

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 995 004

②1 N° d'enregistrement national : **12 58181**

⑤1 Int Cl⁸ : **F 01 D 5/30 (2013.01), F 01 D 5/14, 5/28**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 03.09.12.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 07.03.14 Bulletin 14/10.

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.

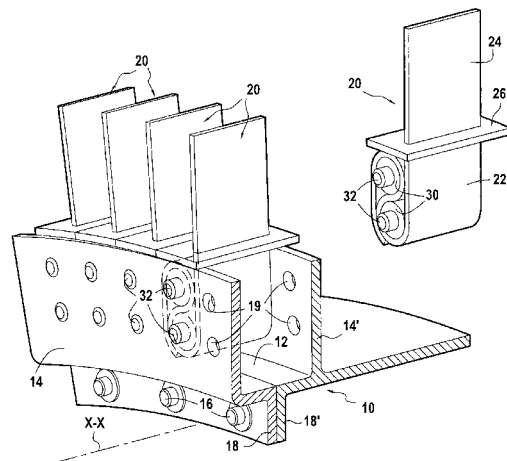
⑦2 Inventeur(s) : GALLET FRANCOIS et BEUJARD ANTOINE, JEAN-PHILIPPE.

⑦3 Titulaire(s) : SNECMA.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE Société civile.

⑤4 AUBE DE TURBOMACHINE EN MATERIAU COMPOSITE ET SON ATTACHE SUR UN DISQUE DE ROTOR.

⑤7 L'invention concerne une aube (20) de turbomachine en matériau composite, comprenant un pied (22) destiné à être monté sur un disque de rotor (10), le pied de l'aube se présentant sous la forme d'une bande sensiblement allongée qui est enroulée autour d'au moins deux supports cylindriques (30).



FR 2 995 004 - A1



Arrière-plan de l'invention

5 La présente invention se rapporte au domaine général de l'attache d'aubes de turbomachine en matériau composite sur un disque de rotor.

Un domaine privilégié mais non exclusif d'application de l'invention est celui des aubes en matériau composite équipant la turbine
10 haute-pression d'une turbomachine aéronautique à double corps.

Il est connu de réaliser les aubes de turbine en matériau composite, notamment en matériau composite à matrice céramique (CMC). On pourra ainsi se référer à la demande de brevet WO 2010/061140 qui décrit un exemple de procédé de fabrication de telles
15 aubes.

Par rapport au métal, le composite présente une excellente tenue à la température, ce qui permet d'augmenter les températures en entrée de la turbine, et possède une faible masse volumique, ce qui contribue à diminuer la masse globale de la turbine.

20 Le principal inconvénient des matériaux composites réside cependant dans leur faible tenue aux contraintes mécaniques à laquelle est soumise l'aube, en particulier au niveau de leur attache sur le disque de rotor.

Les aubes de turbine sont en effet soumises à d'importants efforts externes, comme l'effort aérodynamique des gaz, et plus particulièrement l'effort centrifuge généré par la rotation du disque de rotor. Ces efforts sont contrebalancés par l'effort de retenue exercé par le disque de rotor, cet effort transitant par les systèmes d'attache des aubes sur le disque.

30 Le principe d'une attache conventionnelle par un pied d'aube en forme de queue d'aronde venant s'enchâsser dans une dent du disque de rotor est à ce titre difficilement transposable pour une aube en matériau composite. En effet, les dimensions d'une queue d'aronde sont trop limitées par l'espace disponible entre les pieds des aubes, ce qui conduit à
35 des contraintes de matage trop importantes pour un matériau composite tel que le CMC.

De plus, une queue d'aronde se comporte mécaniquement comme un encastrement rigide ; l'aube n'est pas libre de fléchir sous les efforts aérodynamiques. Il en résulte d'importantes contraintes de flexion dans l'échasse de l'aube, ces contraintes de flexion étant amplifiées par les coefficients de concentration de contraintes qui se situent au niveau du col de l'échasse.

Enfin, le matériau composite tel que le CMC engendre une diffusion de ses composants dans le métal du disque de rotor, ce qui a pour conséquence de fragiliser les dents du disque et d'en diminuer ainsi la durée de vie.

Objet et résumé de l'invention

Il existe donc un besoin de pouvoir disposer d'un système d'attache des aubes de turbine sur un disque de rotor qui ne présentent pas les inconvénients précités.

Conformément à l'invention, ce but est atteint grâce à une aube de turbomachine en matériau composite dans laquelle le pied se présente sous la forme d'une bande sensiblement allongée qui est enroulée autour d'au moins deux supports cylindriques.

Les efforts centrifuges à laquelle est soumise une telle aube lors de la rotation du disque de rotor sur laquelle elle est montée sont repris par frottement de la bande formant son pied sur les supports cylindriques, ce frottement étant généré par la mise en tension du matériau composite sous ces efforts (à la manière du frottement d'une corde sur une poulie). L'enroulement du pied de l'aube autour des supports cylindriques permet ainsi d'obtenir une répartition douce et progressive des contraintes à laquelle est soumise l'aube directement sur la peau du composite, limitant de la sorte leur ampleur. Il en résulte une attache des aubes parfaitement adaptée aux contraintes spécifiques du matériau composite.

De plus, les supports utilisés sont soumis à de faibles contraintes mécaniques et sont par nature redondants. Aussi, il n'est pas nécessaire de les classer parmi les pièces particulièrement à risque. De la sorte, le phénomène de diffusion du matériau composite dans le métal des supports ne constitue pas un problème.

Enfin, étant donné que l'attache de l'aube sur le disque de rotor s'effectue sur une surface courbe (par l'enroulement), ce type d'attache

offre une grande souplesse au niveau de l'inclinaison de l'aube par rapport à l'axe longitudinal de la turbine. En particulier, l'aube peut être orientée dans le sens des efforts aérodynamiques et centrifuge de façon à travailler en traction pure, sans cisaillement. Ainsi, il est possible de minimiser les contraintes dans la pale de l'aube et donc d'en limiter l'épaisseur.

De préférence, une extrémité libre de la bande allongée du pied est enroulée autour d'une autre portion de la bande. Ce contact entre les portions de bande permet d'assurer une contrainte au cisaillement qui équilibre l'effort centrifuge auquel est soumise l'aube en fonctionnement.

Il en résulte une adhérence totale du pied de l'aube sur les supports cylindriques et donc un parfait blocage de l'aube sur le disque de rotor.

La bande allongée du pied peut s'étendre dans une direction correspondant à la direction longitudinale de l'aube.

Les supports peuvent s'étendre longitudinalement sur toute la largeur de la bande allongée du pied.

Les deux supports peuvent être disposés l'un au-dessus de l'autre par rapport à la direction longitudinale de l'aube.

La bande allongée du pied peut recouvrir en partie une surface extérieure des deux supports.

De préférence, chaque support se termine à ses extrémités longitudinales par un téton pour le montage de l'aube de turbine sur un disque de rotor.

De préférence également, l'aube est en matériau composite à matrice céramique et les supports en métal.

L'invention a aussi pour objet un rotor de turbine pour turbomachine comprenant un disque ayant à sa périphérie un rail circonférentiel ouvert vers l'extérieur, et une pluralité d'aubes telles que définies précédemment dont le pied est monté dans le rail du disque.

Le disque comprend avantageusement deux flasques annulaires assemblés l'un sur l'autre par une pluralité de systèmes d'attache.

L'invention a encore pour objet une turbomachine comprenant au moins un tel rotor de turbine.

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins

annexés qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif. Sur les figures :

- la figure 1 est une partielle et en perspective d'un rotor de turbine équipé d'aubes conformes à l'invention ; et
- 5 - les figures 2A à 2C sont des vues montrant différentes étapes de réalisation d'une aube de la figure 1.

Description détaillée de l'invention

10 L'invention est applicable à tous corps d'une turbomachine comprenant un disque de rotor sur lequel sont montées des aubes en matériau composite, par exemple à la turbine haute-pression d'un turboréacteur de type à double flux.

15 De façon connue, comme représenté sur la figure 1, une turbine haute-pression de turboréacteur comprend un disque de rotor 10 centré sur un axe longitudinal X-X de la turbine haute-pression et sur lequel sont montées une pluralité d'aubes de turbine 20.

20 Les aubes de turbine 20 sont ici sont réalisées en matériau composite, et de préférence en matériau composite à matrice céramique (CMC). Elles comprennent chacune un pied 22 monté sur le disque de rotor 10 et une pale 24 qui se raccorde au pied 22 par l'intermédiaire d'une plate-forme intérieure 26 délimitant, à l'intérieur, la veine d'écoulement du flux gazeux dans la turbine.

25 Par ailleurs, conformément à l'invention, le pied 22 de chaque aube de turbine se présente sous la forme d'une bande sensiblement allongée qui est enroulée autour d'au moins deux supports cylindriques 30 pour permettre le montage de l'aube sur le disque de rotor 10.

30 Les supports 30 sont réalisés en alliage métallique résistant aux hautes températures, par exemple en Inconel®. Ils se présentent chacun sous la forme d'un cylindre dont la longueur est sensiblement égale à la largeur de la bande allongée formant le pied 22 de l'aube et s'étendent ainsi, dans le sens de leur longueur, sur toute la largeur de la bande fibreuse.

35 Chaque support 30 se termine à ses extrémités longitudinales par un téton 32 pour le montage de l'aube sur le disque de rotor. A cet effet, le disque de rotor 10 présente, à sa périphérie, un rail circonférentiel

12 qui est ouvert vers l'extérieur et qui est destiné à recevoir le pied des aubes de turbine 20.

5 Ce rail 12 est formé par l'assemblage entre eux de deux flasques annulaires 14, 14', ces flasques étant fixés l'un sur l'autre par l'intermédiaire de systèmes d'attache 16 de type vis/écrou traversant des brides annulaires, respectivement 18, 18'.

10 Les flasques 14, 14' du disque de rotor présentent des trous 19 pour recevoir les tétons 32 des supports des pieds des aubes et assurer ainsi le montage des aubes de turbine sur le disque de rotor. Les tétons 32 des supports des pieds des aubes peuvent être munis d'une forme hexagonale afin de bloquer ces supports en rotation autour de leur axe respectif.

15 En liaison avec les figures 2A à 2C, on décrira maintenant comment est formé l'enroulement du pied des aubes de turbine selon l'invention autour des deux supports cylindriques.

Les aubes de turbine sont réalisées en matériau composite au moyen d'un procédé de fabrication tel que celui décrit dans le document WO 2010/061140 dont le contenu est incorporé ici par référence.

20 Selon le procédé de fabrication décrit dans ce document, une ébauche fibreuse de l'aube est réalisée par tissage tridimensionnel en une seule pièce. Cette ébauche fibreuse 100, représentée sur les figures 2A et 2B, comprend une première partie 102 destinée à constituer, après mise en forme, une partie de préforme constitutive de pale et de pied d'aube, et une seconde partie 104 destinée à constituer, après mise en forme, une partie de préforme constitutive de plate-forme d'aube.

25 La préforme fibreuse obtenue par mise en forme de cette ébauche fibreuse 100 est ultérieurement densifiée par une matrice pour obtenir une aube en matériau composite ayant un renfort fibreux constitué par la préforme et densifié par la matrice, et formant une seule pièce avec plateforme intégré.

30 La première partie de l'ébauche fibreuse qui est destinée, après mise en forme, à constituer une partie de préforme de pale et de pied d'aube se présente sous la forme d'une bande fibreuse 102 sensiblement allongée qui s'étend de façon générale dans une direction Y-Y correspondant à la direction longitudinale de l'aube à réaliser. Cette bande fibreuse 102 possède une largeur l qui est sensiblement constante et qui

est choisie notamment en fonction de la longueur du profil développé (à plat) de la pale et du pied de l'aube à réaliser.

Une fois cette première partie d'ébauche fibreuse réalisée, elle est mise en forme pour obtenir une partie de préforme constitutive de pale et de pied d'aube. En particulier, la portion supérieure de la bande fibreuse 102 destinée à former la préforme de pale de l'aube est mise dans un moule pour y être déformée et reproduire ainsi le profil incurvé de la pale de l'aube à réaliser.

Après l'étape d'injection, la portion inférieure de la bande fibreuse 102 qui est destinée à former plus spécifiquement la préforme de pied d'aube est enroulée autour des deux supports cylindriques 30.

A cet effet, les deux supports 30 sont disposés l'un au-dessus de l'autre par rapport à la direction Y correspondant à la direction longitudinale de l'aube à réaliser et la portion inférieure de la bande fibreuse 102 est enroulée autour des supports de sorte à venir recouvrir en partie la surface extérieure des deux supports.

Le double enroulement de la bande fibreuse 102 autour de ces deux supports 30 est notamment réalisé de sorte à ce que l'extrémité libre de la bande fibreuse soit de préférence enroulée autour d'une autre portion de la bande. Ainsi, dans la zone 106 illustrée sur la figure 2C (représentant l'ébauche fibreuse 100 après enroulement), deux portions de bande fibreuse sont en contact l'une avec l'autre. Lors de l'injection de la matrice, cette dernière va jouer de rôle de « soudure » entre ces deux portions de bande fibreuse et conférer ainsi au pied de l'aube une bonne tenue au cisaillement.

De plus, pour améliorer l'adhérence entre le pied de l'aube et les supports (et donc le blocage de l'aube sur le disque de rotor), le rayon de courbure des supports cylindriques pourra être ajusté pour être toujours sensiblement supérieur à celui de la bande fibreuse 102.

Une fois effectué la mise en forme de l'ébauche fibreuse 100, cette dernière est densifiée par une matrice pour obtenir une aube de turbine en matériau composite telle que celle illustrée sur la figure 1.

REVENDEICATIONS

1. Aube (20) de turbomachine en matériau composite, comprenant un pied (22) destiné à être monté sur un disque de rotor (10), caractérisé en ce que le pied de l'aube se présente sous la forme d'une bande sensiblement allongée qui est enroulée autour d'au moins deux supports cylindriques (30).
2. Aube selon la revendication 1, dans laquelle une extrémité libre de la bande allongée du pied est enroulée autour d'une autre portion de la bande.
3. Aube selon l'une des revendications 1 et 2, dans laquelle la bande allongée du pied s'étend dans une direction (Y-Y) correspondant à la direction longitudinale de l'aube.
4. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle les supports s'étendent longitudinalement sur toute la largeur de la bande allongée du pied.
5. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle les deux supports sont disposés l'un au-dessus de l'autre par rapport à la direction longitudinale de l'aube.
6. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle la bande allongée du pied recouvre en partie une surface extérieure des deux supports.
7. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle chaque support (30) se termine à ses extrémités longitudinales par un téton (32) pour le montage de l'aube sur un disque de rotor.
8. Aube selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle l'aube (20) est en matériau composite à matrice céramique et les supports (30) en métal.

9. Rotor de turbine pour turbomachine, caractérisé en ce qu'il comprend un disque (10) ayant à sa périphérie un rail circonférentiel (12) ouvert vers l'extérieur, et une pluralité d'aubes (20) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 dont le pied (22) est monté dans le rail du disque.

10. Rotor selon la revendication 9, dans lequel le disque (10) comprend deux flasques annulaires (14, 14') assemblés l'un sur l'autre par une pluralité de systèmes d'attache (16).

11. Turbomachine comprenant au moins un rotor de turbine selon l'une des revendications 9 et 10.

1/2

FIG.1

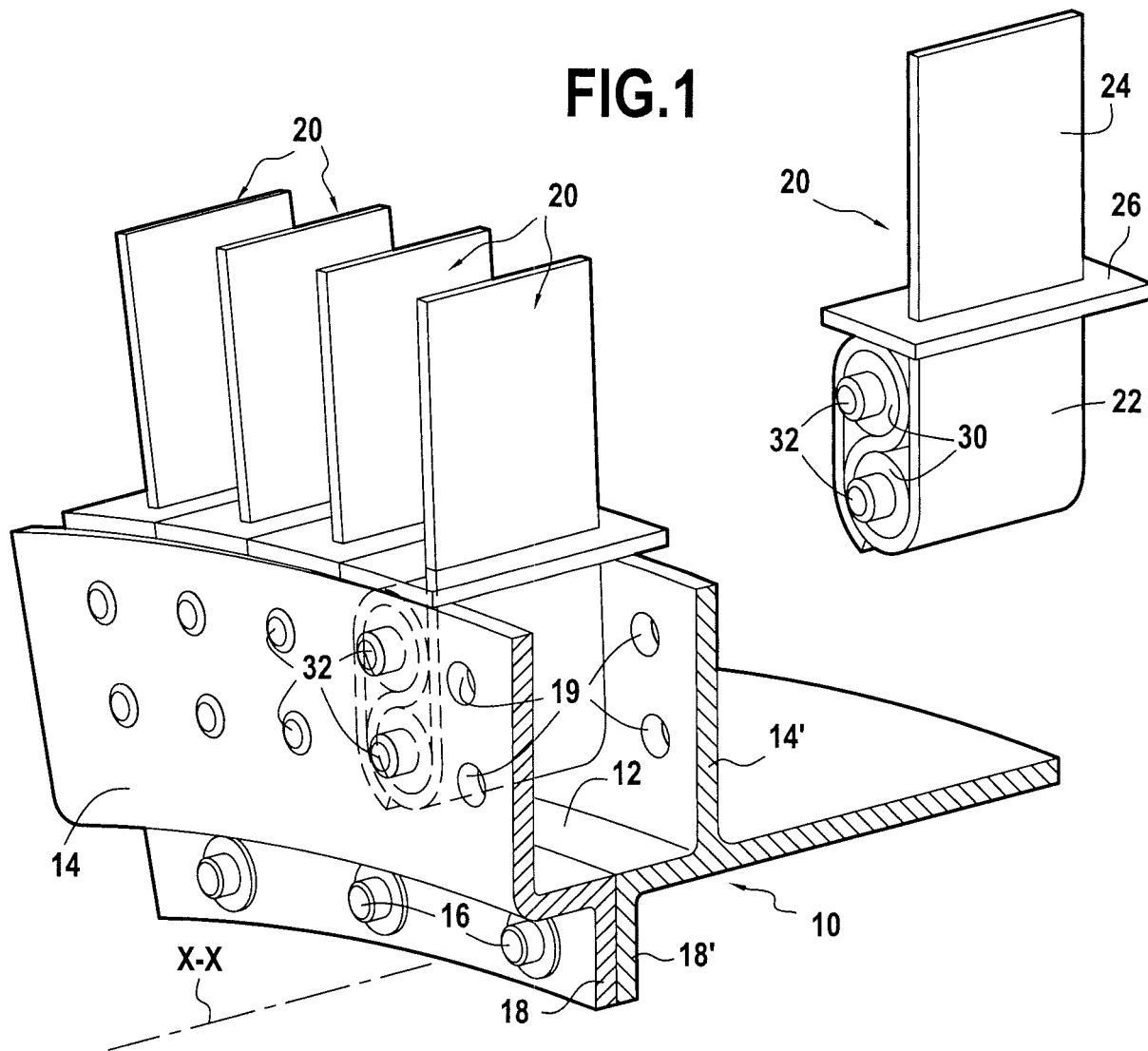


FIG.1

FIG.2A

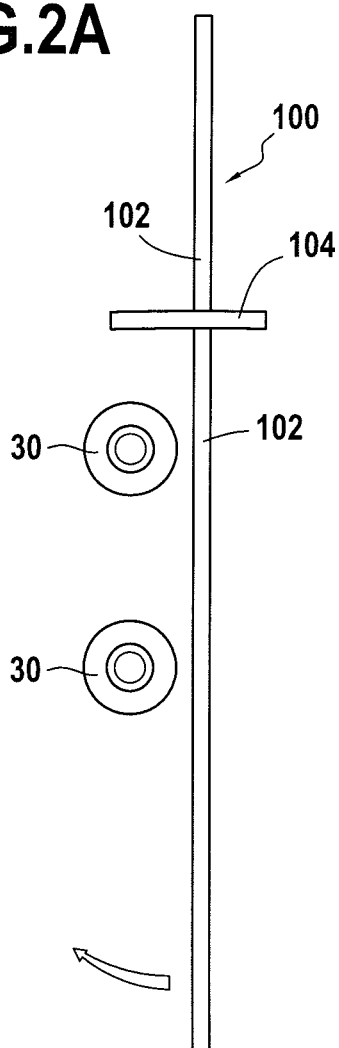


FIG.2B

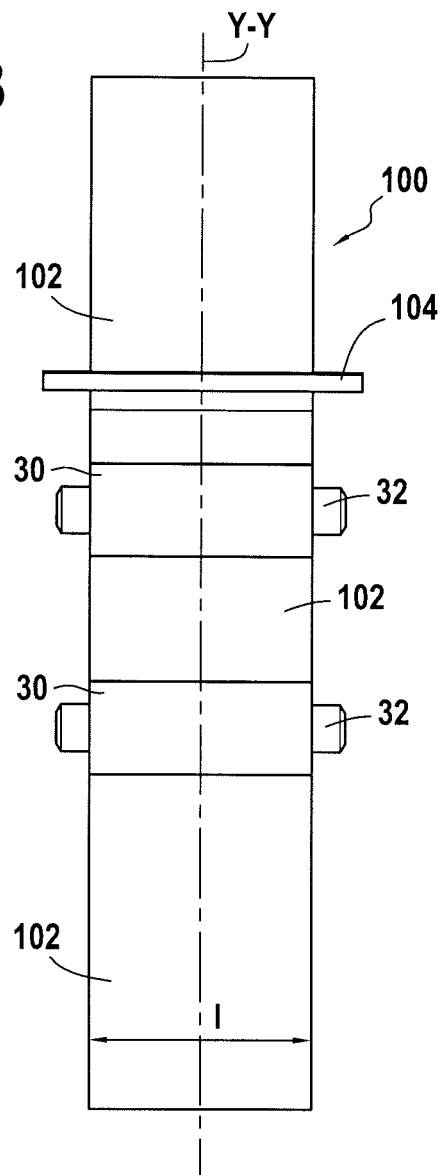
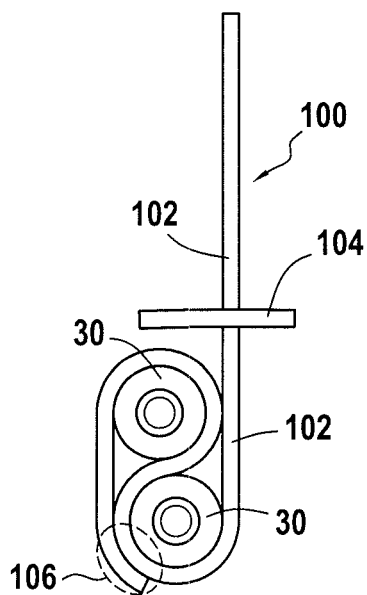


FIG.2C





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 768844
FR 1258181

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		
A	US 4 037 990 A (HARRIS DAVID J) 26 juillet 1977 (1977-07-26) * figures *	1-11	F01D5/30 F01D5/14 F01D5/28
A	EP 2 070 819 A1 (EUROCOPTER FRANCE [FR]) 17 juin 2009 (2009-06-17) * figures *	1-11	
A	US 3 694 104 A (ERWIN JOHN R) 26 septembre 1972 (1972-09-26) * figures *	1-11	
A	EP 0 607 082 A1 (SNECMA [FR]) 20 juillet 1994 (1994-07-20) * figures *	1-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F01D F04D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
31 octobre 2012		Raspo, Fabrice	
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	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1258181 FA 768844**

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 **31-10-2012**

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 4037990	A	26-07-1977	AUCUN	

EP 2070819	A1	17-06-2009	CN 101456451 A	17-06-2009
			EP 2070819 A1	17-06-2009
			FR 2925015 A1	19-06-2009
			JP 2009143559 A	02-07-2009
			US 2009155086 A1	18-06-2009

US 3694104	A	26-09-1972	AUCUN	

EP 0607082	A1	20-07-1994	DE 69400079 D1	11-04-1996
			DE 69400079 T2	12-09-1996
			EP 0607082 A1	20-07-1994
			FR 2700362 A1	13-07-1994
			JP 2807624 B2	08-10-1998
			JP 6241002 A	30-08-1994
			US 5409353 A	25-04-1995
