



(11) **EP 2 075 412 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**01.07.2009 Bulletin 2009/27**

(51) Int Cl.:  
**F01D 9/04 (2006.01) F01D 25/24 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **07124067.5**

(22) Date de dépôt: **26.12.2007**

(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 MT NL PL PT RO SE  
SI SK TR**  
Etats d'extension désignés:  
**AL BA HR MK RS**

(72) Inventeur: **Lhoest, André**  
**4500 Huy (BE)**

(74) Mandataire: **Ilgart, Jean-Christophe**  
**BREVALEX**  
**3, rue du Docteur Lancereaux**  
**75008 Paris (FR)**

(71) Demandeur: **Techspace Aero**  
**4041 Milmort - Herstal (BE)**

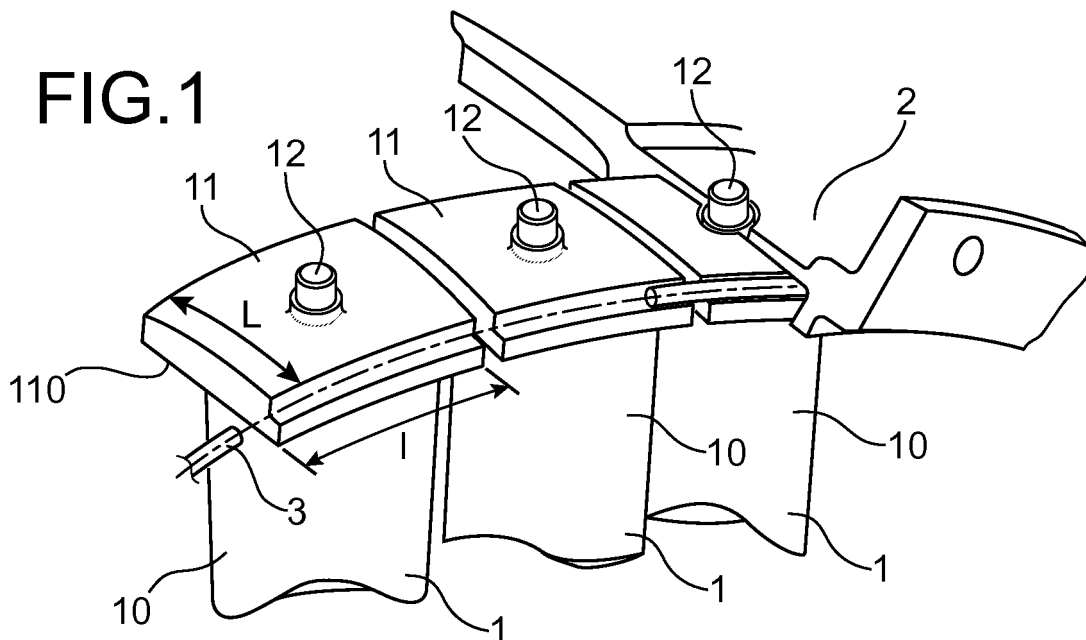
Remarques:

Revendications modifiées conformément à la règle  
137(2) CBE.

(54) **Dispositif de fixation par boulonnage d'aubes à une virole d'étage de stator d'une turbomachine et procédé associé de fixation par boulonnage**

(57) L'invention concerne un étage de stator comprenant au moins une virole (2) et, une pluralité d'aubes (1) fixées par boulonnage à la virole et dont la partie formant plateforme (11) est logée dans une gorge (20)

de la virole (2), dans lequel la plateforme (11) comprend au moins un épaulement (111, 111a, 111b), un élément en matériau compressible (3) étant, à l'état compressé au moins en partie, en appui contre cet épaulement (111, 111a, 111b) et contre la gorge (20) de la virole (2).



**EP 2 075 412 A1**

## Description

### DOMAINE TECHNIQUE

**[0001]** L'invention concerne le domaine des parties formant le stator des turbomachines et plus particulièrement des turboréacteurs.

**[0002]** Elle concerne en particulier les étages de stator de turbomachines, et de redresseur de compression axial de turboréacteurs.

**[0003]** Elle a trait à un dispositif et procédé de fixation par boulonnage d'aubes sur les viroles rentrant dans la constitution de ce type d'étages.

### ART ANTÉRIEUR

**[0004]** Actuellement, une des solutions employées pour fixer une aube à une virole d'étage de stator de turboréacteur consiste à réaliser un boulonnage de l'aube à la virole.

**[0005]** Sous l'effet du couple de serrage du boulon de l'aube, celle-ci est susceptible de tourner dans son logement, c'est-à-dire dans une gorge ménagée dans la virole qui a une forme géométrique complémentaire avec la partie formant plateforme de l'aube. L'aube tourne jusqu'à ce qu'elle ait trouvée sa butée mécanique avec les bords de la gorge. Ainsi, il faut garantir le positionnement angulaire ou calage de l'aube. Actuellement, cela est fait lors du process, ce qui implique nécessairement une étape de contrôle ultérieure à la fixation.

**[0006]** Pour éliminer cette étape ultérieure de contrôle de calage, une solution pourrait consister à définir des tolérances de fabrication sévères entre les formes complémentaires, i-e celles de la plateforme et celles de la gorge de la virole, de façon à maintenir la somme de ces tolérances de fabrication dans les limites de l'exigence du calage nominal. Cette solution aurait inévitablement pour conséquence une augmentation le prix unitaire de fabrication des aubes et de la virole et un risque de dérogations voire de rebuts des pièces ainsi fabriquées. Dans le domaine de l'aéronautique, une dérogation (autorisation écrite d'utiliser ou de livrer un produit non conforme aux exigences spécifiées) implique nécessairement des complications telles que traitement administratif supplémentaire, vérifications techniques complémentaires par calcul ou par analyse.

**[0007]** En effet, Le but de l'invention est alors de proposer une autre solution de fixation d'aubes sur une virole qui permette d'obtenir un calage angulaire des aubes précis et à moindre coût.

### EXPOSÉ DE L'INVENTION

**[0008]** A cet effet, l'invention concerne un étage de stator comprenant au moins une virole et, une pluralité d'aubes fixées par boulonnage à la virole et dont la partie formant plateforme est logée dans une gorge de la virole, dans lequel la plateforme comprend au moins un épau-

lement, un élément en matériau compressible étant, à l'état compressé au moins en partie, en appui contre cet épaulement et contre la gorge de la virole.

**[0009]** Selon l'invention, on implante un élément supplémentaire en matériau compressible dont la localisation est forcée par l'épaulement et qui se comprime lors du boulonnage de l'aube à la virole. En se comprimant ainsi, l'élément reprend le jeu au montage entre la plateforme de l'aube et la virole et empêche ainsi tout pivotement de l'aube dans la gorge de la virole.

**[0010]** En d'autres termes, le calage systématique des aubes de stator est réalisé lors du serrage du système boulon/écrou entre l'aube et la virole. Par sa capacité intrinsèque à se comprimer, l'élément permet d'augmenter les tolérances de fabrication de l'aube et de la virole. Autrement dit, les plateformes des aubes ainsi que les faces d'appui dans la gorge de la virole peuvent être usinées avec des tolérances suffisamment larges pour ne pas pénaliser leur coût de fabrication.

**[0011]** L'élément en matériau compressible selon l'invention apporte ainsi une garantie, uniquement par chaîne de côtes, du calage des aubes dans la gamme de tolérance requise. La correction du calage ou incidence des aubes n'est donc plus à réaliser ultérieurement au boulonnage comme dans l'art antérieur.

**[0012]** L'élément en matériau compressible ne servant que lors de la fixation de l'aube à la virole, sa durée de vie n'a que peu d'importance eu égard de la turbomachine dans laquelle l'étage de stator est intégré.

**[0013]** Par « épaulement », il faut comprendre dans le cadre de l'invention, un changement brusque de dimensions de la face supérieure de la plateforme de l'aube en regard de la virole avec pour fonction de servir de surface d'appui à l'élément en matériau compressible. Il peut donc s'agir par exemple d'une rainure, c'est-à-dire une entaille longue sur la partie de la plateforme en regard de la virole. Il peut également s'agir d'un chanfrein sur l'une des arêtes de la plateforme en regard de la virole.

**[0014]** La virole à laquelle l'aube est fixée par boulonnage est de préférence la virole extérieure de l'étage.

**[0015]** L'étage peut comprendre un élément en matériau compressible continu sur toute la périphérie de l'étage. Il peut également comprendre des éléments en matériau compressible discontinus sur toute la périphérie de l'étage. Selon cette variante d'éléments discontinus, l'élément en matériau compressible est de longueur au plus égale à la largeur circonférentielle de la plateforme.

**[0016]** L'élément en matériau compressible peut comprendre une pièce de forme générale circulaire et à section torique, à l'état non compressé. Le matériau compressible peut être avantageusement choisi parmi les matériaux élastomères, le silicone. Il peut s'agir d'un caoutchouc de type VITON®. Il peut par exemple s'agir d'éléments de type joint d'étanchéité utilisé actuellement dans les turboréacteurs dans les compresseurs de type basse pression au niveau des gorges du tambour.

**[0017]** L'épaulement selon l'invention peut être réalisé sur une partie de la hauteur de la plateforme.

**[0018]** L'épaulement peut comprendre une paroi inclinée selon un angle compris entre 30 et 45° par rapport à l'axe de l'aube.

**[0019]** Un étage de stator particulièrement visé par l'invention est un étage de redresseur de compresseur d'un turboréacteur.

**[0020]** L'invention concerne également une turbomachine comprenant au moins un étage de stator décrit précédemment.

**[0021]** L'invention concerne enfin un procédé de fixation d'au moins une aube à une virole d'étage de stator dans lequel on réalise les étapes de :

- a) réalisation d'un épaulement dans une plateforme d'une aube,
- b) logement de la plateforme de l'aube dans une gorge de la virole,
- c) insertion d'un élément en matériau compressible et de hauteur, à l'état non compressé, supérieure à celle de l'épaulement entre la plateforme et la gorge,
- d) boulonnage de l'aube à la virole.

**[0022]** Selon un mode de réalisation avantageux, on fixe une pluralité d'aubes selon les étapes a) à d) et on insère un unique élément en matériau compressible continu sur toute la périphérie de l'étage.

**[0023]** On peut réaliser avantageusement l'étape c) avant l'étape b).

### BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

**[0024]** D'autres caractéristiques et avantages ressortiront mieux à la lecture de la description détaillée faite en référence aux figures 1 et 2 annexées.

**[0025]** La figure 1 est une vue en perspective d'un étage de stator selon l'invention, montrant la fixation de plusieurs aubes consécutives à la virole extérieure.

**[0026]** La figure 2 est une vue de coupe partielle d'un étage de stator selon la figure 1, montrant la fixation d'une des aubes à la virole extérieure.

### EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

**[0027]** Tel que représenté en figure 1, l'étage de redresseur de compresseur d'un turboréacteur comprend une pluralité d'aubes 1 fixées à une virole extérieure 2 et une virole intérieure non représentée ici.

**[0028]** Chaque aube 1 comprend une partie centrale formant pale 10 et une partie formant plateforme 11 dont la face interne 110 assure la définition de la veine aérodynamique.

**[0029]** La virole extérieure 2 est une pièce monobloc sous la forme d'une couronne annulaire dont la face interne 20 est usinée en creux en formant une gorge de telle sorte que les plateformes 11 des aubes 1 peuvent s'y emboîter.

**[0030]** Les aubes 1 sont toutes fixées par boulonnage

à la virole extérieure 2 par l'intermédiaire de boulons dont la tige filetée 12 fait partie intégrante de chaque aube 1.

**[0031]** Pour éviter à la plateforme 11 de l'aube 1 de pivoter dans la gorge 20 de la virole lors du serrage à la virole 2, on ajoute selon l'invention un élément supplémentaire 3 en matériau compressible avant le boulonnage de l'aube 1. La localisation de cet élément 3 est forcée par l'épaulement 111 réalisé dans la plateforme 11. Tel qu'illustré, l'épaulement 111 est réalisé par usinage et comprend deux parois 111a, 111b. Une des parois 111a fait un angle compris entre 30 et 45° avec l'axe X de l'aube 1 et l'autre des parois 111b est sensiblement parallèle à la face supérieure 112 de la plateforme 11, c'est-à-dire celle en regard avec la gorge 20 de la virole 2.

**[0032]** Dans le mode de réalisation illustré, un seul élément en matériau compressible 3 continu sur toute la périphérie de l'étage est inséré (figure 1). Le niveau de compressibilité du matériau de l'élément 3 est variable et dépend des tolérances recherchées. Ainsi, pour une précision sur le calage angulaire donnée, plus le jeu de montage entre la plateforme de l'aube et la gorge de la virole est précis, moins le matériau utilisé 3 doit être compressible et moins l'effort à appliquer au boulonnage de l'aube doit être important.

**[0033]** Ainsi, dans le mode de réalisation illustré, on réalise les étapes dans l'ordre successif suivant :

- réalisation des épaulements 111a, 111b dans les plateformes 11 des aubes 1,
- insertion de l'élément en matériau compressible 3 et de hauteur, à l'état non compressé, supérieure à celle h de l'épaulement, entre chaque plateforme et la gorge,
- logement des plateformes 11 d'aubes 1 dans la gorge 20 de la virole 2,
- boulonnage des aubes 1 à la virole 2.

**[0034]** Une fois le boulonnage effectué, l'élément 3 est à l'état compressé partiellement à la fois contre les parois 111a, 111b de l'épaulement 11 et contre la gorge 20 de la virole 2.

**[0035]** Dans le mode de réalisation illustré, la hauteur h de l'épaulement 111 correspond à une partie de la hauteur H de la plateforme 11 de l'aube.

**[0036]** L'élément 3 utilisé est avantageusement un joint torique en caoutchouc de type VITON®, de forme générale circulaire dont la longueur correspond sensiblement à la longueur périphérique de la gorge 20 de la virole 2. Les matériaux possibles pour l'élément 3 peuvent être également soit des matières élastomères, soit du silicone.

**[0037]** L'invention qui vient d'être décrite présente de nombreux avantages :

- l'élément en matériau compressible remplissant l'espace entre la plateforme d'aube et la virole, aucun pivotement de l'aube ne peut se produire lors du serrage,

- l'insertion de l'élément en matériau compressible protège la virole d'une blessure par le coin de la plateforme d'aube lors du serrage, c'est-à-dire qu'elle empêche la dégradation superficielle de la virole,
- la localisation de l'élément en matériau compressible entre la plateforme d'aube et la virole implique que l'élément ne peut jamais se trouver dans la veine aérodynamique de l'étage de stator,
- les tolérances d'usinage de la plateforme d'aube et de la gorge de virole peuvent être obtenues par des technologies largement disponibles et sans coût élevé voire prohibitif.

**[0038]** Pour ce dernier avantage, il est à noter que pour une plateforme 11 de largeur axiale L typiquement de l'ordre de 50mm et de largeur circonférentielle 1 de l'ordre de 30mm, les tolérances d'usinage selon les techniques de fixation de l'art antérieur sont de l'ordre de X/100<sup>ème</sup> sur les largeurs de plateforme et de la gorge de virole afin de respecter la tolérance requise sur le calage angulaire des aubes. Grâce à l'invention, il est tout à fait envisageable de doubler ces tolérances, c'est-à-dire de réaliser des usinages avec des tolérances de l'ordre de 2X/100<sup>ème</sup> tout en conservant la même tolérance requise sur le calage angulaire des aubes.

## Revendications

1. Etage de stator comprenant au moins une virole (2) et, une pluralité d'aubes (1) fixées par boulonnage à la virole et dont la partie formant plateforme (11) est logée dans une gorge (20) de la virole (2), dans lequel la plateforme (11) comprend au moins un épaulement (111, 111a, 111b), un élément en matériau compressible (3) étant, à l'état compressé au moins en partie, en appui contre cet épaulement (111, 111a, 111b) et contre la gorge (20) de la virole (2).
2. Etage de stator selon la revendication 1, dans lequel la virole à laquelle l'aube est fixée par boulonnage est la virole extérieure de l'étage.
3. Etage de stator selon la revendication 1 ou 2, comprenant un élément en matériau compressible continu sur toute la périphérie de l'étage.
4. Etage de stator selon la revendication 1 ou 2, comprenant des éléments en matériau compressible discontinus sur toute la périphérie de l'étage.
5. Etage de stator selon la revendication 4, comprenant un élément en matériau compressible contre chaque plateforme, l'élément en matériau compressible étant de longueur au plus égale à la largeur circonférentielle de la plateforme.
6. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'élément comprend une pièce de forme générale circulaire et à section torique, à l'état non compressé.
7. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le matériau compressible est choisi parmi les matériaux élastomères, le silicone, le viton®.
8. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'épaulement (11, 111a, 111b) est réalisé sur une partie de la hauteur (H) de la plateforme (11).
9. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'épaulement est constitué par un chanfrein.
10. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel l'épaulement est constitué par une rainure.
11. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'épaulement comprend une paroi inclinée (111a) selon un angle compris entre 30 et 45° par rapport à l'axe X de l'aube.
12. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 constituant un étage de redresseur de compresseur d'un turboréacteur.
13. Turbomachine comprenant au moins un étage de stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 12.
14. Procédé de fixation d'au moins une aube (1) à une virole (2) d'étage de stator dans lequel on réalise les étapes de :
  - a) réalisation d'un épaulement (11, 111a, 111b) dans une plateforme (11) d'une aube (1),
  - b) logement de la plateforme (11) de l'aube dans une gorge (20) de la virole (2),
  - c) insertion d'un élément en matériau compressible (3) et de hauteur, à l'état non compressé, supérieure à celle (h) de l'épaulement (11), entre la plateforme et la gorge,
  - d) boulonnage de l'aube à la virole.
15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel on fixe une pluralité d'aubes selon les étapes a) à d) et dans lequel on insère un unique élément en matériau compressible continu sur toute la périphérie de l'étage.
16. Procédé selon la revendication 14 ou 15, dans lequel

on réalise l'étape c) avant l'étape b).

**Revendications modifiées conformément à la règle 137(2) CBE.**

1. Etage de stator comprenant au moins une virole (2) et, une pluralité d'aubes (1) fixées par boulonnage de la tige filetée qui fait partie intégrante de chaque aube à la virole et dont la partie formant plateforme (11) est logée dans une gorge (20) de la virole (2), dans lequel la plateforme (11) comprend au moins un épaulement (111, 111a, 111b), un élément en matériau compressible (3) étant, à l'état compressé au moins en partie, en appui contre cet épaulement (111, 111a, 111b) et contre la gorge (20) de la virole (2), dans lequel l'élément qui se comprime lors du boulonnage reprend du jeu au montage entre la plateforme de l'aube et la virole permettant de réaliser un calage systématique des aubes.

2. Etage de stator selon la revendication 1, dans lequel la virole à laquelle l'aube est fixée par boulonnage est la virole extérieure de l'étage.

3. Etage de stator selon la revendication 1 ou 2, comprenant un élément en matériau compressible continu sur toute la périphérie de l'étage.

4. Etage de stator selon la revendication 1 ou 2, comprenant des éléments en matériau compressible discontinus sur toute la périphérie de l'étage.

5. Etage de stator selon la revendication 4, comprenant un élément en matériau compressible contre chaque plateforme, l'élément en matériau compressible étant de longueur au plus égale à la largeur circonférentielle de la plateforme.

6. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'élément comprend une pièce de forme générale torique et à section circulaire, à l'état non compressé.

7. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le matériau compressible est choisi parmi les matériaux élastomères, le silicone, le viton®.

8. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'épaulement (11, 111a, 111b) est réalisé sur une partie de la hauteur (H) de la plateforme (11).

9. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'épaulement est constitué par un chanfrein.

10. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel l'épaulement est constitué par une rainure.

11. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'épaulement comprend une paroi inclinée (111a) selon un angle compris entre 30 et 45° par rapport à l'axe X de l'aube.

12. Etage de stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 constituant un étage de redresseur de compresseur d'un turboréacteur.

13. Turbomachine comprenant au moins un étage de stator selon l'une quelconque des revendications 1 à 12.

14. Procédé de fixation d'au moins une aube (1) à une virole (2) d'étage de stator dans lequel on réalise les étapes de :

a) réalisation d'un épaulement (11, 111a, 111b) dans une plateforme (11) d'une aube (1),

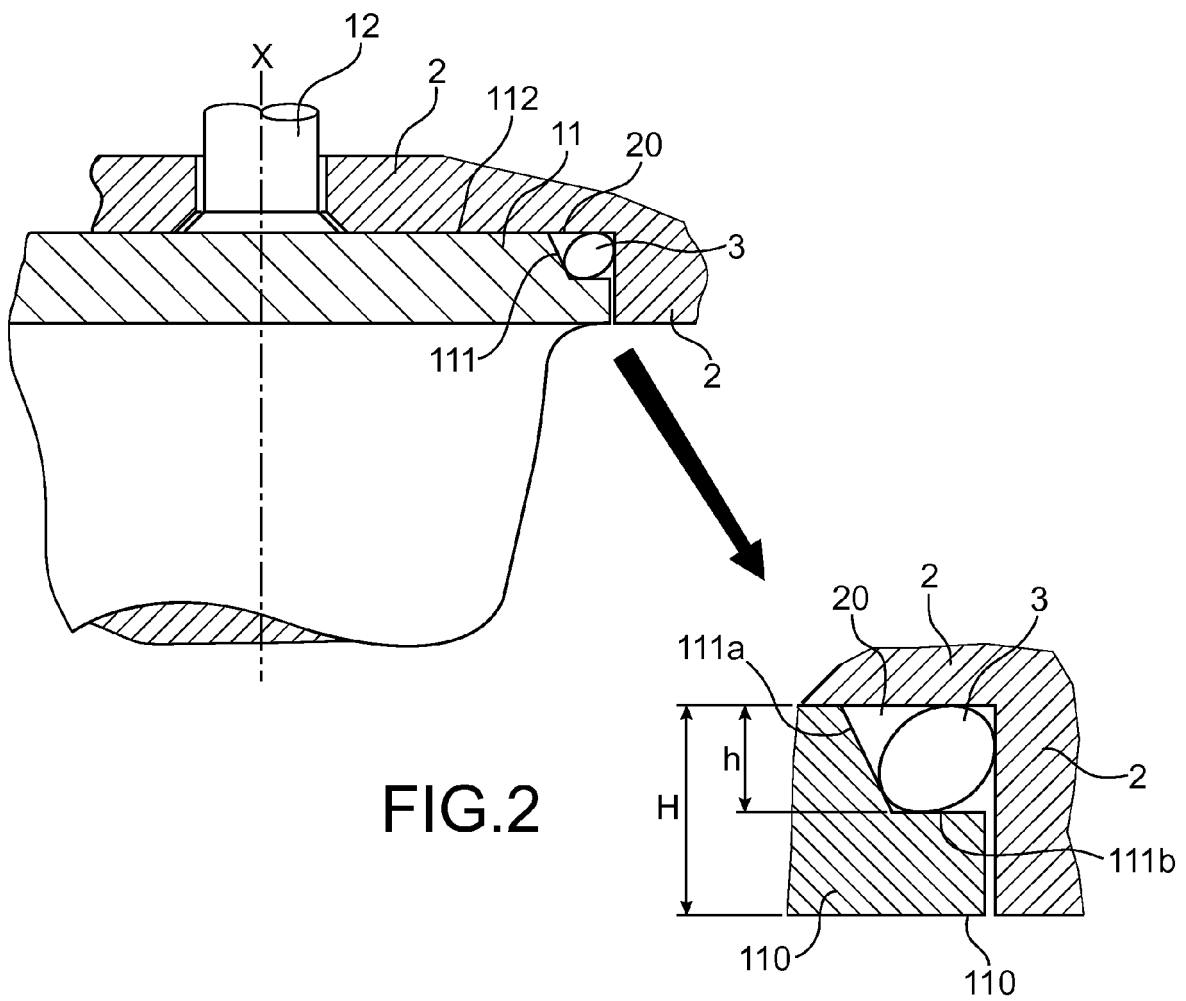
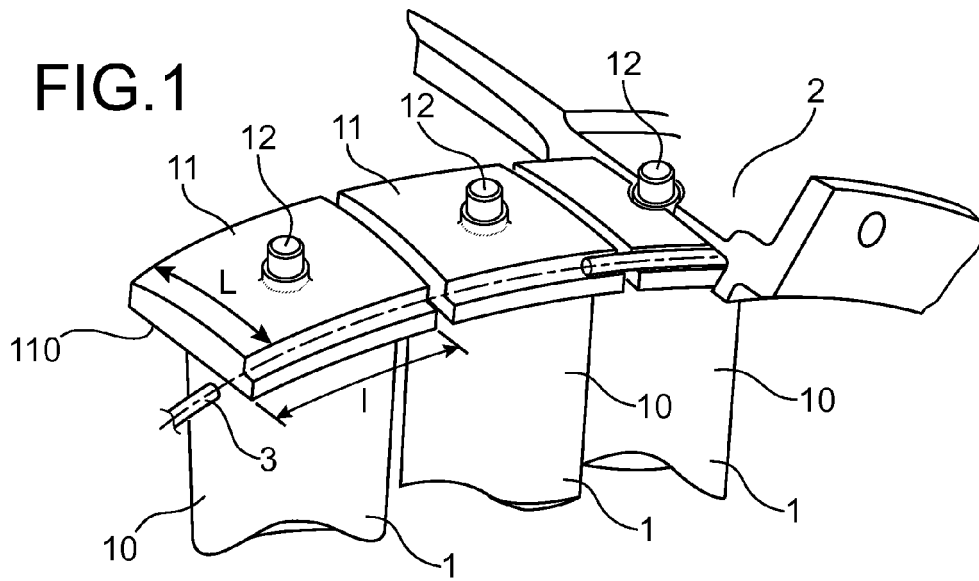
b) logement de la plateforme (11) de l'aube dans une gorge (20) de la virole (2),

c) insertion d'un élément en matériau compressible (3) et de hauteur, à l'état non compressé, supérieure à celle (h) de l'épaulement (11), entre la plateforme et la gorge,

d) boulonnage de la tige filetée qui fait partie intégrante de chaque aube à la virole, dans lequel l'élément qui se comprime lors du boulonnage reprend du jeu au montage entre la plateforme de l'aube et la virole permettant de réaliser un calage systématique des aubes.

15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel on fixe une pluralité d'aubes selon les étapes a) à d) et dans lequel on insère un unique élément en matériau compressible continu sur toute la périphérie de l'étage.

16. Procédé selon la revendication 14 ou 15, dans lequel on réalise l'étape c) avant l'étape b).





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
E	EP 1 908 923 A (SNECMA [FR]) 9 avril 2008 (2008-04-09) * alinéa [0035] *	1-3,7-9, 11-16	INV. F01D9/04 F01D25/24
X	FR 891 422 A (SCHICHT FRIEDRICH) 7 mars 1944 (1944-03-07) * page 2, ligne 45 - ligne 49; figures 2-4 *	1,2,4,6, 13,14	
A	US 2 622 790 A (MCLEOD RODERICK C) 23 décembre 1952 (1952-12-23) * figures *	1-16	
A	EP 0 953 729 A (TECHSPACE AERO [BE]) 3 novembre 1999 (1999-11-03) * figures *	1-16	
A	EP 1 106 784 A (GEN ELECTRIC [US]) 13 juin 2001 (2001-06-13) * figures *	1-16	
A	EP 1 167 693 A (GEN ELECTRIC [US]) 2 janvier 2002 (2002-01-02) * figures *	1-16	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) F01D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 13 juin 2008	Examineur Raspo, Fabrice
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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		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	

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 07 12 4067

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.

13-06-2008

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1908923	A	09-04-2008	CA 2603119 A1	26-03-2008
			CN 101153547 A	02-04-2008
			FR 2906296 A1	28-03-2008
			US 2008075588 A1	27-03-2008
-----				
FR 891422	A	07-03-1944	BE 449091 A	
			CH 234847 A	31-10-1944
-----				
US 2622790	A	23-12-1952	BE 471415 A	
			CH 266466 A	31-01-1950
			FR 942230 A	02-02-1949
			GB 608514 A	16-09-1948
			NL 74168 C	
-----				
EP 0953729	A	03-11-1999	DE 69815815 D1	31-07-2003
			DE 69815815 T2	13-05-2004
			WO 2004074639 A1	02-09-2004
			US 6296442 B1	02-10-2001
-----				
EP 1106784	A	13-06-2001	BR 0005767 A	17-07-2001
			CA 2326425 A1	07-06-2001
			DE 60028507 T2	06-06-2007
			JP 2001207998 A	03-08-2001
			US 6343912 B1	05-02-2002
-----				
EP 1167693	A	02-01-2002	CN 1330208 A	09-01-2002
			DE 60120279 T2	24-05-2007
			JP 2002061600 A	28-02-2002
			US 6371725 B1	16-04-2002
-----				

EPO FORM P0460

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