

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

3 022 295

②1 N° d'enregistrement national : 14 55527

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : F 01 D 5/14 (2013.01)

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 17.06.14.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 18.12.15 Bulletin 15/51.

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 :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : SNECMA Société anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : BOTREL ERWAN, DANIEL et COUDERT LAURENT, PATRICK, ROBERT.

⑦3 Titulaire(s) : SNECMA Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : BREVALEX Société à responsabilité limitée.

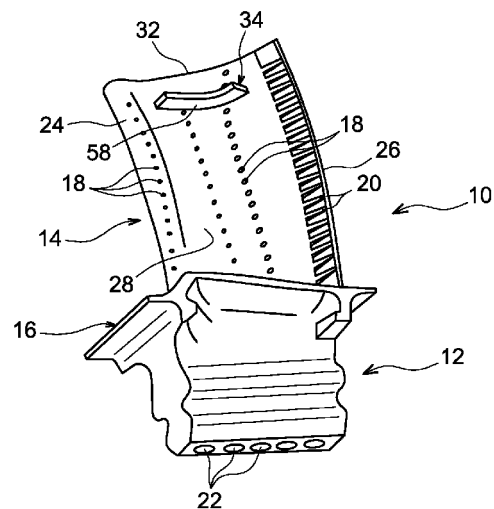
⑤4 AUBE DE TURBOMACHINE COMPORTANT UNE AILETTE ANTI-TOURBILLONS.

⑤7 L'invention concerne une aube (10) de turbomachine comprenant un pied (12) et une pale (14) comportant un plan principal médian d'orientation principale (14) longitudinale et radiale, qui est portée par le pied,

la pale (14) comportant un bord d'attaque (24) situé à une extrémité longitudinale amont, un bord de fuite (26) situé à une extrémité longitudinale en aval du bord d'attaque (24) par rapport à un flux de gaz circulant autour de la pale (14), une paroi d'intrados (28) et une paroi d'extrados situées latéralement à distance l'une de l'autre et reliant chacune le bord d'attaque (24) au bord de fuite (26), et un sommet (32) situé à l'extrémité radiale externe libre de la pale (14),

la pale (14) comportant en outre une ailette (34) d'orientation principale (14) longitudinale qui est portée par la face d'intrados (28), qui est située au niveau du sommet (32) de la pale (14),

caractérisé en ce que l'ailette (34) est décalée radialement vers l'intérieur par rapport au sommet (32) de la pale (14).



FR 3 022 295 - A1



## AUBE DE TURBOMACHINE COMPORTANT UNE AILETTE ANTI-TOURBILLONS

### DESCRIPTION

#### DOMAINE TECHNIQUE

L'invention concerne une aube de turbomachine réalisée pour limiter les perturbations susceptibles de se former au niveau de la tête de l'aube.

L'invention concerne plus particulièrement une aube pour une turbine haute pression de turbomachine comportant une ailette latérale située sur la face d'intrados de l'aube.

#### ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Dans une turbine haute pression de turbomachine, les gaz issus de la chambre de combustion exercent sur les aubes de la turbine des contraintes de température et de pression importantes.

Ainsi, les gaz de combustion peuvent porter les pales des aubes à des températures allant au-delà de la limite de température admissible par les pales, ce qui conduit à incorporer aux pales des solutions pour leur refroidissement en continu.

Aussi, l'échauffement et le refroidissement des pales provoquent des variations dimensionnelles des pales. Ces variations dimensionnelles doivent être prises en compte pour éviter que le sommet de chaque pale vienne en contact avec le carter fixe de la turbine, qui entoure les aubes.

Ainsi, un jeu radial de fonctionnement est présent dans la turbine, entre le sommet des aubes et le carter fixe.

A cause de la différence de pressions entre l'intrados et l'extrados de chaque pale, un tourbillon se forme au niveau de ce jeu radial, ce qui produit par conséquent des pertes aérodynamiques réduisant le rendement de la turbine et produit un échauffement supplémentaire localisé au niveau du sommet de la pale.

Pour limiter cette formation de turbulences, le document US-A-1.955.929 décrit une pale comportant une ailette prolongeant latéralement la face de sommet de la pale, en faisant saillie par rapport à la face d'intrados de la pale.

5 Bien que ce mode de réalisation permette de limiter les turbulences qui se forment au sommet de la pale, la présence de l'ailette augmente la masse mobile générale de l'aube, ce qui induit des contraintes supplémentaires sur la pale lors de la rotation de la turbomachine.

10 Aussi, l'ailette peut venir en contact avec la face en vis-à-vis du carter lorsque la pale se dilate de manière trop importante, sous l'action de la chaleur ou bien sous l'action de forces centrifuges.

L'invention a pour but de proposer une aube comportant une ailette qui est conçue de manière à résoudre les inconvénients cités précédemment.

## **EXPOSÉ DE L'INVENTION**

15 L'invention propose une aube de turbomachine comprenant un pied et une pale comportant un plan principal médian d'orientation principale longitudinale et radiale, qui est portée par le pied,

20 la pale comportant un bord d'attaque situé à une extrémité longitudinale amont, un bord de fuite situé à une extrémité longitudinale en aval du bord d'attaque par rapport à un flux de gaz circulant autour de la pale, une paroi d'intrados et une paroi d'extrados situées latéralement à distance l'une de l'autre et reliant chacune le bord d'attaque au bord de fuite, et un sommet situé à l'extrémité radiale externe libre de la pale, la pale comportant en outre une ailette d'orientation principale longitudinale qui est portée par la face d'intrados, qui est située au niveau du sommet de la pale,

25 caractérisé en ce que l'ailette est décalée radialement vers l'intérieur par rapport au sommet de la pale.

Le décalage radial vers l'intérieur de l'ailette permet d'empêcher la formation de tourbillons au sommet de la pale et aussi de limiter l'impact de la masse de l'ailette sur l'inertie de l'aube.

Il sera compris que l'orientation principale longitudinale de l'ailette s'entend que l'ailette peut être aussi bien longitudinale, qu'inclinée par rapport à cette orientation longitudinale. De préférence, le sommet de la pale comporte un renforcement en creux qui est ouvert radialement vers l'extérieur et comportant une paroi de fond située radialement à distance du sommet de la pale, et l'ailette est décalée radialement vers l'intérieur par rapport à la paroi de fond du renforcement.

De préférence, l'ailette comporte une extrémité longitudinale amont qui est décalée longitudinalement vers l'aval par rapport au bord d'attaque de la pale.

De préférence, l'ailette comporte une extrémité longitudinale aval qui est décalée longitudinalement vers l'amont par rapport au bord de fuite de la pale.

De préférence, la pale comporte au moins un perçage qui débouche dans une face d'extrémité latérale de l'ailette et qui débouche dans une cavité formée dans la pale.

De préférence, un plan longitudinal médian de l'ailette est perpendiculaire au plan principal de la pale.

De préférence, un plan longitudinal médian de l'ailette est incliné par rapport au plan principal de la pale.

De préférence, le raccord entre la face d'intrados et la face radialement interne de l'ailette est de forme convexe.

De préférence, l'extrémité longitudinale amont de l'ailette est décalée radialement par rapport à l'extrémité longitudinale aval de l'ailette.

L'invention concerne aussi un rotor de turbine haute pression de turbomachine comportant une pluralité d'aubes selon l'invention qui sont réparties régulièrement autour de l'axe principal de rotation du rotor.

L'invention concerne aussi une turbomachine d'aéronef comportant une turbine haute pression dans laquelle une pluralité d'aubes selon l'invention sont montées.

## BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit pour la compréhension de laquelle on se reportera aux figures annexées parmi lesquelles :

- 5                   - la figure 1 est une représentation schématique en perspective d'une aube de turbine pour une turbomachine comportant une ailette selon l'invention ;
- la figure 2 est une représentation schématique en perspective de la pale de l'aube représentée à la figure 1 ;
- les figures 3 à 6 sont des sections de la pale représentée à la figure 2,
- 10                   représentant différents modes de réalisation de l'ailette selon l'invention.

## EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

On a représenté à la figure 1 une aube 10 de turbomachine, et plus particulièrement une aube 10 pour une turbine haute pression de turbomachine qui comporte un pied 12 pour le montage de l'aube 10 sur un disque de rotor de la turbomachine (non représenté) et une pale 14 d'orientation principale radiale qui est apte à coopérer avec les gaz issus de la chambre de combustion de la turbomachine.

L'aube 10 comporte aussi une portion intermédiaire 16 dont la face radialement externe est profilée, pour délimiter en partie la veine d'écoulement de gaz de combustion.

20                   L'aube 10 est destinée à être soumise aux gaz chauds issus de la chambre de combustion (non représentée). Une pluralité d'orifices 18 et de rainures 20 sont répartis sur la pale 14 pour permettre la circulation d'un flux d'air de refroidissement qui est injecté par des orifices d'entrée 22 formés dans le pied 12 de l'aube.

25                   La pale 14 est définie par un bord d'attaque 24 qui est situé à une extrémité longitudinale amont de la pale, un bord de fuite 26 situé à une extrémité longitudinale aval de la pale, et donc en aval du bord d'attaque, une paroi d'intrados 28 concave sur laquelle la pression des gaz de combustion s'exerce, une paroi d'extrados 30 convexe située latéralement à distance de la paroi d'intrados 28, et un sommet 32 situé à l'extrémité radiale externe de la pale, située la plus éloignée du pied 12 de l'aube 10.

La pale 14 comporte aussi une ailette latérale 34 qui est portée par la face d'intrados 28 et qui s'oppose à la formation de tourbillons au niveau du sommet de la pale 14.

5 En effet, comme on peut le voir aux figures 3 à 6, les gaz de combustion s'écoulent en partie radialement vers l'extérieur le long de la face d'intrados 28. Ils sont alors bloqués par l'ailette 34 avant d'atteindre le sommet 32 de la pale 14.

Il se forme alors un tourbillon 36 le long de la paroi d'intrados 28 qui est moins énergétique que les tourbillons qui se forment au niveau du sommet d'une pale 14 selon l'art antérieur.

10 Selon le mode de réalisation représenté aux figures, cette ailette 34 s'étend dans un plan d'orientation longitudinale, c'est-à-dire qu'elle est globalement parallèle au bord d'extrémité de la face d'intrados 28 de la pale 14 et les deux extrémités longitudinales 38, 40 de l'ailette 34 sont situées à la même position radiale. Selon une variante de réalisation non représentée, l'ailette est inclinée par rapport à la direction  
15 longitudinale, c'est-à-dire que son extrémité longitudinale amont 38 est décalée radialement par rapport à l'extrémité longitudinale aval 40 de l'ailette 34.

Ainsi, soit l'extrémité longitudinale amont 38 de l'ailette 34 est située radialement à l'extérieur par rapport à l'extrémité longitudinale aval 40 de l'ailette 34, ou inversement, l'extrémité longitudinale amont 38 de l'ailette 34 est située radialement à  
20 l'intérieur par rapport à l'extrémité longitudinale aval 40 de l'ailette 34.

Selon l'invention, et comme on peut le voir aux figures, l'ailette 34 est décalée radialement vers l'intérieur par rapport au sommet 32 de la pale 14. Ce positionnement radial de l'ailette 34 permet de l'éloigner de la paroi du carter fixe près de laquelle le sommet 32 de la pale 14 évolue, afin d'éviter tout contact lors du  
25 fonctionnement de la turbomachine et donc limiter tout risque d'endommager l'ailette 34.

L'interaction de l'ailette 34 avec le flux de gaz chauds provoque un échauffement de l'ailette 34 qui doit être maîtrisé.

A cet effet, l'ailette 34 comporte des moyens de refroidissements  
30 similaires aux orifices 18 et rainures 20 formés dans la pale 14.

L'aillette 34 comporte donc au moins un perçage 42 qui s'étend depuis une face d'extrémité latérale libre 44 de l'aillette jusqu'à une cavité 46 formée à l'intérieur de la pale 14.

5 Cette cavité 46 permet la communication entre les orifices 18 et les rainures 20 avec les orifices d'entrée 22. Elle est ainsi alimentée en air de refroidissement, qui alimente par conséquent aussi chaque perçage 42 de l'aillette 34.

10 Comme on peut le voir aux figures 3 à 6, le sommet 32 de la pale 14 comporte un renforcement 48 en creux communément appelé "baignoire", qui est ouvert radialement vers l'extérieur. Ce renforcement 48 comporte une paroi de fond 50 qui sépare le renforcement 48 de la cavité 46 et des parois latérales 52, 54 formées par les extrémités radiales externes des parois d'intrados 28 et d'extrados 30.

15 De préférence, l'aillette 34 est décalée radialement vers l'intérieur par rapport à la paroi de fond 50 du renforcement. Cela permet de protéger encore l'aillette 34 contre l'usure de contact avec le carter fixe de la turbine puisque ce sont d'abord les parois latérales du renforcement 48 qui s'useront par contact avant l'aillette 34.

De plus, ce décalage radial de l'aillette 34 par rapport à la paroi de fond 50 permet au(x) perçage(s) 42 de déboucher dans la cavité 46, c'est-à-dire radialement vers l'intérieur par rapport à la paroi de fond 50.

20 Selon un premier mode de réalisation représenté à la figure 3, l'aillette 34 s'étend dans un plan perpendiculaire à l'axe principal radial de l'aube 10, c'est-à-dire dans un plan longitudinal latéral.

25 Selon des variantes de réalisation représentées aux figures 4 et 5, l'aillette 34 est inclinée par rapport à l'axe principal radial de l'aube 10. Selon la variante représentée à la figure 4, l'aillette 34 est inclinée radialement vers l'extérieur, sur la variante représentée à la figure 5, l'aillette 34 est inclinée radialement vers l'intérieur.

Comme on peut le voir à la figure 4, l'orientation de chaque perçage 42 est similaire ou identique à l'inclinaison de l'aillette 34. Cela permet notamment de conserver suffisamment de matière autour des perçages 42, renforçant ainsi l'aillette 34. Ce mode de réalisation peut aussi s'appliquer lorsque l'aillette 34 s'étend dans un plan

perpendiculaire à l'axe principal radial de l'aube 10 ou lorsque l'ailette 34 est inclinée radialement vers l'extérieur ou vers l'intérieur.

Selon un autre mode de réalisation représentée par exemple aux figures 3 et 5, l'orientation de chaque perçage 42 diffère de l'inclinaison de l'ailette 34. Par exemple, comme représenté à la figure 3, chaque perçage 42 est incliné radialement vers l'extérieur, pour permettre un raccordement du perçage 42 avec la cavité 46 lorsque l'ailette 34 est décalée radialement vers l'extérieur par rapport à la paroi de fond 50. Selon un autre exemple, comme représenté à la figure 5, chaque perçage 42 est perpendiculaire à l'axe principal radial de l'aube 10, indépendamment de l'orientation de l'ailette 34.

Selon encore un autre aspect de l'ailette 34, le raccordement 56 entre la paroi d'intrados 28 et la face radialement interne 58 de l'ailette 34 est conformé pour éviter le phénomène dit de "tourbillon de coin" qui consiste en la formation d'un tourbillon localisé sur le raccordement 56.

Ce phénomène est contrôlé soit en adaptant le rayon de courbure de ce raccordement 56, ou bien, comme on peut le voir à la figure 6, en formant un raccordement convexe qui est bombé latéralement et radialement vers l'intérieur.

L'ailette 34 représente une certaine masse qui est mobile en rotation à une distance de l'axe de rotation du rotor.

Pour limiter les impacts de l'ailette sur la pale, par les efforts qu'elle génère, notamment des efforts centrifuges, la masse générale de l'ailette 34 est définie pour qu'elle soit au minimum admissible pour assurer sa fonction.

A cet effet, l'extrémité longitudinale amont 38 de l'ailette 34 est décalée longitudinalement vers l'aval par rapport au bord d'attaque 24 de la pale 14 et l'extrémité longitudinale aval 40 de l'ailette 34 est décalée longitudinalement vers l'amont par rapport au bord de fuite 26 de la pale 14.

Par conséquent, la dimension longitudinale de l'ailette est inférieure à la dimension longitudinale de la pale 14.

Aussi, l'optimisation de la masse de l'ailette 34 est effectuée en définissant une épaisseur radiale de l'ailette permettant de réaliser les perçages 42, ainsi

que la dimension latérale de l'ailette permettant un blocage des courants de gaz qui pourraient générer des tourbillons au sommet de l'aube.

5 Le nombre de perçages 42 influe aussi sur la masse de l'ailette 34. Ainsi, en multipliant le nombre de perçages 42, il est possible de réduire sa masse, tout en améliorant le refroidissement de l'ailette 34.

10 L'invention concerne aussi un rotor de turbine haute pression sur lequel des aubes 10 telles que décrites précédemment sont montées, ce rotor comporte un disque à la périphérie duquel des rainures réparties sur toute sa périphérie sont formées pour recevoir les pieds 12 des aubes 10. Le rotor porte ainsi une pluralité d'aubes 10 selon l'invention, qui sont réparties régulièrement autour de l'axe principal de rotation du rotor.

## REVENDEICATIONS

5 1. Aube (10) de turbomachine comprenant un pied (12) et une pale (14) comportant un plan principal médian d'orientation principale (14) longitudinale et radiale, qui est portée par le pied,

la pale (14) comportant un bord d'attaque (24) situé à une extrémité longitudinale amont, un bord de fuite (26) situé à une extrémité longitudinale en aval du bord d'attaque (24) par rapport à un flux de gaz circulant autour de la pale (14), une paroi d'intrados (28) et une paroi d'extrados (30) situées latéralement à distance l'une de l'autre et reliant chacune le bord d'attaque (24) au bord de fuite (26), et un sommet (32) situé à l'extrémité radiale externe libre de la pale (14),

la pale (14) comportant en outre une ailette (34) d'orientation principale (14) longitudinale qui est portée par la face d'intrados (28), qui est située au niveau du sommet (32) de la pale (14),

caractérisée en ce que l'ailette (34) est décalée radialement vers l'intérieur par rapport au sommet (32) de la pale (14).

20 2. Aube (10) de turbomachine selon la revendication 1, dans laquelle le sommet (32) de la pale (14) comporte un renforcement (48) en creux qui est ouvert radialement vers l'extérieur et comportant une paroi de fond (50) située radialement à distance du sommet (32) de la pale (14), caractérisée en ce que l'ailette (34) est décalée radialement vers l'intérieur par rapport à la paroi de fond (50) du renforcement (48).

25 3. Aube (10) de turbomachine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'ailette (34) comporte une extrémité longitudinale amont (38) qui est décalée longitudinalement vers l'aval par rapport au bord d'attaque (24) de la pale (14).

4. Aube (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, de turbomachine caractérisée en ce que l'ailette (34) comporte une extrémité longitudinale aval (40) qui est décalée longitudinalement vers l'amont par rapport au bord de fuite (26) de la pale (14).

5

5. Aube (10) de turbomachine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la pale (14) comporte au moins un perçage (42) qui débouche dans une face d'extrémité latérale (44) de l'ailette (34) et qui débouche dans une cavité (46) formée dans la pale (14).

10

6. Aube (10) de turbomachine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que un plan longitudinal médian de l'ailette (34) est perpendiculaire au plan principal de la pale (14).

15

7. Aube (10) de turbomachine selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que un plan longitudinal médian de l'ailette (34) est incliné par rapport au plan principal de la pale (14).

20

8. Aube (10) de turbomachine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le raccord (56) entre la face d'intrados (28) et la face radialement interne (58) de l'ailette (34) est de forme convexe.

25

9. Aube (10) de turbomachine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'extrémité longitudinale amont (38) de l'ailette (34) est décalée radialement par rapport à l'extrémité longitudinale aval (40) de l'ailette (34).

30

10. Rotor de turbine haute pression de turbomachine comportant une pluralité d'aubes selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui sont réparties régulièrement autour de l'axe principal de rotation du rotor.

1 / 3

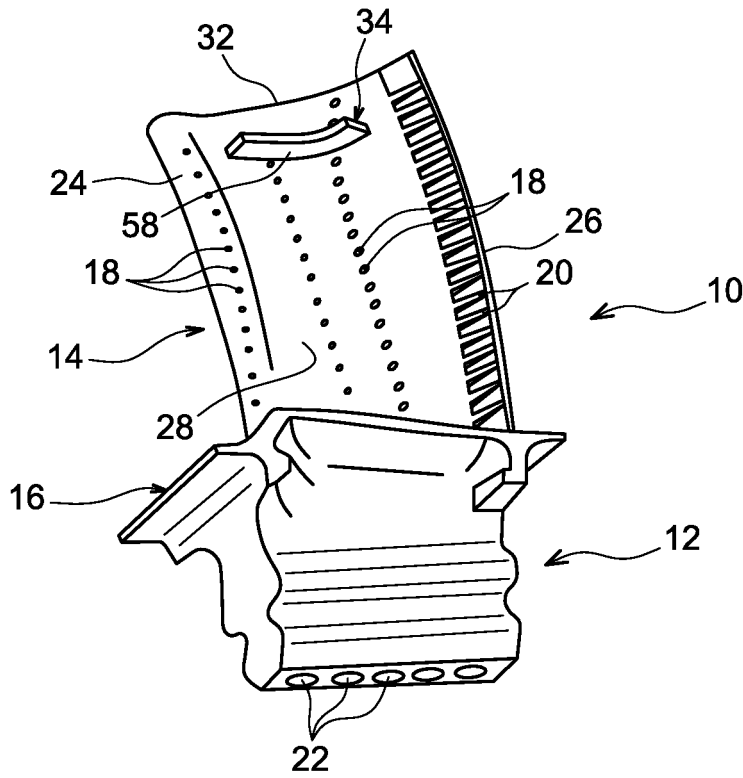


FIG. 1

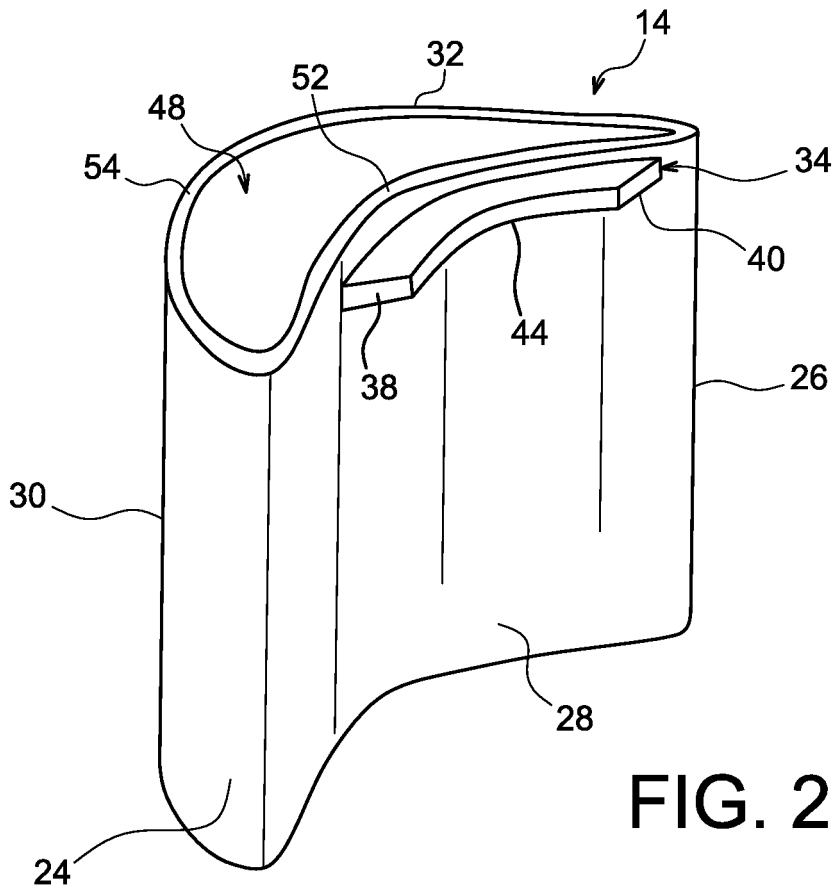


FIG. 2

2 / 3

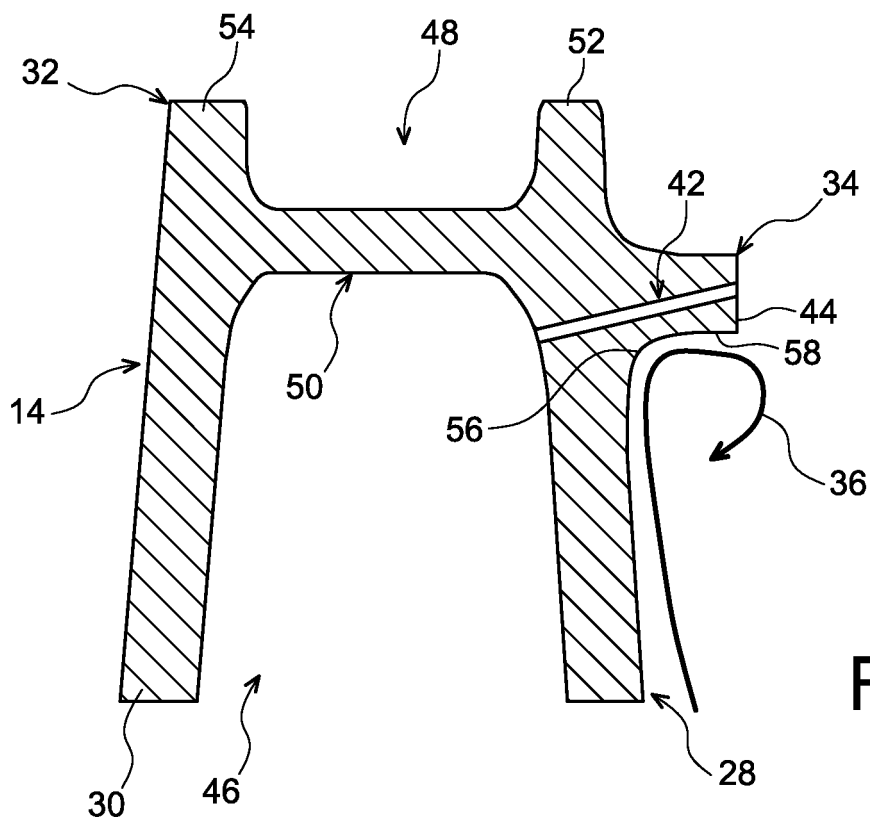


FIG. 3

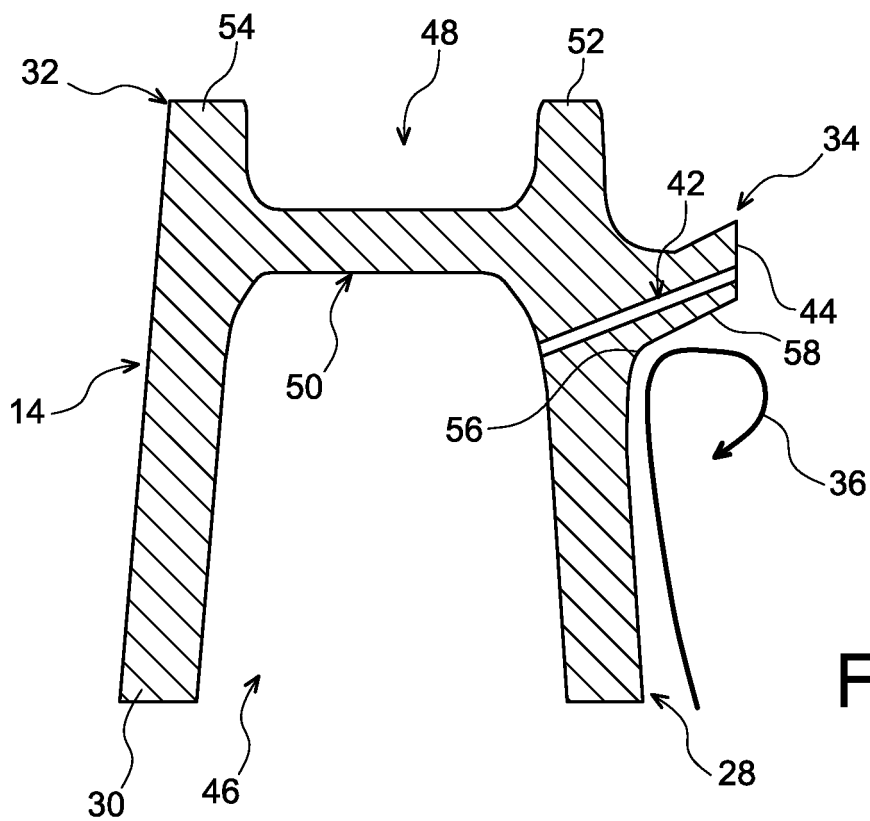


FIG. 4

3 / 3

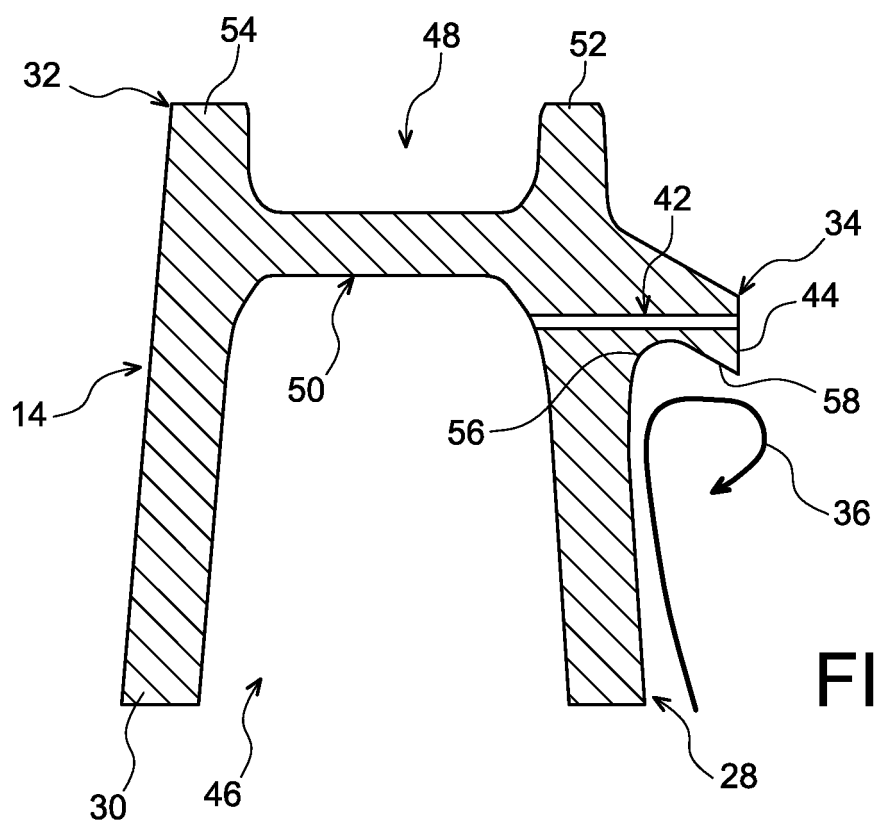


FIG. 5

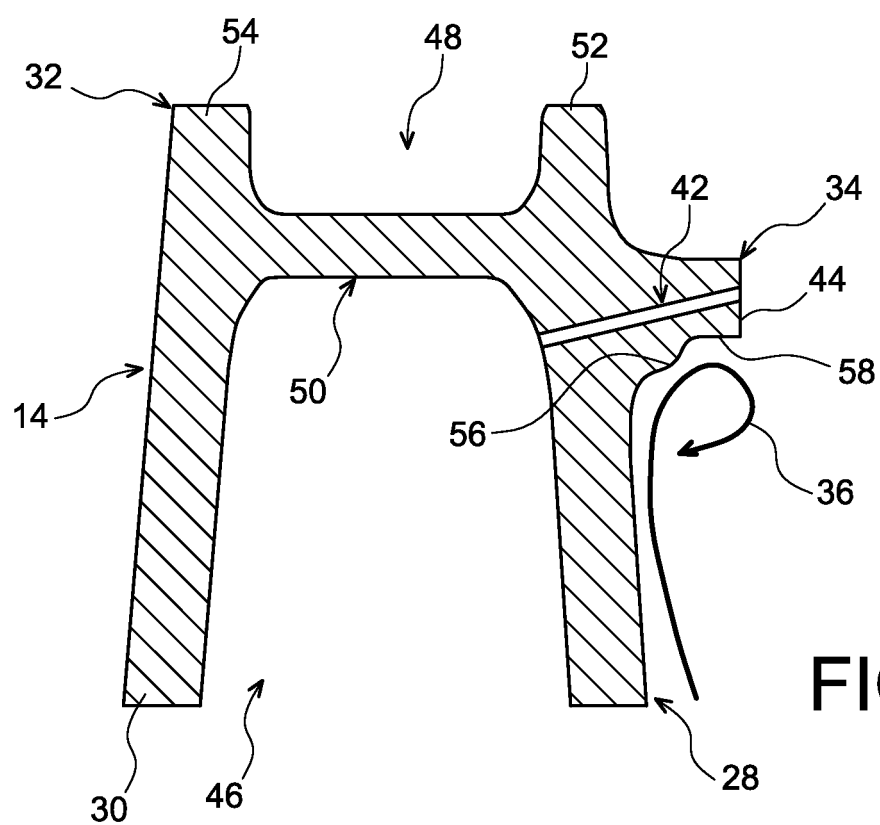


FIG. 6



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement  
national

FA 800637  
FR 1455527

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	W0 2013/072610 A1 (SNECMA [FR]) 23 mai 2013 (2013-05-23)	1,2,5,7, 10	F01D5/14
Y	* figure 10 *	3,4,8,9	
Y	----- DE 199 13 269 A1 (ASEA BROWN BOVERI [CH]) 28 septembre 2000 (2000-09-28) * figures *	3,4	
Y	----- US 2010/135813 A1 (MARINI REMO [CA] ET AL) 3 juin 2010 (2010-06-03) * figures *	8	
Y	----- EP 1 312 754 A2 (FIATAVIO SPA [IT] AVIO SPA [IT]) 21 mai 2003 (2003-05-21) * figures *	9	
A,D	----- US 1 955 929 A (HANS MUELLER) 24 avril 1934 (1934-04-24) * figures *	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F01D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
11 mars 2015		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 1455527 FA 800637**

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 **11-03-2015**

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
WO 2013072610 A1	23-05-2013	CA 2854890 A1	23-05-2013
		CN 103958834 A	30-07-2014
		EP 2780551 A1	24-09-2014
		FR 2982903 A1	24-05-2013
		JP 2014533794 A	15-12-2014
		US 2014322028 A1	30-10-2014
		WO 2013072610 A1	23-05-2013
-----			
DE 19913269 A1	28-09-2000	CN 1346424 A	24-04-2002
		DE 19913269 A1	28-09-2000
		EP 1163425 A1	19-12-2001
		JP 4511053 B2	28-07-2010
		JP 2002540334 A	26-11-2002
		TW 440653 B	16-06-2001
		US 6565324 B1	20-05-2003
WO 0057029 A1	28-09-2000		
-----			
US 2010135813 A1	03-06-2010	CA 2684779 A1	28-05-2010
		US 2010135813 A1	03-06-2010
-----			
EP 1312754 A2	21-05-2003	CA 2411873 A1	16-05-2003
		EP 1312754 A2	21-05-2003
		IT T020011075 A1	16-05-2003
		US 2003118447 A1	26-06-2003
-----			
US 1955929 A	24-04-1934	AUCUN	
-----			