



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
04.04.2007 Bulletin 2007/14

(51) Int Cl.:
F01D 5/20 ^(2006.01) **F01D 11/08** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **06121050.6**

(22) Date de dépôt: **21.09.2006**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

(72) Inventeurs:
• **Lejars, Claude**
91210, Draveil (FR)
• **Triconnet, Nicolas**
77310, Ponthierry (FR)

(30) Priorité: **30.09.2005 FR 0510010**

(74) Mandataire: **Barbin le Bourhis, Joël et al**
Cabinet Beau de Loménie,
158, rue de l'Université
75340 Paris Cedex 07 (FR)

(71) Demandeur: **SNECMA**
75015 Paris (FR)

(54) **Aube de compresseur à sommet chanfreiné**

(57) L'invention concerne une aube de compresseur (24) pour disque rotatif d'un moteur à turbine (12) ayant des axes orthogonaux longitudinal (X), tangentiel (Y) et radial (Z), ladite aube (24) s'étendant radialement entre un pied (28) et un sommet (30) et longitudinalement entre un bord d'attaque (36) et un bord de fuite (38), ladite aube (24) étant destinée à tourner à l'intérieur d'une virole externe de stator (18) dont la surface est recouverte d'un matériau abrasable (40).

L'invention se caractérise en ce que le sommet (30) de l'aube (24) présente au moins un chanfrein en vue de réduire la surface de contact susceptible d'exister entre le sommet de l'aube (24) et le matériau abrasable (40).

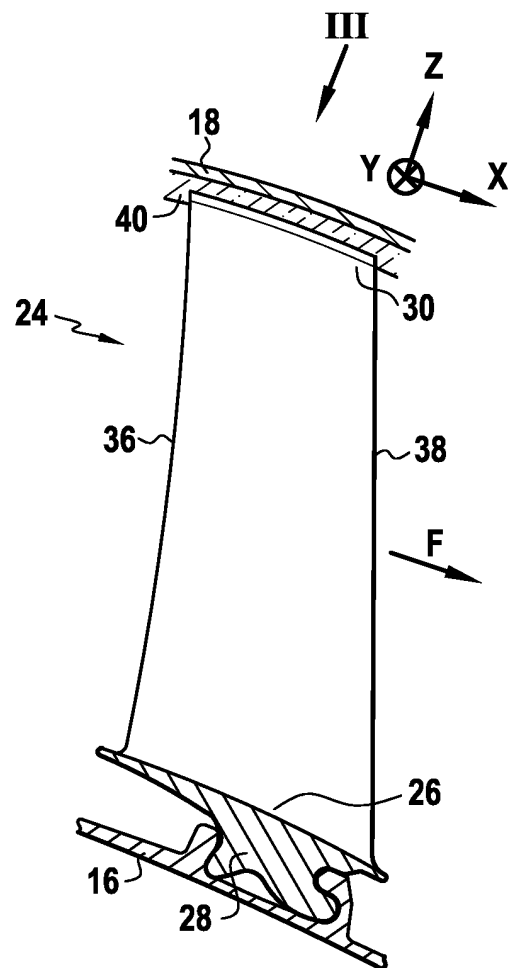


FIG.2

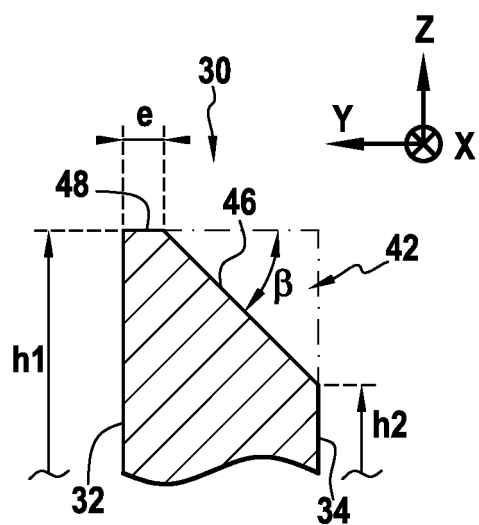


FIG.4

Description

[0001] La présente invention concerne le domaine des moteurs à turbine à gaz, et notamment les compresseurs de ces moteurs.

[0002] Elle concerne plus particulièrement une aube de compresseur pour un tel moteur, ayant des axes orthogonaux longitudinal, tangentiel et radial, ladite aube s'étendant radialement entre un pied et un sommet et longitudinalement entre un bord d'attaque et un bord de fuite, ladite aube étant destinée à tourner à l'intérieur d'une virole externe de stator dont la surface est recouverte d'un matériau abrasable.

[0003] Un moteur à turbine à gaz comprend traditionnellement une section de combustion et une section de turbine disposée en aval d'une section de compression. Un passage annulaire pour l'écoulement d'un flux gazeux s'étend axialement à travers ces différentes sections du moteur. Le flux gazeux est comprimé par la section de compression avant d'être mélangé et brûlé avec un combustible dans la section de combustion. Les gaz issus de cette combustion traversent ensuite la section de turbine afin de fournir une poussée de propulsion et d'entraîner les turbines, ces dernières étant reliées par un arbre d'entraînement à des éléments rotatifs de la section de compression.

[0004] La section de compression d'un moteur à turbine à gaz peut comporter plusieurs compresseurs disposés successivement selon la direction axiale du moteur, afin d'augmenter la compression du flux gazeux.

[0005] Par exemple, dans le cas d'un moteur à double corps, considérée axialement depuis la partie amont du moteur, la section de compression comporte successivement une soufflante, un compresseur basse pression et un compresseur haute pression. Chacun des ces compresseurs comprend une partie tournante (le rotor), une partie fixe (le stator) et d'une enveloppe (le carter). Une virole interne de rotor et une virole externe de stator délimitent radialement la veine annulaire d'écoulement du flux gazeux traversant le compresseur.

[0006] Le stator comporte une pluralité de rangées d'aubes de redresseur fixées sur la virole externe de stator et s'étendant également en travers de la veine d'écoulement jusqu'à la virole interne de rotor.

[0007] Le rotor d'un compresseur comporte quant à lui une pluralité de rangées d'aubes de compresseurs qui s'étendent radialement en travers de la veine d'écoulement depuis la virole interne de rotor jusqu'à proximité de la virole externe de stator.

[0008] Pour améliorer le rendement du compresseur, il est profitable de minimiser le jeu existant entre le sommet de l'aube de compresseur et la virole externe de stator. Une solution technique, qui ne concerne pas la présente invention, consiste à recouvrir la virole externe de stator d'une couche d'un matériau abrasif, qui soit apte à abraiser le sommet de l'aube dès lors que cette dernière vient en contact avec le matériau.

[0009] Une autre solution technique, concernant la

présente invention, consiste à recouvrir la virole externe de stator d'une couche d'un matériau abrasable, c'est-à-dire qui soit apte à être abrasée par le sommet de l'aube si cette dernière vient en contact avec ledit matériau, ce qui peut se produire notamment en raison de vibrations se propageant dans le moteur.

[0010] La demanderesse a constaté que lorsque le sommet de l'aube vient en contact avec le matériau abrasable, le sommet de l'aube subit des efforts mécaniques du fait du contact avec le matériau.

[0011] Ces efforts mécaniques constituent une source de vibrations qui se propagent dans l'aube. Au-delà d'une certaine intensité et/ou fréquence, les vibrations peuvent faire entrer l'aube en résonance selon l'un de ces modes vibratoires, ce qui entraîne une fatigue de l'aube, voire une rupture.

[0012] La demanderesse a d'ailleurs constaté que des criques longitudinales pouvaient apparaître dans une zone critique située notamment à proximité du pied de l'aube, qui est dès lors susceptible de rompre à cet endroit.

[0013] La présente invention se propose de fournir, pour un compresseur dont la virole externe de stator est recouverte d'un matériau abrasable, une aube de compresseur permettant de se prémunir contre l'apparition de telles criques et a fortiori contre la rupture de l'aube.

[0014] L'invention atteint son but par le fait que le sommet de l'aube présente au moins un chanfrein en vue de réduire la surface de contact susceptible d'exister entre le sommet de l'aube et le matériau abrasable.

[0015] Dans les aubes de compresseur déjà connues, la surface du sommet de l'aube est conformée de telle manière qu'en fonctionnement, lors du dévissage de l'aube, cette surface s'étende dans un plan sensiblement tangentiel à la virole externe de stator.

[0016] Par conséquent, la surface de contact susceptible d'exister entre le sommet de l'aube et le matériau abrasable correspond sensiblement à la surface du sommet de l'aube.

[0017] Au contraire, lors du fonctionnement du moteur, la partie chanfreinée de l'aube selon la présente invention ne s'étend pas dans un plan sensiblement tangentiel à la virole externe de stator.

[0018] Dès lors, on comprend que lorsque le moteur est en fonctionnement, la surface de contact susceptible d'exister entre le sommet de l'aube selon la présente invention et le matériau abrasable est plus petite que celle qui est susceptible d'exister dans le cas des aubes connues.

[0019] Cette réduction de la surface de contact permet de réduire les efforts radiaux et tangentiels subis par le sommet de l'aube lors de l'éventuel contact avec la couche de matériau abrasable et, par conséquent, de minimiser les vibrations dans l'aube.

[0020] De manière préférentielle, ledit au moins un chanfrein s'étend sur sensiblement toute la longueur de l'aube, la longueur de l'aube étant évidemment prise selon la direction longitudinale de l'aube.

[0021] Par ailleurs, les bords d'attaque et de fuite constituent, au sommet de l'aube, les extrémités d'une corde et, vu dans un plan orthogonal à la corde, le chanfrein comporte avantageusement une partie inclinée par rapport à un plan tangentiel au sommet de l'aube.

[0022] De manière connue, l'aube comporte des surfaces extradados et intrados s'étendant radialement entre le pied et le sommet, et longitudinalement entre le bord d'attaque et le bord de fuite, telle manière que la hauteur radiale de l'intrados est avantageusement légèrement plus grande que la hauteur radiale de l'extrados.

[0023] On comprend donc que ledit au moins un chanfrein est disposé du côté de l'extrados.

[0024] Selon un mode de réalisation préférentiel, le sommet de l'aube comporte un unique chanfrein et l'angle d'inclinaison du chanfrein est sensiblement le même sur toute la longueur de la corde.

[0025] Préférentiellement, l'angle d'inclinaison s'ouvre vers l'extrados de l'aube.

[0026] De façon avantageuse, l'angle d'inclinaison est compris entre 5° et 20°.

[0027] De façon encore avantageuse, la surface résiduelle du sommet de l'aube présente une largeur comprise entre 0,1 et 0,9 mm.

[0028] De manière préférentielle, cette surface résiduelle s'étend dans un plan tangentiel à la virole externe de stator lorsque le moteur est en fonctionnement.

[0029] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple non limitatif.

[0030] La description se réfère aux figures annexées sur lesquelles :

- La figure 1 est une vue partielle et en coupe longitudinale d'une section de compression d'un moteur à turbine à gaz ;
- La figure 2 représente une aube de compresseur selon la présente invention lorsque son sommet est en contact avec une couche d'abrasable d'une virole externe de stator ;
- La figure 3 est une vue de dessus d'une aube de compresseur selon la présente invention ;
- La figure 4 est une vue en coupe partielle dans un plan orthogonal à la corde du sommet d'une aube selon la présente invention.

[0031] La figure 1 représente partiellement une section de compression 10 d'un moteur à turbine à gaz 12. Cette section de compression présente une veine annulaire 14 d'écoulement des flux gazeux qui s'étend dans la direction longitudinale du moteur et radialement entre une virole interne 16 d'un disque de rotor et une virole externe 18 d'un stator. La virole interne est apte à être mise en rotation autour d'un axe longitudinal 20 du moteur dans le sens indiqué par la flèche 22, tandis que la virole externe de stator reste fixe. Le sens d'écoulement du flux gazeux à travers la veine est représenté sur les figures

par la flèche F.

[0032] Le disque de rotor comporte une pluralité de rangées d'aubes de compresseur 24 qui s'étendent radialement entre la virole interne 16 du disque de rotor et la virole externe 18 de stator. Chacune des aubes de compresseurs 24 présente un pied 28 qui vient s'emmancher dans un évidement du disque de rotor, une partie inférieure de pale 26 ainsi qu'un sommet 30 opposé au pied 28.

[0033] Le stator comporte quant à lui une pluralité de rangées d'aubes de redresseur 33 fixées solidairement à la virole externe 18 de stator et qui s'étendent également à travers la veine d'écoulement du flux gazeux entre la virole externe 18 de stator et la virole interne 16 de rotor. Comme on le voit sur la figure 1, les rangées d'aubes de compresseur 24 et de redresseur 33 sont disposées alternativement selon la direction axiale 20 du moteur 12.

[0034] La figure 2 représente l'aube de compresseur 24 selon l'invention, celle-ci appartenant préférentiellement mais non nécessairement à la rangée d'aubes de compresseur qui est située à l'extrémité aval de la section de compresseur.

[0035] L'aube de compresseur 24 selon l'invention est munie d'une base orthogonale comportant un axe longitudinal X, un axe tangentiel Y et un axe radial Z. L'axe longitudinal X s'étend dans la direction de l'écoulement F, l'axe tangentiel Y s'étend dans le sens de rotation 22 de la virole interne 16 de rotor, tandis que l'axe Z s'étend radialement depuis la virole interne 16 vers la virole externe 18.

[0036] Chaque aube de compresseur 24 comporte une surface intrados 32 et une surface extradados 34 s'étendant radialement entre la partie inférieure de pale 26 et le sommet 30 de l'aube de compresseur 24 d'une part, et longitudinalement entre un bord d'attaque 36 et un bord de fuite 38.

[0037] Comme on le voit sur la figure 2, le pourtour interne de la virole externe de stator 18 est recouverte d'une couche de matériau abrasable 40, c'est-à-dire apte à être abrasé par le sommet de l'aube de compresseur si celle-ci est amenée à entrer en contact avec le matériau. Ce contact peut se produire en raison des vibrations du moteur, compte tenu du faible jeu existant entre le sommet de l'aube de compresseur 24 et la couche de matériau recouvrant la virole externe de stator 18.

[0038] Pour minimiser les efforts subis par l'aube de compresseur lorsqu'elle entre en contact avec la couche de matériau abrasable 40, le sommet de l'aube, représenté sur la figure 4, présente un chanfrein 42.

[0039] Ce chanfrein 42 s'étend préférentiellement sur toute la longueur de la corde 44 du sommet 30 de l'aube 24 tout en s'étendant substantiellement entre le bord d'attaque 36 et le bord de fuite 38.

[0040] De manière préférentielle, le chanfrein 42 présente une surface plane 46 inclinée d'un angle β par rapport à un plan tangentiel au sommet de l'aube. Toutefois, sans sortir du cadre de la présente invention, le chanfrein

peut présenter une surface courbe, concave ou convexe.

[0041] Il en résulte que la hauteur radiale **h1** de l'intrados **32** est légèrement plus grande que la hauteur radiale **h2** de l'extrados **34**.

[0042] Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, l'angle d'inclinaison β est compris entre 5° et 20° . Pour cette plage de valeur, on a constaté une nette diminution du module des efforts tangentiel et radial appliqués sur le sommet de l'aube.

[0043] Selon une variante avantageuse, le bord du chanfrein **42** ne s'étend pas tout à fait jusqu'à l'intrados **32** de telle sorte que le sommet de l'aube présente une surface de contour résiduelle **48**, dont la largeur considérée dans une direction tangentielle est référencée **e** sur la figure 4.

[0044] De manière avantageuse, cette surface résiduelle **48** s'étend dans un plan tangentiel à la virole externe de stator **18** lorsque le moteur est en fonctionnement et présente une largeur comprise entre 0,1 et 0,9 mm.

[0045] La conformation du sommet de l'aube de compresseur **24** selon la présente invention permet de réduire la surface susceptible de venir en contact avec la couche de matériau abrasable et, par voie de conséquence, de minimiser les efforts mécaniques que l'aube subit lorsqu'elle vient en contact avec la couche de matériau abrasable **40**. Cette diminution des efforts limite l'apparition de vibrations susceptibles de faire entrer l'aube en résonance et, par suite, d'entraîner sa rupture.

[0046] Bien que l'on ait décrit des aubes de compresseur d'une turbomachine double corps, la présente invention s'applique également à une turbomachine simple corps (sans soufflante) ou à une turbomachine triple corps dans laquelle un compresseur intermédiaire est disposé entre le compresseur basse pression et le compresseur haute pression.

[0047] La présente invention concerne en outre un rotor de compresseur comportant au moins une rangée d'aube selon la présente invention, ainsi qu'une turbomachine comportant un tel rotor de compresseur.

Revendications

1. Aube de compresseur (24) pour disque rotatif d'un moteur à turbine (12) ayant des axes orthogonaux longitudinal (X), tangentiel (Y) et radial (Z), ladite aube (24) s'étendant radialement entre un pied (28) et un sommet (30) et longitudinalement entre un bord d'attaque (36) et un bord de fuite (38), ladite aube (24) étant destinée à tourner à l'intérieur d'une virole externe de stator (18) dont la surface est recouverte d'un matériau abrasable (40), le sommet (30) de l'aube (24) présentant au moins un chanfrein (42) en vue de réduire la surface de contact (48) susceptible d'exister entre le sommet de l'aube (24) et le matériau abrasable (40), **caractérisé en ce que**, vue selon une direction tangentielle, la surface de

contact résiduelle (48) du sommet de l'aube présente une largeur (e) comprise entre 0,1 et 0,9 mm.

2. Aube de compresseur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit au moins un chanfrein (42) s'étend sur sensiblement toute la longueur de l'aube (24).
3. Aube de compresseur selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**au sommet (30) de l'aube (24), les bords d'attaque (36) et de fuite (38) constituent les extrémités d'une corde (44) et **en ce que**, vu dans un plan orthogonal à la corde, le chanfrein (42) comporte une partie inclinée (46) par rapport à un plan tangentiel au sommet (30) de l'aube.
4. Aube de compresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'aube comporte des surfaces extrados (34) et intrados (32) s'étendant radialement entre le pied (28) et le sommet (30) et longitudinalement entre le bord d'attaque (36) et le bord de fuite (38), et **en ce que** la hauteur radiale de l'intrados (h1) est légèrement plus grande que la hauteur radiale de l'extrados (h2).
5. Aube de compresseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'**au sommet (30) de l'aube (24), les bords d'attaque (36) et de fuite (38) constituent les extrémités d'une corde (44), **en ce qu'**il comporte un unique chanfrein (42) et **en ce que** l'angle d'inclinaison (β) du chanfrein (42) est sensiblement le même sur toute la longueur de la corde (44).
6. Aube de compresseur selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'angle d'inclinaison (β) est compris entre 5° et 20° .
7. Rotor de compresseur **caractérisé en ce qu'**il comporte au moins une rangée d'aubes selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.
8. Turbomachine **caractérisée en ce qu'**elle comporte un rotor selon la revendication 7.

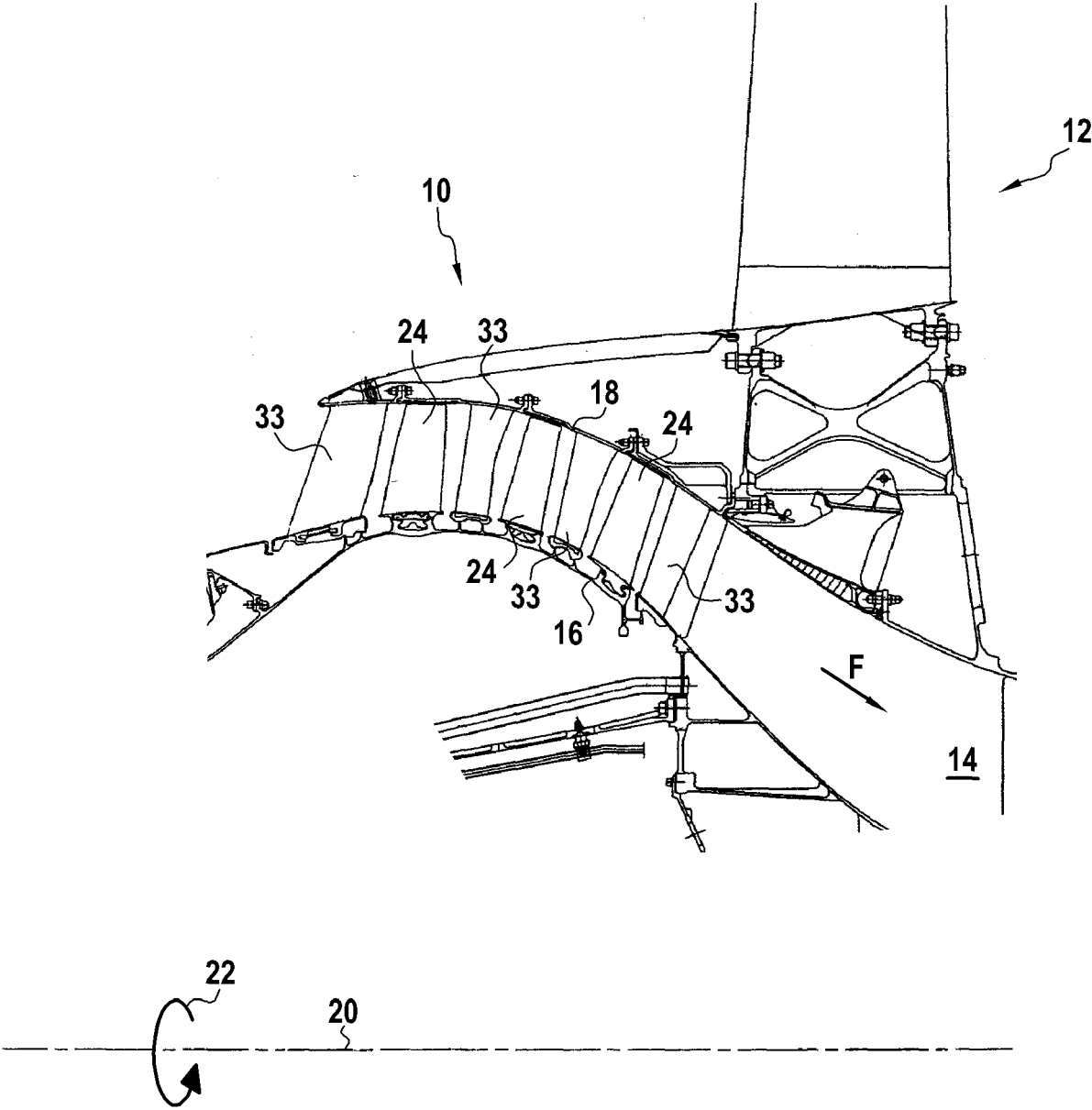
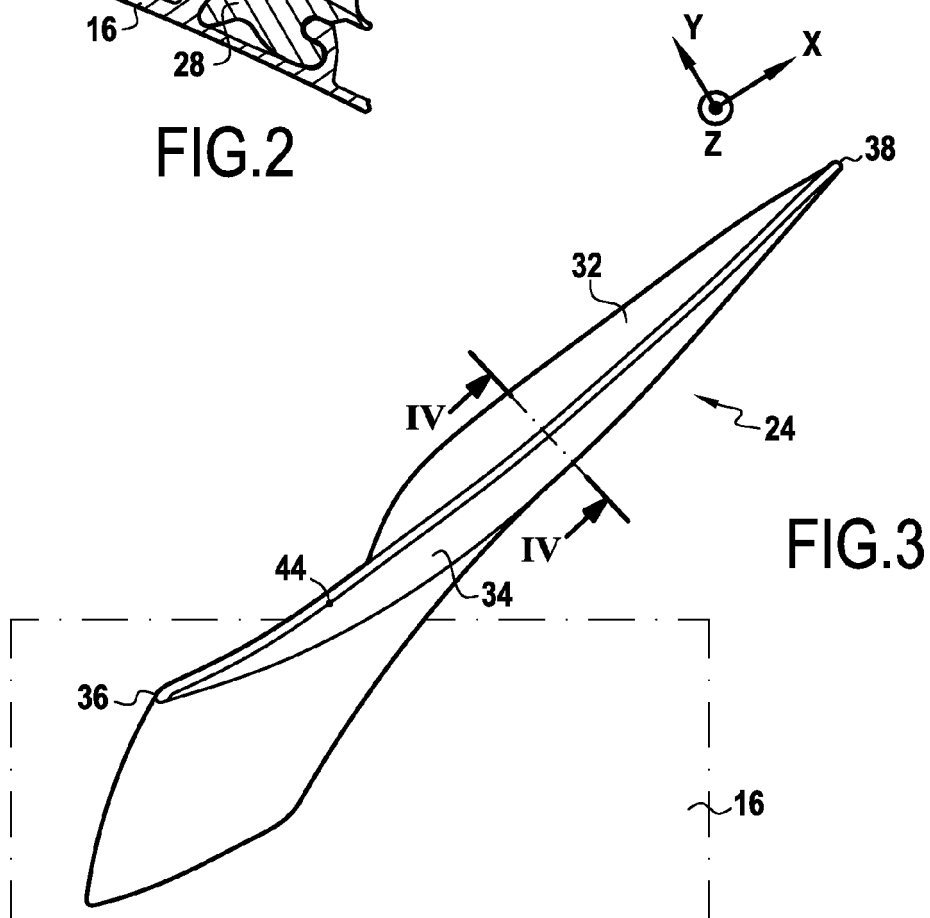
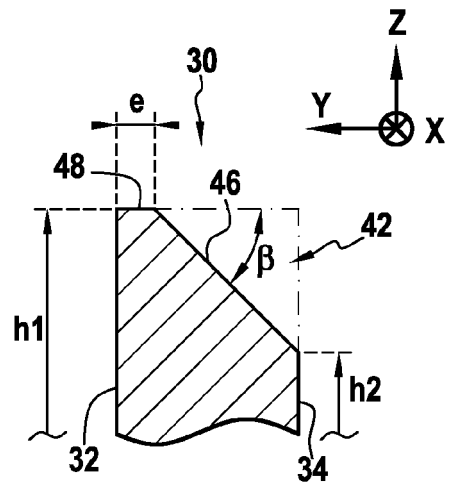
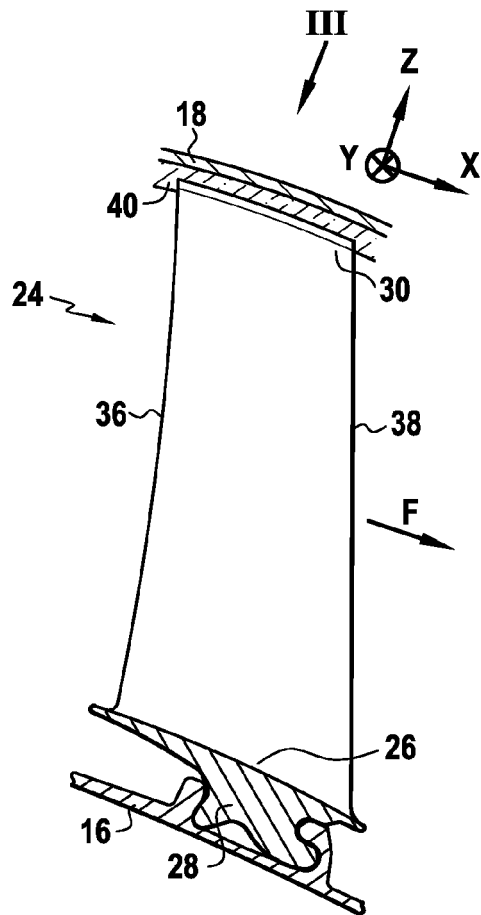


FIG.1





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	FR 2 615 254 A (SNECMA) 18 novembre 1988 (1988-11-18) * page 3, ligne 11 - ligne 18; figure 2a *	1-8	INV. F01D5/20
X	GB 946 794 A (WOODS OF COLCHESTER LIMITED) 15 janvier 1964 (1964-01-15) * figures *	1-8	ADD. F01D11/08
X	DE 815 971 C (PAUL LEISTRITZ; FRANZ BURGHAUSER) 8 octobre 1951 (1951-10-08) * figures *	1-8	
X	DE 560 589 C (PAUL LEISTRITZ; DIPL.-ING. FRANZ BURGHAUSER) 4 octobre 1932 (1932-10-04) * figures *	1-8	
X	US 1 828 409 A (DENSMORE BENJAMIN V) 20 octobre 1931 (1931-10-20) * figures *	1-8	
X	FR 2 623 569 A (SNECMA) 26 mai 1989 (1989-05-26) * figures *	1,3-8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	FR 2 711 181 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 21 avril 1995 (1995-04-21) * page 10, ligne 12 - page 12, ligne 14; revendication 1; figures 6,7 *	1-8	F01D F04D
A	US 6 086 328 A (LEE ET AL) 11 juillet 2000 (2000-07-11) * colonne 3, ligne 17 - ligne 24; figure 2 *	1-8	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 26 octobre 2006	Examineur Raspo, Fabrice
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P4C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 06 12 1050

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

26-10-2006

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2615254	A	18-11-1988	DE 3860869 D1	29-11-1990
			EP 0291407 A1	17-11-1988
			US 4957411 A	18-09-1990

GB 946794	A	15-01-1964	AUCUN	

DE 815971	C	08-10-1951	AUCUN	

DE 560589	C	04-10-1932	AUCUN	

US 1828409	A	20-10-1931	AUCUN	

FR 2623569	A	26-05-1989	CA 1294558 C	21-01-1992
			DE 3867606 D1	20-02-1992
			EP 0317432 A1	24-05-1989
			JP 1159401 A	22-06-1989
			JP 1955536 C	28-07-1995
			JP 6089647 B	09-11-1994
			US 4875831 A	24-10-1989

FR 2711181	A	21-04-1995	DE 4436186 A1	04-05-1995
			GB 2282856 A	19-04-1995
			JP 7180502 A	18-07-1995
			US 5476363 A	19-12-1995

US 6086328	A	11-07-2000	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82