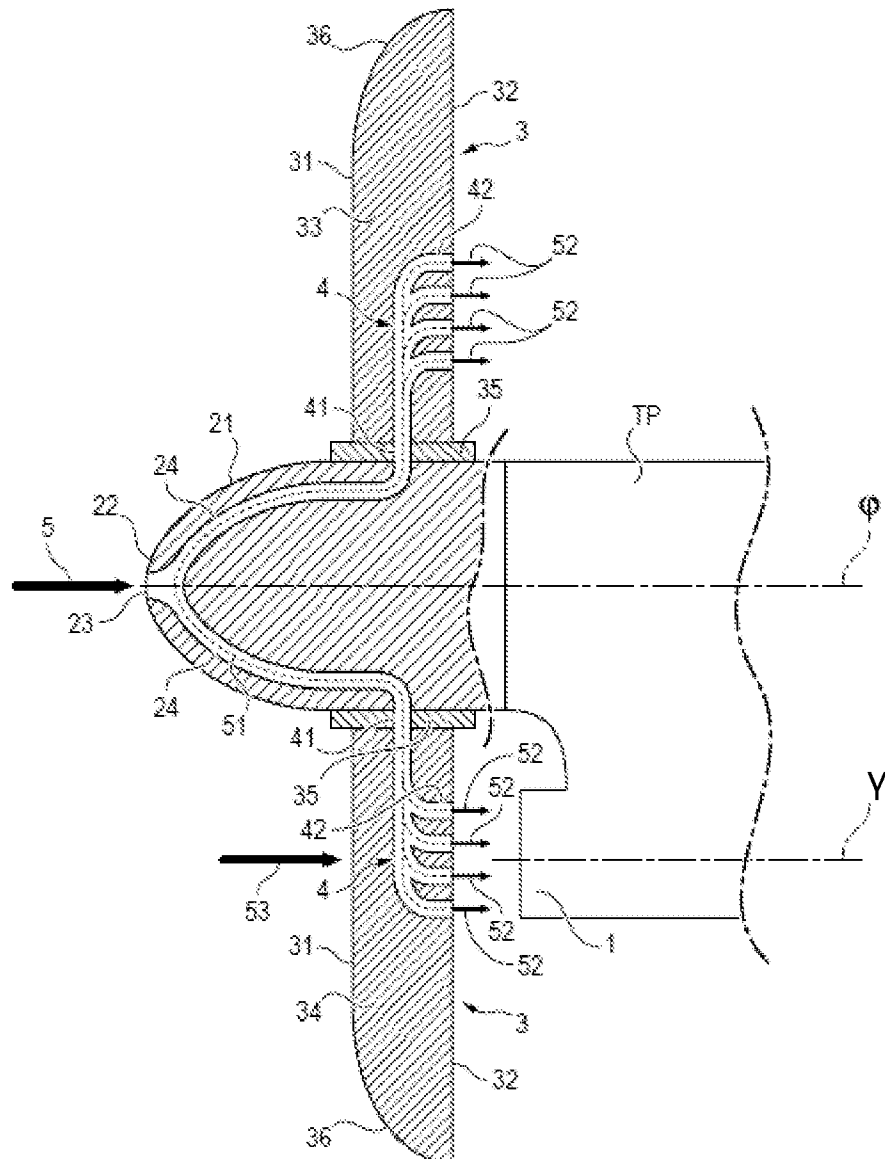
2. Turbopropulseur (TP) selon la revendication 1, caractérisé en ce que la sortie (42) débouchant au bord de fuite (32) est située uniquement entre 0% et 25% de la hauteur de la pale (3).
- 5 3. Turbopropulseur (TP) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la sortie (42) du canal interne d'écoulement d'air (4) est dirigée selon une direction inclinée par rapport à la ligne de squelette (S) de la pale (3).
- 10 4. Turbopropulseur (TP) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le canal interne d'écoulement d'air (4) de la pale (3) débouche également au saumon (36) de la pale (3), de sorte qu'une partie du flux d'air interne (51) circulant dans le canal interne d'écoulement d'air (4) soit expulsée par le saumon (36) de la pale (3).
- 15 5. Turbopropulseur (TP) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une plateforme du pied (35) comprend une écope (350), et que ladite écope (350) est reliée à l'entrée (41) du canal interne d'écoulement d'air (4) de la pale (3), de sorte qu'un écoulement d'air extérieur (5) puisse pénétrer dans l'écope (350), circuler dans le canal interne d'écoulement d'air (4) en formant l'écoulement d'air interne (51), et être expulsé par l'extrémité de sortie (42) en formant l'écoulement d'air soufflé (52).
- 20 6. Turbopropulseur (TP) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le canal interne d'écoulement d'air (4) comprend plusieurs sorties (42) réparties le long de la direction d'élongation principale (α) sur une zone du bord de fuite (32).
- 25 7. Turbopropulseur (TP) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la pale (3) est composée d'un matériau composite comprenant un renfort fibreux.
- 30

8. Turbopropulseur (TP) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'hélice (2) comprend une casserole (21) qui comprend un nez (22).

- 5 9. Turbopropulseur (TP) selon la revendication 8 caractérisé en ce que l'hélice (2) comprend :
- une ouverture de prélèvement d'air (23) située sur le nez (22) de la casserole (21) ;
 - un canal de casserole (24) qui relie l'ouverture de prélèvement d'air (23) à l'entrée (41) du canal interne d'écoulement d'air (4) de la pale (3), de sorte que l'écoulement d'air extérieur (5) puisse pénétrer dans l'ouverture de prélèvement d'air (23), circuler dans le canal de casserole (24) et le canal interne d'écoulement d'air (4) en formant l'écoulement interne (51), et être expulsé par la sortie (42) au bord de fuite (32) de la pale (3) en formant l'écoulement d'air soufflé (52).
- 10
- 15

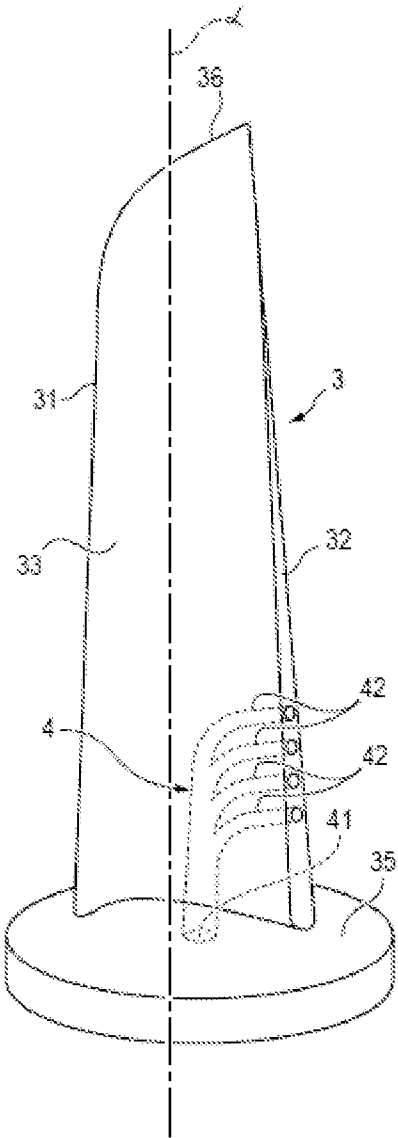
1/5

FIG. 1



2/5

FIG. 2



3/5

FIG. 3

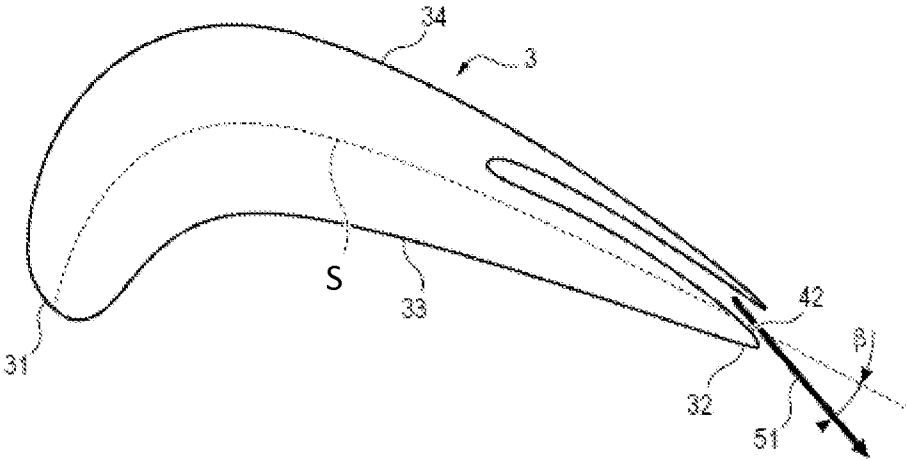
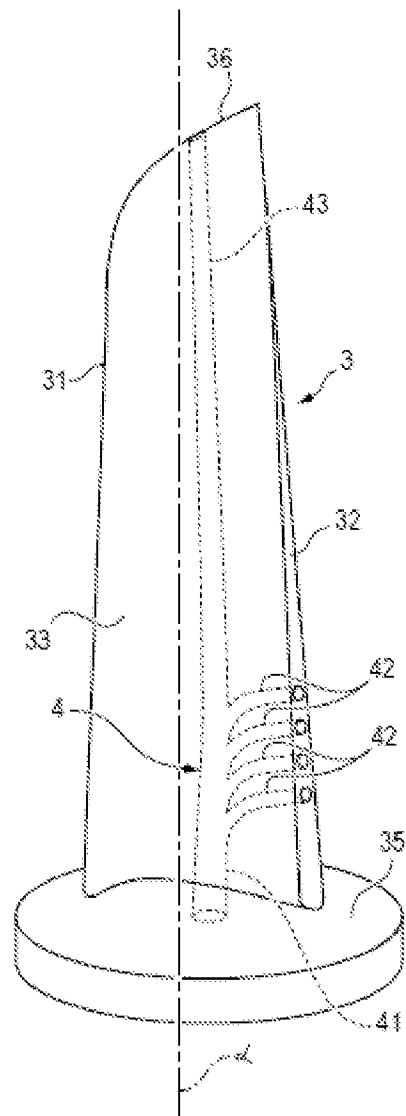
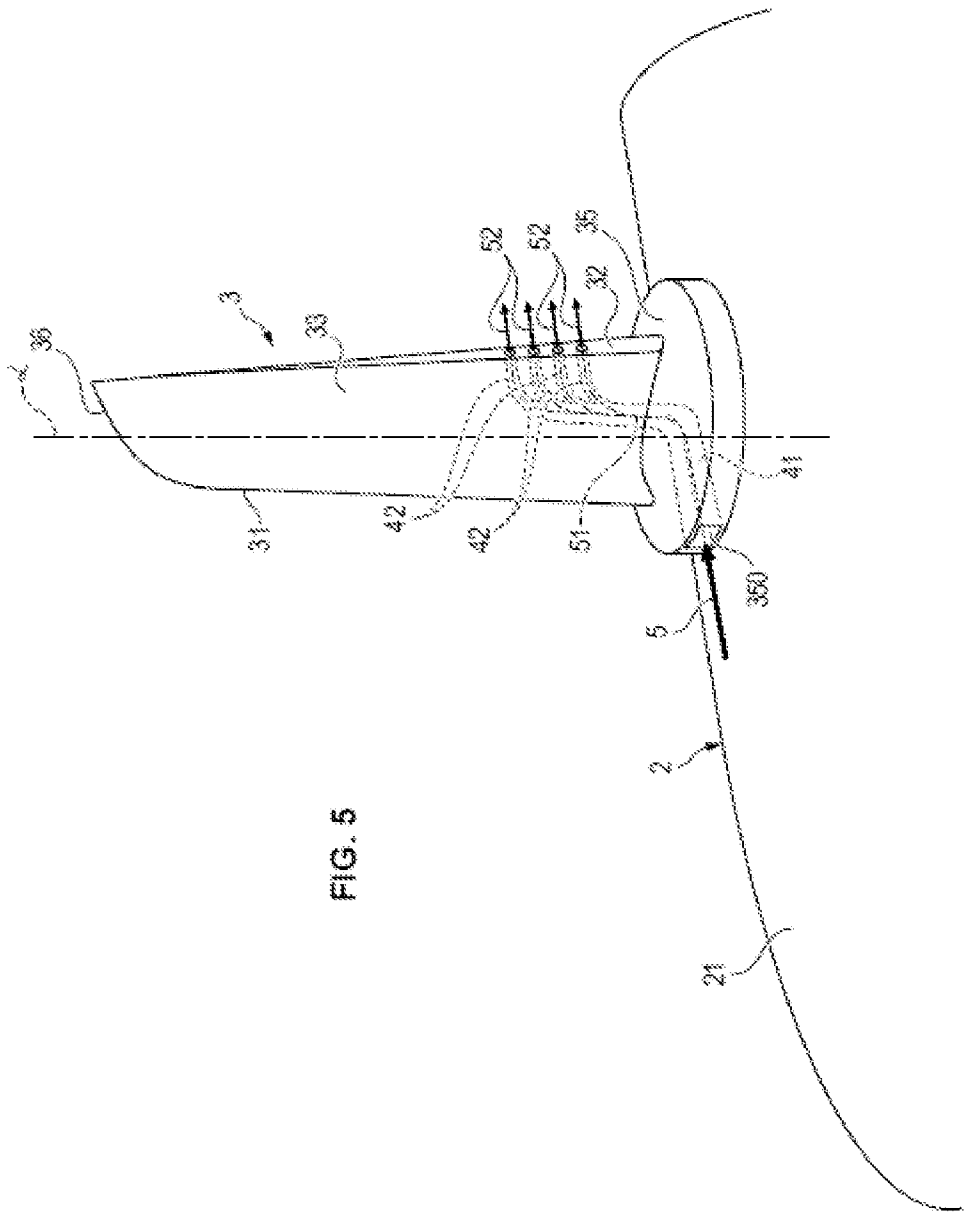


FIG. 4





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/050168

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B64C11/24
 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)

B64C F01D F02C

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	GB 636 612 A (FERDINAND BASIL GREATREX; FREDERICK REGINALD MURRAY) 3 May 1950 (1950-05-03) page 4, line 75 - page 5, line 110; figures -----	1,2,4-9
X	EP 1 741 875 A1 (SNECMA [FR]) 10 January 2007 (2007-01-10) paragraph [0012] - paragraph [0049]; figures -----	1,3,6,8
X	EP 0 887 515 A1 (SNECMA [FR]) 30 December 1998 (1998-12-30) column 3, line 30 - column 7, line 10; figures -----	1,6,8



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

11 April 2016

Date of mailing of the international search report

20/04/2016

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

Rusanu, Irina

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/050168

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 636612	A	03-05-1950	NONE

EP 1741875	A1	10-01-2007	CA 2550442 A1 21-12-2006
			EP 1741875 A1 10-01-2007
			FR 2887287 A1 22-12-2006
			JP 4801513 B2 26-10-2011
			JP 2007002843 A 11-01-2007
			US 2007116570 A1 24-05-2007

EP 0887515	A1	30-12-1998	DE 69817094 D1 18-09-2003
			DE 69817094 T2 17-06-2004
			EP 0887515 A1 30-12-1998
			FR 2765265 A1 31-12-1998
			JP 3735201 B2 18-01-2006
			JP H1172003 A 16-03-1999
			RU 2146766 C1 20-03-2000
			US 5993156 A 30-11-1999

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/050168

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B64C11/24
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)
B64C F01D F02C

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	GB 636 612 A (FERDINAND BASIL GREATREX; FREDERICK REGINALD MURRAY) 3 mai 1950 (1950-05-03) page 4, ligne 75 - page 5, ligne 110; figures	1,2,4-9
X	----- EP 1 741 875 A1 (SNECMA [FR]) 10 janvier 2007 (2007-01-10) alinéa [0012] - alinéa [0049]; figures	1,3,6,8
X	----- EP 0 887 515 A1 (SNECMA [FR]) 30 décembre 1998 (1998-12-30) colonne 3, ligne 30 - colonne 7, ligne 10; figures	1,6,8



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

11 avril 2016

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

20/04/2016

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

Rusanu, Irina

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/050168

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 636612	A	03-05-1950	AUCUN
EP 1741875	A1	10-01-2007	CA 2550442 A1 21-12-2006 EP 1741875 A1 10-01-2007 FR 2887287 A1 22-12-2006 JP 4801513 B2 26-10-2011 JP 2007002843 A 11-01-2007 US 2007116570 A1 24-05-2007
EP 0887515	A1	30-12-1998	DE 69817094 D1 18-09-2003 DE 69817094 T2 17-06-2004 EP 0887515 A1 30-12-1998 FR 2765265 A1 31-12-1998 JP 3735201 B2 18-01-2006 JP H1172003 A 16-03-1999 RU 2146766 C1 20-03-2000 US 5993156 A 30-11-1999