

Le domaine de la présente invention est celui des turbomachines et, plus particulièrement, celui des aubes de turbine de ces turbomachines.

- 5 Une turbomachine pour un aéronef comprend généralement, d'amont en aval dans le sens de l'écoulement des gaz, une soufflante, un ou plusieurs étages de compresseurs, par exemple un compresseur basse pression et un compresseur haute pression, une chambre de combustion, un ou plusieurs étages de turbines, par exemple une turbine haute pression et une turbine basse pression, et une tuyère d'échappement des gaz. A
10 chaque compresseur peut correspondre une turbine, les deux étant reliés par un arbre, formant ainsi, par exemple, un corps haute pression (HP) et un corps basse pression (BP).

Les aubes de turbine sont des pièces qui sont soumises à de très hautes températures et à de fortes contraintes mécaniques dues à la force centrifuge qui s'exerce sur elles. En
15 particulier, la performance des moteurs modernes exige que la température à laquelle sont soumises les aubes de turbine haute pression soit la plus élevée possible. Pour cela ces aubes sont traditionnellement réalisées en matériau métallique mais il serait intéressant de réaliser ces aubes en matériau composite, et, notamment en un matériau composite à matrice céramique (CMC). L'avantage des pièces en CMC est en effet leur
20 faible masse volumique et leur excellente tenue en température. En revanche leur principal défaut réside dans une moindre tenue aux contraintes et dans une susceptibilité au matage, ce qui rend difficile leur utilisation pour des aubes de turbine.

Des travaux ont en premier lieu été menés pour utiliser ce matériau dans la conception des aubes de turbine BP, comme par exemple dans la demande de brevet FR2943942 de
25 la demanderesse, car celles-ci sont soumises à des températures comparativement moins élevées, mais il serait intéressant d'utiliser également cette technologie pour des aubes de turbine HP.

Un des problèmes rencontrés toutefois pour adapter la technologie des CMC à la fabrication des aubes de turbine réside dans la difficulté de concevoir un dispositif
30 d'attache de ces aubes sur le disque de turbine correspondant, car les contraintes sont très importantes dans ces attaches, notamment au regard des caractéristiques du matériau CMC.

Les études sur des attaches en CMC ayant la forme conventionnelle d'une queue d'aronde ou d'un bulbe enchâssé dans une dent du disque ont mise en évidence plusieurs
35 difficultés qui sont associées à cette configuration. Tout d'abord, les dimensions dans le

cas d'une telle queue d'aronde étant fortement limitées par l'espace disponible entre les aubes, celles-ci sont sujettes à d'importantes contraintes de matage, qui sont trop importantes pour du CMC. En outre, un tel dispositif se traduit par des formes difficiles à réaliser en CMC, car complexes. Il faut en effet réaliser un bulbe, en écartant
5 généralement ces fibres pour y insérer un renfort entre elles. Et les contraintes de flexion sont aggravées par les coefficients de concentration de contraintes qui sont dus à la complexité de ces formes. Enfin, pour qu'un tel dispositif de queue d'aronde puisse fonctionner, il faudrait limiter les tolérances de fabrication de ces pièces, ce qui est encore difficile à réaliser, à l'heure actuelle, pour des pièces en CMC.

10

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients en proposant un dispositif d'attache pour les aubes de turbine qui soit compatible de la réalisation d'une aube en CMC.

15

A cet effet, l'invention a pour objet une aube de turbine comportant une pale s'étendant au-dessus d'une plate-forme et un pied s'étendant en-dessous de ladite plate-forme, caractérisé en ce que le pied de ladite aube est réalisé en matériau composite et comporte au moins une face cylindrique dont la direction des génératrices est orientée en direction de ladite plate-forme, de façon à permettre le glissement vers celle-ci d'une pièce sur ladite face cylindrique sous l'action de la force centrifuge qui s'exerce sur ladite aube
20 en fonctionnement sur une turbomachine.

20

La forme donnée au pied de l'aube permet de la fixer sur le disque par une pièce de serrage qui vient la coincer contre une paroi coopérante, positionnée sur le disque. On peut ainsi donner une forme simple à l'aube tout en garantissant sa tenue sur un disque. La simplicité de forme obtenue donne la possibilité de réaliser l'aube en matériau
25 composite à matrice céramique.

25

Avantageusement la face cylindrique est orientée selon un angle inférieur ou égal à 30° avec la direction radiale. Cet angle donne un bon compromis entre une pression de serrage élevée sur le pied de l'aube associé à un faible déplacement radial de la pièce de serrage.

30

Préférentiellement la face cylindrique est une branche plane du pied, orientée radialement. Le pied de l'aube prend ainsi une forme optimale sur le plan de la simplicité de sa forme, et facilite la réalisation de la pièce en matériau composite.

Avantageusement la branche plane du pied comporte à son extrémité inférieure un ergot formant point d'appui pour une coopération avec un élément de retenue radiale de l'aube
35 sur un disque de turbine.

35

L'invention porte également sur un disque de turbine pour une turbomachine comportant sur sa périphérie un moyen d'accrochage d'une aube de turbine, caractérisé en ce que ledit moyen d'accrochage comporte une face cylindrique dont la direction des génératrices est orientée dans un plan radial, en faisant un angle inférieur à 45° par rapport à la direction radiale, de façon à permettre le glissement d'une pièce sur ladite face cylindrique sous l'action de la force centrifuge qui s'exerce sur ladite aube en fonctionnement sur une turbomachine.

Un tel angle est considéré comme encore suffisamment faible pour permettre le glissement d'une pièce de serrage à la forme adaptée, sur la face cylindrique inclinée du moyen d'accrochage, sous l'action de la force centrifuge qui s'exerce sur ladite aube en fonctionnement sur une turbomachine. Il convient de noter que pour faciliter ce mouvement de serrage, il est possible d'introduire des éléments roulants ou des lamelles déformables à l'interface entre ces pièces, pour supprimer tous les phénomènes de frottement

Avantageusement le moyen d'accrochage comporte deux faces cylindriques, dont les directions des génératrices convergent l'une vers l'autre selon un angle inférieur ou égal à 45° .

Dans un mode préférentiel de réalisation les deux faces sont planes, l'une étant orientée radialement et la seconde faisant un angle inférieur ou égal à 30° avec la direction radiale.

Préférentiellement le disque de turbine comporte en outre une pièce de serrage comportant deux faces cylindriques dont la direction des génératrices est orientée respectivement parallèlement à chacune des deux faces cylindriques, ladite pièce étant positionnée en appui contre une des faces cylindriques dudit moyen d'accrochage.

De façon préférentielle ladite pièce de serrage est un coin à deux faces planes, l'une faisant avec l'autre un angle inférieur ou égal à 30° .

L'invention porte enfin sur une turbomachine comportant au moins un tel disque de turbine, équipé d'aubes telle que décrites ci-dessus.

.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative détaillée, qui va suivre, d'un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple purement illustratif et non limitatif, en référence aux dessins schématiques annexés.

Sur ces dessins :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un disque de turbine équipé d'aubes réalisées en CMC et tenues par une attache selon un mode de réalisation de l'invention, et

- la figure 2 est une vue de détail de la figure 1.

En se référant à la figure 1, on voit la partie supérieure d'un disque de turbine 1 qui est séparée en deux demi-disques, référencés 1a à l'amont et 1b à l'aval en référence au sens de circulation des gaz dans la veine de la turbomachine. Pour des raisons de lisibilité de la figure, seule la trace supérieure du demi-disque aval 1b est représentée. Entre les parties supérieures des deux demi-disques s'étendent axialement des longerons 2, en forme de pontets, qui relient les faces radiales des demi-disques entre elles et qui leur transmettent les efforts de rétention des aubes de turbine montées sur le disque 1. Le nombre de longerons 2 est égal au nombre d'aubes 3 qui sont montées sur le disque, chacune des aubes prenant place entre deux longerons 2 consécutifs. Ces longerons ont, en coupe radiale, la forme d'un H, sans que cette forme soit impérative, l'important étant cependant que sa forme présente deux faces latérales dont l'orientation spécifique sera décrite plus en détail, en relation avec la figure 2.

Les aubes de turbine, comportent une pale 31 s'étendant radialement au-dessus d'une plate-forme 32 qui repose sur la tranche extérieure des demi-disques 1a et 1b. Elle se prolonge, par ailleurs, en-dessous de cette plate-forme, par un pied 33 qui est réalisé en matériau composite du type CMC et qui a la forme d'une paroi s'étendant radialement, c'est-à-dire perpendiculairement à la plate-forme 32, et qui est orientée dans un plan axial, c'est-à-dire selon un des côtés de ladite plate-forme. Cette paroi a, en coupe radiale, la forme d'un J majuscule dont la branche principale s'étend radialement jusqu'à venir dépasser l'envergure radiale d'un longeron 2 ; elle se termine par un ergot, formant crochet, qui est destiné à passer sous ce longeron pour y prendre appui et assurer un positionnement précis de l'aube par rapport au disque.

La figure 2 montre en coupe radiale la disposition des différents éléments contribuant au maintien d'une aube 3 sur un disque de turbine 1. Le longeron 2 comporte circonférentiellement, sur un premier côté, une face sensiblement radiale 24, contre laquelle s'appuie la branche radiale 34 du pied 33 et sous laquelle vient se placer le crochet 35 formant l'extrémité du pied 33. Il comporte, sur le côté opposé, une face 25 alignée selon un plan axial mais qui est inclinée par rapport au plan radial d'un angle d'environ 30°, de façon à former une rampe pour une pièce de serrage 5. La pièce de serrage a la forme d'un coin qui s'insère entre la branche radiale 34 du pied de l'aube et la face inclinée 25 du longeron 2 et dont la pointe est orientée en direction de la plate-forme 32. Elle présente en conséquence, d'un côté, une face plane orientée radialement, qui coopère avec la branche radiale plane 34 du pied de l'aube 3 et, de l'autre côté, une face

inclinée, elle aussi d'un angle d'environ 30° par rapport à sa face radiale pour s'aligner parallèlement à la face inclinée 25 du longeron 2 et coopérer avec celle-ci de façon à maintenir l'aube 3 en position sur le disque 1.

En effet, en rotation, la pièce de serrage 5 a tendance, sous l'effet du champ centrifuge, à glisser le long de la face inclinée 25, et donc à exercer une pression contre la surface 34. Cette pression va donner lieu à un phénomène d'adhérence, qui va permettre de reprendre les efforts centrifuges subis par l'aube.

Il convient de noter que le mouvement de la pièce de serrage 5 vis-à-vis de la face inclinée 25 peut être éventuellement facilitée par la mise en place de rouleaux ou d'une lamelle déformable entre ces deux pièces ; en effet, ceci permettrait de diminuer le frottement entre ces deux pièces.

La figure 2 montre également, en coupe, une pièce annulaire à section en V, formant ressort 6 pour maintenir la pièce de serrage 5 en pression contre, d'un côté, la branche radiale 34 du pied de l'aube et, de l'autre côté, la face inclinée 25 du longeron 2. Elle s'étend selon la circonférence du disque, une première branche du V de ce ressort prenant appui contre la semelle interne du longeron 2, alors que la seconde branche du V vient exercer une pression contre la face interne de la pièce de serrage 5, repoussant cette pièce vers l'extérieur quand la turbomachine est à l'arrêt et alors qu'aucune force centrifuge ne s'exerce sur elle.

On va maintenant décrire la mise en place d'une aube de turbine en CMC sur un disque de turbine et son mode de fixation grâce à un dispositif d'attache selon l'invention, ainsi que le principe de serrage de l'aube sur le disque lors du fonctionnement de la turbomachine.

Le disque 1 présente donc une série de longerons 2 qui sont portés par les deux demi-disques 1a et 1b et qui présentent une espace libre à leur partie inférieure.

L'opérateur installe en premier lieu le ressort 6 en le faisant passer par l'espace existant entre deux longerons 2 adjacents et en venant placer l'extrémité axiale de la branche du V la plus interne, à l'intérieur de l'alésage central du longeron 2 qui jouxte l'aube à monter. Il passe de même la pièce de serrage 5 dans cet espace et vient l'appuyer, par sa face interne, contre la seconde branche du V du ressort 6. Ensuite tout en repoussant la pièce de serrage 5 vers le bas, en comprimant le ressort, ce qui l'éloigne du longeron 2 précédent, il introduit le pied 33 de l'aube à monter dans le même espace, jusqu'à faire passer le crochet 35 de la partie inférieure du pied 33 de l'aube sous la branche radiale 24 du longeron. L'aube est alors positionnée radialement par son crochet et ne peut plus

s'échapper vers le haut. Puis il relâche la pièce de serrage 5 qui remonte sous l'effet du ressort 6 et, en glissant le long de la face inclinée 25 du longeron 2 adjacent vient, d'une part, repousser la face radiale 34 du pied de l'aube et, d'autre part, la presser contre son longeron porteur, ce qui assure la mise en place de l'aube et son positionnement stable sur le disque 1.

Dans une version où aucun ressort n'est utilisé, la mise en place de la pièce de serrage est assurée par la force centrifuge qui s'exerce lors de la rotation de la turbomachine, en l'entraînant la pièce 5 vers l'extérieur et en la faisant monter en glissant sur la face inclinée 25 du longeron 2 adjacent. On aboutirait, au même résultat en utilisation que précédemment, à savoir que le pied de l'aube est serré par la pièce de serrage contre son longeron 2 porteur et que l'aube 3 est maintenue de façon stable sur le disque 1 par son crochet 35 et la coopération de celui-ci avec la branche radiale 24 du longeron.

Il convient de noter que cet effort de serrage, qui se traduit par une adhérence qui empêche l'aube de se déplacer sous l'action de ses propres efforts centrifuges, est proportionnel aux efforts centrifuges de la pièce de serrage, et qu'il est donc proportionnel aux efforts centrifuges de l'aube. Ainsi, quelle que soit la vitesse de rotation, et notamment en cas de survitesse du rotor portant l'aube, il n'y a pas de risque que l'aube se détache.

Les principaux avantages apportés par l'invention peuvent se résumer comme suit :

Le système rattrape automatiquement les jeux entre l'aube et le disque. Ainsi, quelles que soient les dilatations thermomécaniques du disque, le serrage sera toujours le même, car il est uniquement déterminé par la vitesse de rotation de disque.

Comme ce système s'adapte tout seul à la géométrie de l'aube, il n'impose pas de tolérance de fabrication précise sur le pied 33 de l'aube ou sur la pièce de serrage 5. Ainsi, il n'est pas nécessaire de rectifier la portée de l'attache composite, ce qui limite d'autant les coûts de fabrication.

La forme du pied d'aube 33 en matériau composite est elle-même très simple, car purement rectiligne ; elle est donc peu onéreuse à fabriquer.

La surface de contact entre le pied 33 de l'aube 3 et sa pièce de serrage 5 peut être augmentée autant que nécessaire ; il est donc possible de l'ajuster pour limiter les contraintes de matage du composite, et ainsi respecter la contrainte de matage admissible pour le matériau du pied.

Enfin la masse de la pièce de serrage est extrêmement faible, typiquement de l'ordre de 10 grammes. Il est donc possible d'éviter les longerons et de leur donner la forme en H décrite ci-dessus, tout en conservant les deux faces planes destinées à venir en appui contre la branche radiale 34 du pied d'aube et de la branche inclinée 25 de la pièce de

serrage. Cette réduction de masse du longeron 2, associée à celle obtenue par le choix du matériau CMC pour la réalisation de l'aube, permet d'avoir un disque particulièrement léger et de dimensions réduites.

5 L'invention a été décrite avec une face plane pour la partie radiale 34 du pied sur laquelle vient glisser la pièce de serrage 5. Il est bien évident que l'invention peut également être réalisée avec une face non plane pour la partie du pied en contact avec la pièce de serrage, pour autant que ladite pièce de serrage comporte une face qui puisse coopérer avec elle dans un glissement vers l'extérieur du disque. Ainsi, toute surface cylindrique dont la direction des génératrices est orientée en direction de ladite plate-forme permet de
10 réaliser l'invention, puisqu'elle permet le glissement d'une pièce de serrage à la forme adaptée, sous l'action de la force centrifuge qui s'exerce sur ladite aube en fonctionnement sur une turbomachine.

Il en est de même pour la face inclinée 25 du longeron 2 qui peut avoir une face cylindrique dont la direction des génératrices est orientée avec un angle inférieur à 45° par
15 rapport à la direction radiale. Un tel angle est considéré comme encore suffisamment faible pour permettre le glissement d'une pièce de serrage à la forme adaptée, sur ladite face cylindrique inclinée sous l'action de la force centrifuge qui s'exerce sur ladite aube en fonctionnement sur une turbomachine. Mais, idéalement, l'angle au sommet du coin constituant la pièce de serrage 5 se situe aux alentours de 30° pour que la pièce de
20 serrage fournisse une force d'appui suffisante, sans que le déplacement du coin le long des faces des pièces qu'il bloque soit trop important.

REVENDICATIONS

1. Aube de turbine comportant une pale (31) s'étendant au-dessus d'une plate-forme (32) et un pied (33) s'étendant en-dessous de ladite plate-forme,

5 caractérisé en ce que le pied de ladite aube est réalisé en matériau composite et comporte au moins une face cylindrique (34) dont la direction des génératrices est orientée en direction de ladite plate-forme, de façon à permettre le glissement vers celle-ci d'une pièce (5) sur ladite face cylindrique sous l'action de la force centrifuge qui s'exerce sur ladite aube en fonctionnement sur une turbomachine.

10 2. Aube de turbine selon la revendication 1 dans laquelle la face cylindrique est orientée selon un angle inférieur ou égal à 30° avec la direction radiale.

3. Aube de turbine selon la revendication 2 dans laquelle la face cylindrique est une branche plane (34) du pied, orientée radialement.

15 4. Aube de turbine selon la revendication 3 dans laquelle la branche plane du pied comporte à son extrémité inférieure un ergot (35) formant point d'appui pour une coopération avec un élément de retenue radiale de l'aube sur un disque de turbine (1).

5. Disque de turbine pour une turbomachine comportant sur sa périphérie un moyen d'accrochage (2) d'une aube de turbine selon l'une quelconque des revendications précédentes,

20 caractérisé en ce que ledit moyen d'accrochage comporte une face cylindrique (25) dont la direction des génératrices est orientée dans un plan radial, en faisant un angle inférieur à 45° par rapport à la direction radiale, de façon à permettre le glissement d'une pièce (5) sur ladite face cylindrique sous l'action de la force centrifuge qui s'exerce sur ladite aube en fonctionnement sur une turbomachine.

25 6. Disque de turbine selon la revendication 5 dans lequel le moyen d'accrochage (2) comporte deux faces cylindriques (24, 25), dont les directions convergent l'une vers l'autre selon un angle inférieur ou égal à 45° .

30 7. Disque de turbine selon la revendication 6 dans lequel les deux faces sont planes, l'une étant orientée radialement et la seconde faisant un angle inférieur ou égal à 30° avec la direction radiale.

8. Disque de turbine selon l'une des revendications 6 ou 7 comportant en outre une pièce de serrage (5) comportant deux faces cylindriques dont la direction des génératrices est orientée respectivement parallèlement à chacune des deux faces cylindriques, ladite pièce étant positionnée en appui contre une des faces cylindriques (25) dudit moyen d'accrochage.

9. Disque de turbine selon la revendication 8 dans lequel ladite pièce de serrage est un coin à deux faces planes, l'une faisant avec l'autre un angle inférieur ou égal à 30° .

10. Turbomachine comportant au moins un disque de turbine selon la revendication précédente, équipé d'aubes selon l'une des revendications 1 à 4.

1 / 1

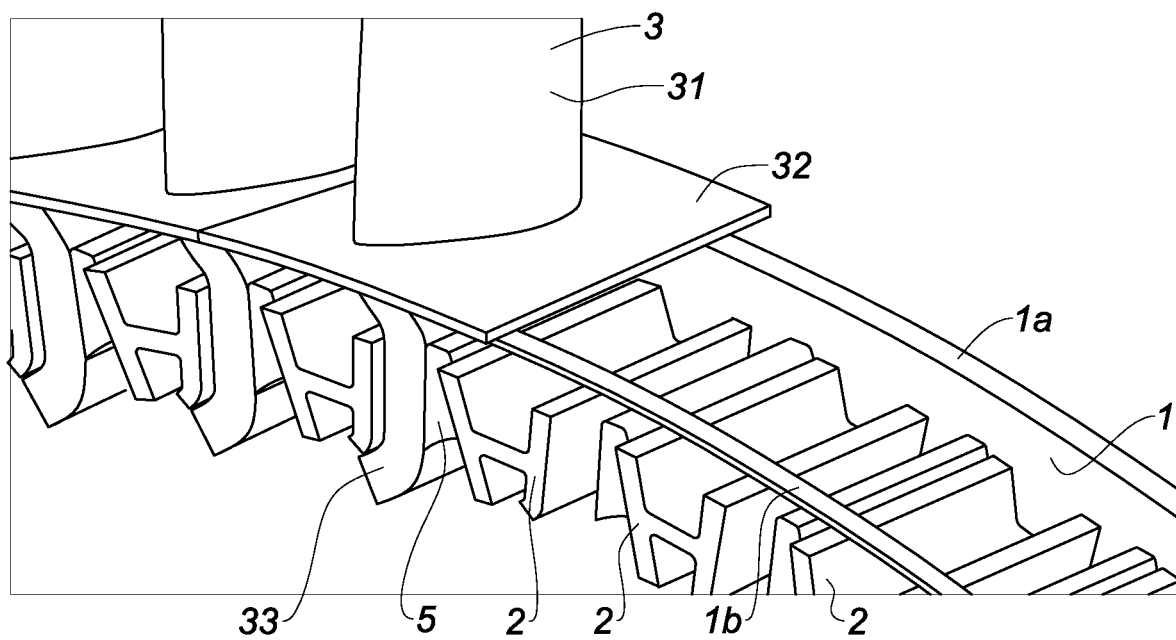


Fig. 1

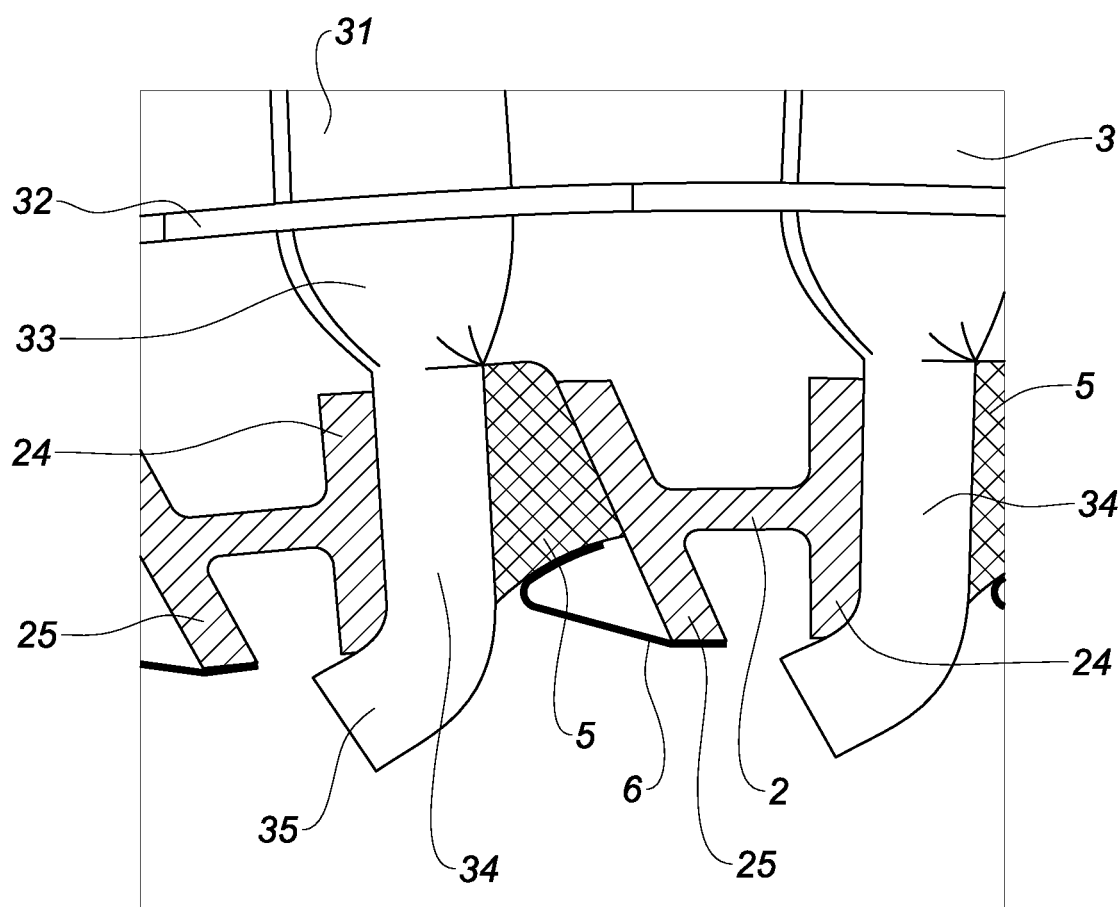


Fig. 2



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 777611
FR 1259175

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		
X	FR 2 608 674 A1 (SNECMA [FR]) 24 juin 1988 (1988-06-24)	1-3,5,6, 8-10	F01D5/30 F01D5/28
Y	* page 6, ligne 31 - page 7, ligne 15; figure 4 *	7	
X	US 2 727 716 A (ROBERT FEILDEN GEOFFREY BERTRA ET AL) 20 décembre 1955 (1955-12-20) * page 2, colonne 3, ligne 47 - ligne 75; figure 10 *	1-5,8-10	
X	JP H07 332006 A (HITACHI LTD; TOKYO ELECTRIC POWER CO) 19 décembre 1995 (1995-12-19) * abrégé; figure 2 *	1,2,5,6, 8-10	
X	GB 914 548 A (DAIMLER BENZ AG) 2 janvier 1963 (1963-01-02) * figure 2 *	1,2,10	
Y	DE 818 442 C (MASCHF AUGSBURG NUERNBERG AG) 25 octobre 1951 (1951-10-25) * page 1, colonne de droite, ligne 1 - ligne 45; figure 1 *	7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) F01D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
18 juillet 2013		Delaitre, Maxime	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. 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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1259175 FA 777611

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 **18-07-2013**

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
FR 2608674	A1	24-06-1988	DE	3766357 D1	03-01-1991
			EP	0275726 A1	27-07-1988
			FR	2608674 A1	24-06-1988
			JP	H0629522 B2	20-04-1994
			JP	S63183203 A	28-07-1988
			US	4802824 A	07-02-1989

US 2727716	A	20-12-1955	BE	470026 A	18-07-2013
			CH	264413 A	15-10-1949
			FR	937883 A	30-08-1948
			GB	606151 A	06-08-1948
			NL	70700 C	18-07-2013
			US	2727716 A	20-12-1955

JP H07332006	A	19-12-1995	JP	3216956 B2	09-10-2001
			JP	H07332006 A	19-12-1995

GB 914548	A	02-01-1963	AUCUN		

DE 818442	C	25-10-1951	AUCUN		
