

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication : 2 935 349

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : 08 04770

51) Int Cl^B : B 64 C 11/18 (2006.01), B 64 C 11/46, F 04 D 29/38,
29/68

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 29.08.08.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la
demande : 05.03.10 Bulletin 10/09.

56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71) Demandeur(s) : SNECMA — FR.

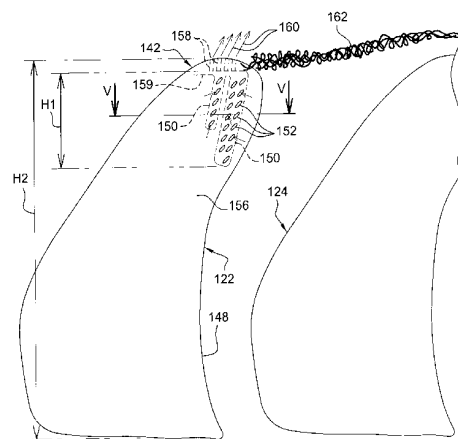
72) Inventeur(s) : MOREL CEDRIC.

73) Titulaire(s) : SNECMA.

74) Mandataire(s) : ERNEST GUTMANN YVES PLASSE-
RAUD SAS.

54) TURBOMACHINE A HELICES NON CARENEES.

57) Turbomachine, comprenant deux hélices externes
non carénées (122, 124) coaxiales et contrarotatives, au
moins certaines des aubes (148) de l'hélice amont compren-
nant des cheminées internes (150) sensiblement radiales
de circulation d'air communiquant avec des orifices (152) de
prélèvement d'air dans les couches limites des aubes, et à
leurs extrémités radialement externes avec des orifices
(158) de sortie d'air.



FR 2 935 349 - A1



Turbomachine à hélices non carénées

La présente invention concerne une turbomachine du type à hélices non carénées (en anglais « open rotor » ou « unducted fan »).

5 Une turbomachine de ce type comprend deux hélices externes coaxiales et contrarotatives, respectivement amont et aval, qui sont chacune solidaire en rotation d'une turbine de la turbomachine et qui s'étendent sensiblement radialement à l'extérieur de la nacelle de cette turbomachine. Cette turbomachine a l'avantage d'être très performante
10 comparativement à d'autres types de turbomachine parce qu'elle consomme moins de carburant et que ses hélices contrarotatives permettent de fournir une poussée relativement importante.

Cependant, l'inconvénient majeur de ce type de turbomachine est le bruit qu'elle génère en fonctionnement. Or, cette turbomachine doit
15 respecter des normes de certification acoustique relativement sévères, en particulier lors des phases de décollage et d'atterrissage de l'avion équipé de cette turbomachine.

L'une des sources de ce bruit provient de l'interaction avec les aubes de l'hélice aval d'un vortex ou de tourbillons générés au niveau des têtes
20 des aubes de l'hélice amont, avec les aubes de l'hélice aval.

Une solution pour supprimer ce bruit (appelée « clipping ») consiste à réduire le diamètre externe de l'hélice aval de façon à ce que les tourbillons générés par l'hélice amont passent à l'extérieur de l'hélice aval et n'interagissent pas avec celle-ci. Cependant, cette solution n'est pas
25 totalement satisfaisante car elle se traduit par une réduction de la poussée produite par l'hélice aval et donc une diminution des performances de la turbomachine. Il serait possible d'augmenter la charge de l'hélice aval pour compenser la réduction de son diamètre, mais cette hélice deviendrait alors mécaniquement plus complexe à réaliser et elle générerait un bruit propre
30 plus important.

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

Elle propose à cet effet une turbomachine, comprenant deux hélices externes non carénées coaxiales et contrarotatives, respectivement amont et aval, caractérisée en ce qu'au moins certaines des aubes de l'hélice amont comprennent des cheminées internes sensiblement radiales de circulation d'air communiquant avec des orifices de prélèvement d'air dans les couches limites des aubes, et à leurs extrémités radialement externes avec des orifices de sortie d'air, les orifices de prélèvement d'air étant situés sur des parties d'extrémité radialement externes des aubes et débouchant sur les extrados des aubes.

Les lignes de courant ont un profil relativement régulier au niveau des parties radialement internes des aubes, et ont au contraire un profil beaucoup moins régulier sur les parties d'extrémité radialement externes des aubes à cause notamment du développement de couches limites turbulentes sur ces parties (en fonctionnement, les couches limites sur les extrados des aubes passent d'un état laminaire vers un état turbulent provoquant des lâchers de tourbillons de petite taille). Les lignes de courant qui longent les têtes des aubes subissent par exemple un phénomène d'enroulement donnant naissance à des tourbillons qui viennent impacter sur les aubes de l'hélice aval en produisant un bruit important.

Les orifices de prélèvement d'air selon l'invention permettent d'aspirer une partie des couches limites qui se forment sur les aubes et ainsi de recoller ces couches limites sur les aubes, limitant ainsi les turbulences dans ces couches limites ainsi que le phénomène d'enroulement des lignes de courant au niveau des têtes des aubes. L'invention permet de réduire de manière significative l'intensité des tourbillons formés au niveau des têtes des aubes, le bruit provoqué par l'interaction de ces tourbillons avec l'hélice aval étant ainsi moins important que dans la technique antérieure.

Les orifices de prélèvement d'air sont situés radialement à l'intérieur des orifices de sortie d'air et sont reliés à ces derniers par des cheminées sensiblement radiales formées à l'intérieur des aubes. Les orifices de prélèvement sont donc situés à des rayons ou des distances radiales de l'axe du moteur qui sont inférieurs à ceux des orifices de sortie de façon à ce qu'il y ait une différence de pression suffisante entre l'entrée et la sortie des cheminées internes des aubes. En fonctionnement, les forces centrifuges et les différences de pression entre les zones de prélèvement et de sortie de l'air sont suffisantes pour que l'air prélevé soit acheminé à travers les cheminées des aubes jusqu'aux orifices de sortie. L'air qui sort de ces orifices est évacué à l'extérieur des aubes de l'hélice amont et permet de détruire la cohérence des tourbillons de faible intensité générés par cette hélice.

L'invention ne nécessite donc pas de modifier les dimensions des hélices amont et aval qui peuvent avoir sensiblement le même diamètre externe.

Le prélèvement d'air est réalisé sur les extradados des aubes où les turbulences dans les couches limites sont les plus importantes. En variante, les orifices de prélèvement d'air peuvent déboucher sur les intrados des aubes, voire à la fois sur les intrados et les extradados des aubes. La pression de l'air sur les intrados des aubes a l'avantage d'être plus importante que sur leurs extradados. Cependant, les couches limites sur les intrados sont en général plus saines. Le prélèvement d'air sur les intrados des aubes n'est donc pas toujours nécessaire.

Ces orifices de prélèvement d'air sont situés sur des parties d'extrémité radialement externes des aubes où les enroulements des lignes de courant apparaissent. Il n'y a pas d'orifices de prélèvement d'air ni de cheminées au voisinage des pieds d'aube, ce qui permet de ne pas gêner l'intégration des moyens de calage variable dans les pieds d'aube. Ils sont par exemple répartis sur une zone comprise entre 60 et 90% de la dimension radiale des aubes, mesurée depuis les pieds de ces aubes. Les

orifices de prélèvement doivent être suffisamment éloignés des têtes des aubes et donc des orifices de sortie pour que les cheminées internes des aubes aient une hauteur ou dimension radiale suffisante et que l'air prélevé soit acheminé à travers celles-ci grâce aux différences de pression entre l'entrée et la sortie de ces cheminées.

Les forces centrifuges permettent d'orienter l'écoulement de l'air prélevé dans le sens pied/tête tandis que la différence de pression entre les orifices de prélèvement et de sortie permet de contrôler le débit d'air prélevé. La hauteur ou dimension radiale de la zone de prélèvement est donc à ajuster en fonction du débit d'air nécessaire et de la répartition de pression sur les aubes.

Les orifices de sortie d'air peuvent être orientés sensiblement radialement ou en oblique et être formés sur les têtes des aubes. Ces orifices sont par exemple répartis sur une zone comprise entre 5 et 95% de la corde ou de la dimension axiale des aubes, mesurée depuis les bords d'attaque des aubes.

L'air qui passe dans ces orifices est expulsé à l'extérieur des aubes de l'hélice amont et ne gêne donc pas l'écoulement de l'air autour de ces aubes. L'air expulsé peut venir perturber la formation des tourbillons générés en têtes d'aube afin de les déstructurer.

Les cheminées internes des aubes peuvent être formées dans une zone comprise entre 60 et 90% de la corde ou de la dimension axiale des aubes, mesurée depuis les bords d'attaque de ces aubes.

La présente invention concerne également une aube d'hélice externe non carénée pour une turbomachine telle que décrite ci-dessus, caractérisée en ce que son extrados comporte des orifices formés dans une zone comprise entre 60 et 90% de la dimension radiale de l'aube, par rapport à l'axe de rotation de l'hélice, mesurée depuis le pied de l'aube, ces orifices étant reliés par des cheminées internes de l'aube à des orifices formés sur la tête de l'aube.

L'invention sera mieux comprise et d'autres détails, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- 5 - la figure 1 est une vue schématique en coupe axiale d'une turbomachine à hélices non carénées,
- la figure 2 est une vue schématique partielle en perspective de l'hélice amont d'une turbomachine à hélices non carénées selon la technique antérieure,
- 10 - la figure 3 est une demi-vue très schématique de côté des hélices d'une turbomachine à hélices non carénées selon l'invention,
- la figure 4 est une vue schématique de dessus de la tête d'une aube de l'hélice amont de la figure 3, et
- la figure 5 est une vue en coupe selon la ligne V-V' de la figure 3.

15 On se réfère d'abord à la figure 1 qui représente une turbomachine 10 à hélices non carénées (en anglais « open rotor » ou « unducted fan ») qui comporte d'amont en aval, dans le sens d'écoulement des gaz à l'intérieur de la turbomachine, un compresseur 12, une chambre annulaire de combustion 14, une turbine amont 16 haute-pression, et deux turbines
20 aval 18, 20 basse-pression qui sont contrarotatives, c'est-à-dire qu'elles tournent dans des sens opposés autour de l'axe longitudinal A de la turbomachine.

Chacune de ces turbines aval 18, 20 est solidaire en rotation d'une hélice externe 22, 24 qui s'étend radialement à l'extérieur de la nacelle 26
25 de la turbomachine, cette nacelle 26 étant sensiblement cylindrique et s'étendant le long de l'axe A autour du compresseur 12, de la chambre de combustion 14, et des turbines 16, 18 et 20.

Le flux d'air 29 qui pénètre dans le compresseur 12 est comprimé puis est mélangé à du carburant et brûlé dans la chambre de combustion
30 14, les gaz de combustion étant ensuite injectés dans les turbines pour entraîner en rotation les hélices 22, 24 qui fournissent la majeure partie de

la poussée générée par la turbomachine. Les gaz de combustion sortent des turbines et sont enfin expulsés à travers une tuyère 30 (flèches 31) pour augmenter cette poussée.

Les hélices 22, 24 sont disposés coaxialement l'une derrière l'autre.

5 De façon connue, chacune de ces hélices 22, 24 comporte une pluralité d'aubes qui sont régulièrement réparties autour de l'axe A de la turbomachine, chaque aube s'étendant sensiblement radialement et comportant un bord amont d'attaque, un bord aval de fuite, une extrémité radialement interne formant le pied de l'aube, et une extrémité radialement

10 externe formant la tête de l'aube.

L'hélice amont 22 a sensiblement le même diamètre que l'hélice aval 24 de façon à ce que ces hélices fournissent la même poussée en fonctionnement et que la totalité du flux d'air passant entre les aubes de l'hélice amont passe également entre les aubes de l'hélice aval.

15 La figure 2 est une vue schématique partielle en perspective de l'hélice amont 22 d'une turbomachine de la technique antérieure, et représente l'évolution des lignes de courant sur une aube de cette hélice. Les lignes de courant 32, 34, 36 passent entre les aubes de l'hélice et suivent plus ou moins le profil de ces aubes, depuis les bords d'attaque 38

20 jusqu'aux bords de fuite 40 de ces aubes.

Les lignes de courant 32 qui s'écoulent sur les parties d'extrémité radialement internes des aubes sont sensiblement parallèles entre elles. Au contraire, les lignes de courant 34, 36 qui s'écoulent sur les parties d'extrémité radialement externes ont tendance à converger les unes vers

25 les autres, ce phénomène étant de plus en plus intense à mesure que l'on se rapproche des têtes 42 des aubes. Les lignes de courant 36 qui passent au niveau des têtes des aubes s'enroulent les unes autour des autres et forment des tourbillons 44 qui viennent impacter sur les aubes de l'hélice aval 24, ces impacts étant à l'origine de nuisances sonores très

30 importantes.

Les couches limites présentes sur les aubes de l'hélice amont sont plus turbulentes sur les parties radialement externes de ces aubes que sur leurs parties radialement internes. Les couches limites turbulentes situées au voisinage des têtes d'aube favorisent l'enroulement des lignes de courant 36 et donc la formation des tourbillons 44.

L'invention permet de recoller les couches limites sur les parois latérales des aubes, au voisinage de leurs têtes, et ainsi de limiter le phénomène d'enroulement des lignes de courant. Les tourbillons qui sont générés sont donc de plus faible intensité que dans la technique antérieure.

L'invention propose d'équiper les aubes de l'hélice amont 22 d'orifices d'aspiration ou de prélèvement d'air dans les couches limites des aubes, au voisinage de leurs têtes 42, l'air prélevé étant ensuite éjecté à l'extérieur de l'hélice amont pour déstructurer les tourbillons 42 de plus faible intensité qui se forment en têtes d'aube.

Les figures 3 à 5 représentent un mode de réalisation de l'invention dans lequel les aubes 148 de l'hélice amont 122 comprennent des cheminées internes 150 de circulation d'air qui communiquent d'une part avec des orifices 152 de prélèvement d'air traversant les parois latérales 154 des aubes et débouchant sur les extradados 156 de ces aubes, et d'autre part avec des orifices 158 de sortie de l'air prélevé, qui débouchent sur les têtes 142 des aubes.

Les cheminées internes 150 sont ici au nombre de deux et sont situées sur des parties radialement externes des aubes. Elles ont une forme allongée en direction radiale et ont des dimensions différentes l'une de l'autre dans cette direction. Elles sont de plus alignées axialement l'une derrière l'autre.

La cavité aval de plus grande dimension radiale est située dans une zone H1 comprise entre 60 à 90% de la dimension radiale H2 des aubes, mesurée depuis les pieds d'aube.

Les cavités 150 occupent en outre une zone L1 comprise entre 60 à 95% de la dimension axiale de l'aube ou de la corde de cette aube, mesurée depuis le bord d'attaque de l'aube.

5 Les cavités 150 sont reliées entre elles à leurs extrémités radialement externes par un canal axial 159 qui s'étend sensiblement sur toute la dimension axiale de l'aube et qui est obturé à ses extrémités longitudinales.

10 Les orifices 152 de prélèvement d'air débouchent sur les extradados des aubes 148 où les phénomènes de turbulences dans les couches limites sont les plus importants. Ces orifices sont régulièrement répartis dans la zone H1.

Dans l'exemple représenté, la cavité amont 150 est reliée à cinq orifices de prélèvement 152 et la cavité aval est reliée à quinze orifices de prélèvement 152. Cependant, cet exemple n'est pas limitatif et le nombre
15 d'orifices de prélèvement est donné à titre indicatif et doit être adapté à chaque configuration.

Ces orifices de prélèvement 152 ont une forme générale allongée ou oblongue, leurs axes d'allongement étant orientés d'amont en aval sensiblement vers l'extérieur de façon à favoriser l'entrée d'air dans les
20 cheminées à travers ces orifices. Ces orifices 152 peuvent être orientés sensiblement parallèlement aux lignes de courant.

Les orifices 158 de sortie d'air s'étendent sensiblement radialement, leurs extrémités radialement internes débouchant dans le canal axial 159 communicant avec les cavités internes 150 des aubes, et leurs extrémités
25 radialement externes débouchant sur les têtes 142 des aubes. Les orifices de sortie 158 sont alignés les uns derrière les autres et sont régulièrement répartis. Ils sont répartis sur une zone comprise entre 5 à 95% de la dimension axiale ou de la corde des aubes, mesurée depuis les bords d'attaque des aubes.

30 En fonctionnement, une partie de l'air des couches limites situées au niveau des orifices 152 est aspirée par ces orifices et pénètrent dans les

cavités internes 150. Sous l'effet des forces centrifuges et de la différence de pression entre l'entrée des orifices 152 et la sortie des orifices 158, l'air contenu dans les cavités 150 circulent radialement de l'intérieur vers l'extérieur, jusqu'aux orifices de sortie 148. L'air est alors expulsé à l'extérieur de l'hélice 122 par les orifices 158 (flèches 160 aux figures 3 et 4).

L'aspiration de l'air par les orifices 152 permet de recoller les couches limites sur les extradados des aubes 148 et de limiter le phénomène d'enroulement des lignes de courant en têtes d'aube. Les tourbillons 162 formés en tête d'aube ont donc une intensité plus faible que dans la technique antérieure, et sont de plus déstructurés par l'air éjecté par les orifices 158, ce qui permet de réduire de manière significative le bruit de la turbomachine en fonctionnement.

Le nombre et les dimensions des orifices de prélèvement et de sortie d'air 152, 158 sont notamment déterminés en fonction du débit d'air à prélever qui représente par exemple 1% environ du débit d'air s'écoulant entre les aubes de l'hélice amont 122. Ce pourcentage de débit est également donné à titre indicatif et dépend de la configuration des aubes.

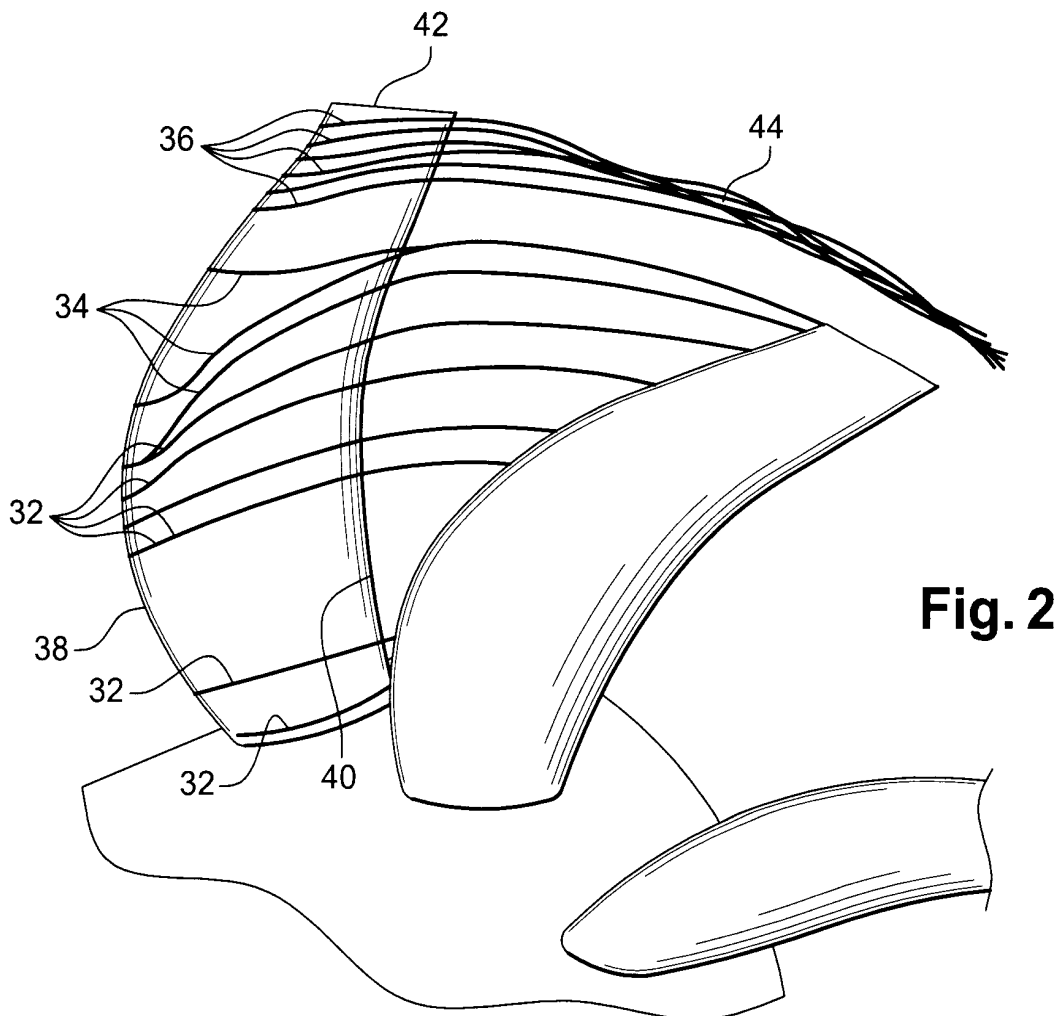
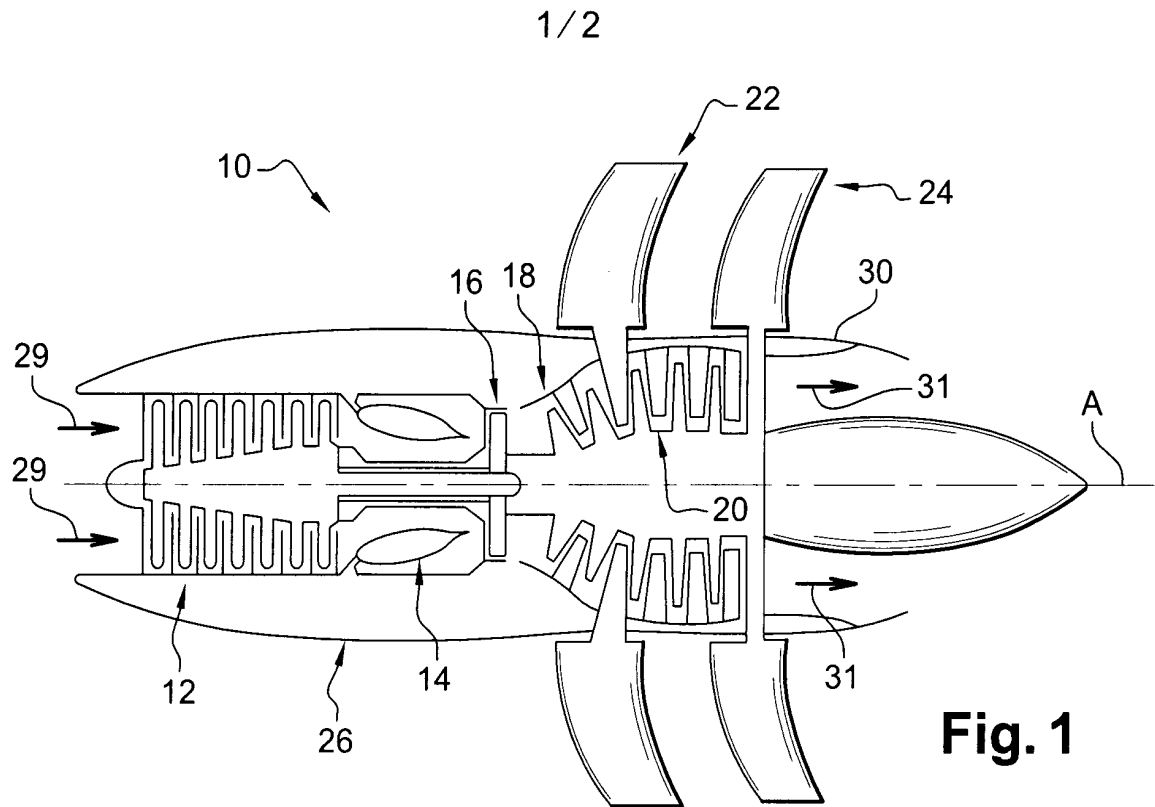
REVENDEICATIONS

1. Turbomachine, comprenant deux hélices externes non carénées (122, 124) coaxiales et contrarotatives, respectivement amont et aval, caractérisée en ce qu'au moins certaines des aubes (148) de l'hélice amont comprennent des cheminées internes (150) sensiblement radiales de circulation d'air communiquant avec des orifices (152) de prélèvement d'air dans les couches limites des aubes, et à leurs extrémités radialement externes avec des orifices (158) de sortie d'air, les orifices (152) de prélèvement d'air étant situés sur des parties d'extrémité radialement externes des aubes et débouchant sur les extradados (156) des aubes.
2. Turbomachine selon la revendication 1, caractérisée en ce que les orifices (152) de prélèvement d'air sont répartis sur une zone comprise entre 60 et 90% de la dimension radiale des aubes, mesurée depuis les pieds de ces aubes.
3. Turbomachine selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que les orifices (152) de prélèvement d'air ont une forme générale allongée ou oblongue.
4. Turbomachine selon la revendication 3, caractérisée en ce que les axes d'allongement des orifices (152) de prélèvement d'air sont orientés d'amont en aval radialement vers l'extérieur.
5. Turbomachine selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les orifices (158) de sortie d'air sont orientés sensiblement radialement ou en oblique et sont formés sur les têtes (142) des aubes.
6. Turbomachine selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les orifices (158) de sortie d'air sont répartis sur une zone comprise entre 5 et 95% de la corde ou de la dimension axiale des aubes, mesurée depuis les bords d'attaque de ces aubes.
7. Turbomachine selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les cheminées (150) sont formées dans une zone

comprise entre 60 et 90% de la corde ou de la dimension axiale des aubes, mesurée depuis les bords d'attaque de ces aubes.

8. Turbomachine selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les hélices amont (122) et aval (124) ont
5 sensiblement le même diamètre externe.

9. Aube d'hélice externe non carénée pour une turbomachine selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que son extradados (156) comporte des orifices (152) formés dans une zone comprise entre 60 et 90% de la dimension radiale de l'aube, par rapport à l'axe de rotation de
10 l'hélice, mesurée depuis le pied de l'aube, ces orifices étant reliés par des cheminées internes (150) de l'aube à des orifices (158) formés sur la tête de l'aube.



2 / 2

Fig. 3

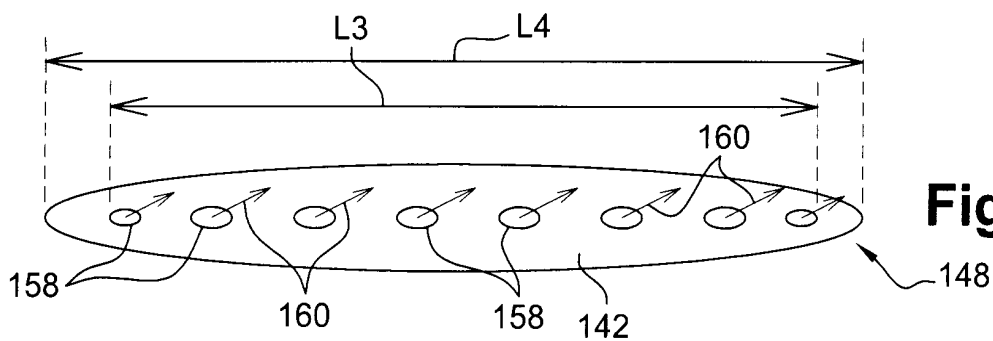
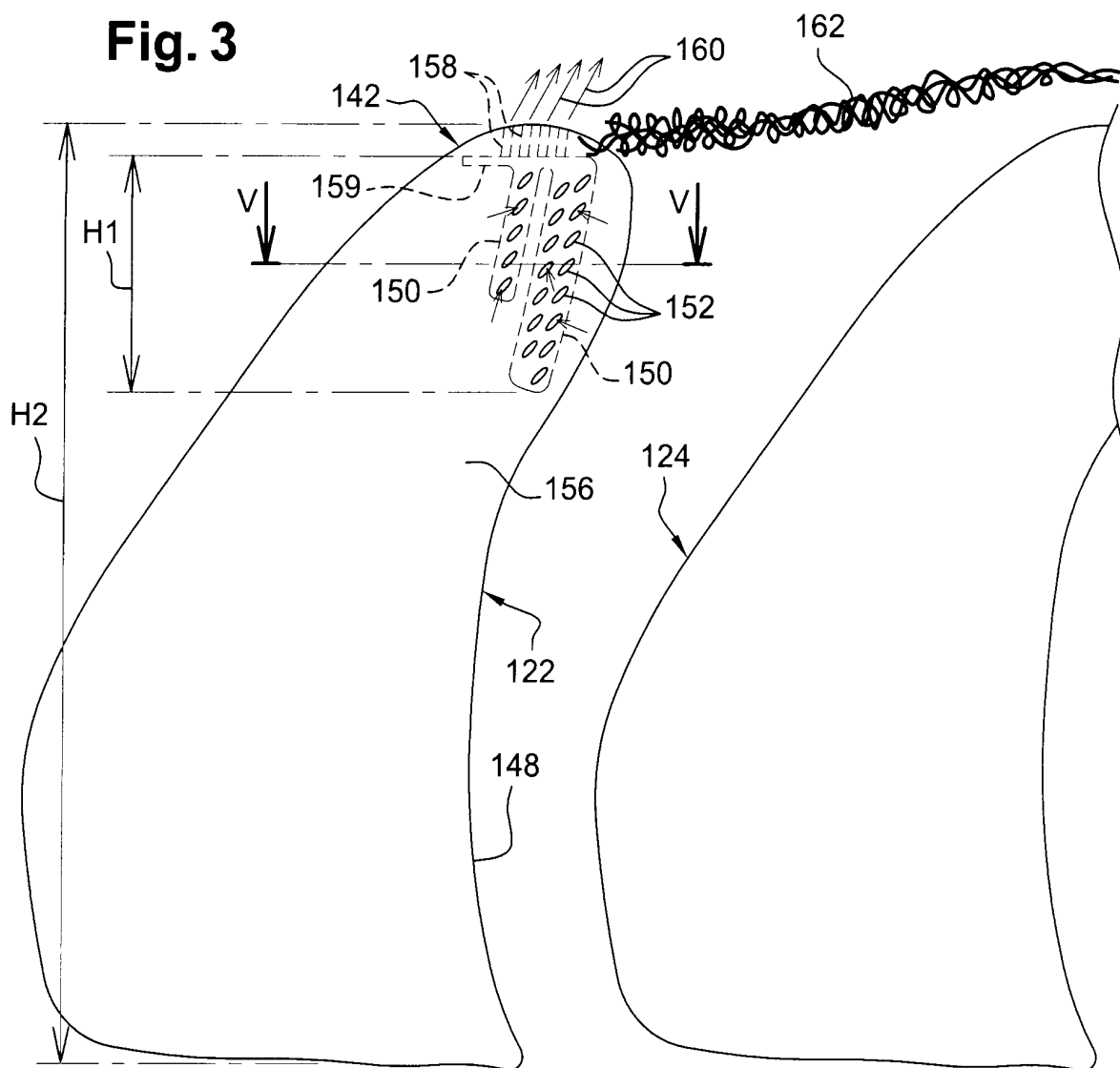


Fig. 4

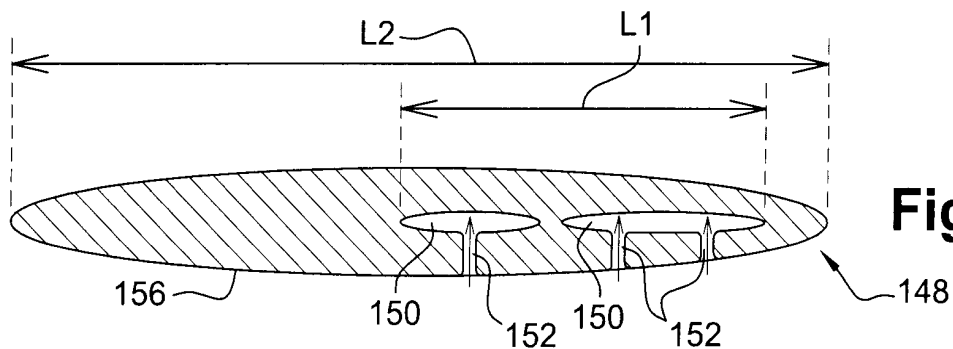


Fig. 5



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 713068
FR 0804770

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI	
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes			
Y	US 5 190 441 A (MURPHY GUY C [US] ET AL) 2 mars 1993 (1993-03-02) * le document en entier *	1-9	B64C11/18 B64C11/46 B64C21/00	
Y	FR 2 866 931 A (GUTH CLAUDE [FR]) 2 septembre 2005 (2005-09-02) * le document en entier *	1-9		
A	US 2 408 788 A (TOWNSEND LUDINGTON CHARLES ET AL) 8 octobre 1946 (1946-10-08) * figure 12 * * colonne 8, ligne 62 - ligne 70 *	1-9		
A	DE 197 34 770 A1 (ARTINGER TINA [DE]) 18 février 1999 (1999-02-18) * abrégé * * colonne 1, ligne 3 - colonne 3, ligne 25 * * colonne 5, ligne 58 - colonne 6, ligne 18 * * figures 8-10 *	1-9		
A	GB 2 220 712 A (ROLLS ROYCE PLC [GB]) 17 janvier 1990 (1990-01-17) * abrégé * * figure 2 *	1		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B64C F02C F02K F01D
A	US 4 883 240 A (ADAMSON ARTHUR P [US] ET AL) 28 novembre 1989 (1989-11-28) * abrégé * * figure 9 *	1		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur		
24 mars 2009		Cesaro, Ennio		
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention		
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure		
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date		
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.		
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande		
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons		
P : document intercalaire			
		& : membre de la même famille, document correspondant		

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0804770 FA 713068**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **24-03-2009**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5190441	A	02-03-1993	AUCUN	

FR 2866931	A	02-09-2005	AUCUN	

US 2408788	A	08-10-1946	AUCUN	

DE 19734770	A1	18-02-1999	AUCUN	

GB 2220712	A	17-01-1990	DE 3920633 A1	18-01-1990
			US 4969800 A	13-11-1990

US 4883240	A	28-11-1989	AUCUN	
