

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt: **90400501.4**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **F01D 5/14, F01D 5/22**

(22) Date de dépôt: **23.02.90**

(30) Priorité: **01.03.89 FR 8902639**

(43) Date de publication de la demande:  
**05.09.90 Bulletin 90/36**

(84) Etats contractants désignés:  
**DE FR GB**

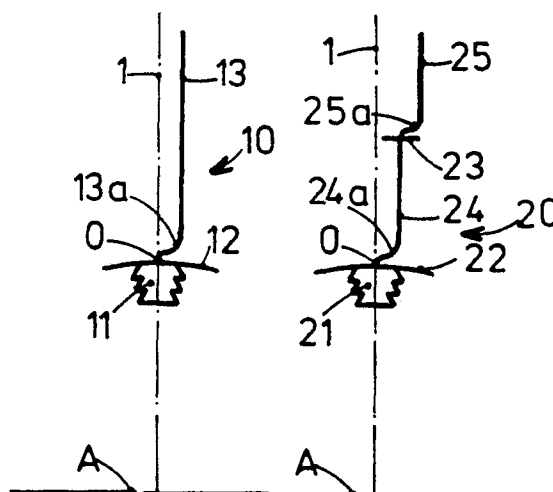
(71) Demandeur: **SOCIETE NATIONALE D'ETUDE  
 ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS  
 D'AVIATION, "S.N.E.C.M.A."**  
**2, boulevard du Général Martial Valin**  
**F-75015 Paris(FR)**

(72) Inventeur: **Odoul, Christian**  
**11, avenue des Platanes**  
**F-77127 Lieusaint(FR)**  
 Inventeur: **Paty, Marc Gilles France**  
**8, rue d'Ulm**  
**F-75005 Paris(DE)**  
 Inventeur: **Serey, Jean-Pierre Roger**  
**96 rue Pierre Curie**  
**F-91700 Ste Genevieve des Bois(FR)**

(74) Mandataire: **Moinat, François et al**  
**S.N.E.C.M.A. Service des Brevets Boîte**  
**Postale 81**  
**F-91003 Evry Cédex(FR)**

(54) **Aube mobile de turbomachine à moment de pied compensé.**

(57) Sur une aube mobile comportant un pied (11), une plate-forme (12) et une pale, les coupes sont désaxées par parties en bloc de manière que le lieu géométrique des centres de gravité des sections transversales dont l'empilement forme ladite pale d'aube est une courbe comportant au moins un segment de droite (13) décalé par rapport à la droite radiale (1) contenue dans le plan de symétrie axiale du pied d'aube qui se raccorde progressivement (13a) au point 0 de rencontre de ladite droite radiale (1) avec le pied (11) d'aube. Dans le cas d'une aube à nageoire ou talon intermédiaire (23), le lieu desdits centres de gravité comporte un second segment de droite (25) également décalé par rapport au premier segment (24) et se raccordant (25a) à lui, au niveau de ladite nageoire (23).



**FIG:4**

**FIG:5**

La présente invention concerne une aube mobile de turbomachine dont les moments de flexion résultants au pied de l'aube sont compensés.

Elle est applicable aussi bien à des aubes mobiles de compresseur ou de turbine axiaux qu'à des hélices.

De manière connue, les études aérodynamiques de définition du profil de pale d'une aube mobile conduisent à prévoir un lieu géométrique des centres de gravité de l'ensemble des sections transversales de la pale d'aube représenté par une droite radiale passant par l'axe longitudinal de rotation du moteur et contenu dans le plan médian coupant le pied et la plate-forme de l'aube. La figure 1 des dessins joints schématise ce résultat et montre une droite 1, lieu des centres de gravité des sections transversales de pale, rencontrant l'axe A du moteur et centrée sur la plate-forme 2 et le pied 3 de l'aube.

Ce résultat ne répond toutefois pas aux exigences mécaniques du comportement d'une telle aube en fonctionnement sous l'effet des contraintes internes susceptibles d'induire des déformations et dues aux forces aérodynamiques sous l'effet des efforts des gaz, aux forces centrifuges et aux efforts résultant des effets de couplage en flexion et torsion du profil de pale. Les solutions connues actuellement de définition d'un profil de pale d'aube conduisent généralement à une inégalité de répartition des charges des deux côtés du pied de l'aube. Cette répartition dissymétrique des efforts transmis au disque qui porte les aubes d'un étage mobile et résultant des forces s'exerçant sur la pale de l'aube ne permet pas de tirer le meilleur parti des caractéristiques mécaniques de résistance du disque.

Des améliorations ont cependant déjà été proposées. FR-A 2 556 409 définit une aube à contraintes centrifuges réduites pour laquelle le lieu géométrique des centres de gravité des sections de pale est nonlinéaire et présente deux parties d'inclinaisons opposées par rapport à une droite radiale. La figure 2 des dessins schématise cette solution et montre la courbe 1a représentant ce lieu des centres de gravité par rapport à la plate-forme 2a et au pied 3a de l'aube. Une autre solution proposée schématisée sur la figure 3 montre une courbe 1b non linéaire du lieu géométrique des centres de gravité des sections transversales de pale d'aube entre la plate-forme 2b et le pied 3b d'une part et l'extrémité radialement externe de l'aube d'autre part. La courbe 1b présente dans ce cas une inclinaison variable qui correspond à l'application d'une loi continue de compensation des moments de flexion.

Ces méthodes connues présentent toutefois des inconvénients, notamment dans certaines applications particulières. La non-linéarité des profils

obtenus et notamment du bord d'attaque et du bord de fuite de l'aube est à l'origine de difficultés supplémentaires de réalisation et rend également plus difficile les contrôles en utilisation. Ces méthodes imposent également pour obtenir une définition satisfaisante de l'aube des itérations souvent très laborieuses. En outre, notamment dans le cas d'aubes de grandes dimensions telles que des aubes de soufflante de turbomachine, ces méthodes ont l'inconvénient d'écarter sensiblement la tête de l'aube d'une position radiale dans l'axe du pied d'aube, en particulier dans le sens axial, ce qui entraîne, notamment dans une veine à paroi externe conique, des jeux trop importants entre l'extrémité d'aube et le carter correspondant. De même dans le cas d'aubes notamment de grandes dimensions, comportant des ailettes latérales dites nageoires, un appui correct en fonctionnement entre nageoires voisines devient difficile à obtenir, ce qui contrarie leur fonction d'amortissement des vibrations.

L'invention définit une aube mobile de turbomachine ne présentant pas les inconvénients des solutions antérieures connues tout en assurant une annulation des moments de flexion au pied de l'aube par compensation. Ladite aube est caractérisée en ce que le lieu géométrique des centres de gravité des sections transversales dont l'empilement forme la pale de l'aube est une courbe dont une extrémité a son point de départ, dans le plan de symétrie axiale du pied d'aube, au point de rencontre de la droite radiale passant par l'axe de rotation du moteur avec la zone de raccordement de la pale avec la plate-forme et le pied de l'aube et qui ensuite se raccorde progressivement à au moins un premier segment de droite parallèle à ladite droite radiale et axialement écarté.

Avantageusement, lorsqu'une aube comporte des talons intermédiaires dits nageoires, ladite courbe, lieu géométrique des centres de gravité des sections transversales comporte en plus dudit segment de droite un second segment de droite situé entre ladite nageoire et l'extrémité radialement externe d'aube, écarté axialement du premier segment et se raccordant progressivement audit premier segment au niveau de ladite nageoire.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre d'exemples de réalisation de l'invention, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 précédemment décrite en détails représente une vue schématique, d'aube suivant une définition théorique connue antérieure ;

- La figure 2 précédemment décrite en détails représente une vue schématique analogue à celle de la figure 1, d'une aube suivant une définition connue antérieure ;

- la figure 3 précédemment décrite en détails représente une vue schématique, analogue à celles des figures 1 et 2, d'une aube suivant une définition connue antérieure ;

- la figure 4 représente, selon une vue schématique analogue à celles des figures 1, 2 et 3, une aube suivant un mode de réalisation conforme à l'invention ;

- la figure 5 représente, selon une vue schématique analogue à celles des figures 1 à 4, une aube comportant des talons intermédiaires ou nageoires suivant un mode de réalisation conforme à l'invention ;

- la figure 6 représente, dans un premier exemple d'application à une aube conforme à l'invention, les courbes du lieu géométrique des centres de gravité des sections transversales de la pale de l'aube, respectivement suivant des coordonnées en direction axiale et en direction tangentielle ;

- la figure 7 représente, dans un deuxième exemple d'application à une aube conforme à l'invention et comportant des talons intermédiaires ou nageoires, les courbes analogues à celles de la figure 6 du lieu géométrique des centres de gravité des sections transversales de la pale de l'aube, respectivement suivant des coordonnées en direction axiale et en direction tangentielle ;

- la figure 8 montre une vue schématique en perspective d'aubes conformes à l'invention.

Une aube 10 conforme à l'invention du genre aube mobile de turbomachine est schématisée sur la figure 4 par son pied 11, sa plate-forme 12 et la courbe 13 qui représente le lieu géométrique des centres de gravité des sections transversales dont l'empilement forme la pale aérodynamique de l'aube 10. La courbe 13 a une origine au niveau de la plate-forme 12 au point centre 0 où la droite radiale passant par l'axe de rotation A du moteur et contenue dans le plan de symétrie du pied 11 rencontre la plate-forme 12 et le pied 11. La courbe 13 comporte le long de la pale de l'aube 10 une partie de droite axialement décalée par rapport à ladite droite radiale 1 représentée en traits pointillés sur la figure 4, ce qui correspond à un désaxage "en bloc" des sections transversales de la pale de l'aube, suivant une définition remarquable, conforme à l'invention. Entre la plate-forme et le point centré de la courbe 13 d'une part et ladite partie de droite, d'autre part, l'aube présente une partie évolutive de raccordement de la pale au pied qui correspond à une partie de raccordement 13a de la courbe du lieu géométrique des centres de gravité des sections.

Dans le cas où une aube 20 schématisée sur la figure 5 comporte des talons intermédiaires ou nageoires portées latéralement par la pale de l'aube et symbolisées en 23 sur la figure 5, la courbe

lieu géométrique des centres de gravité des sections transversales de la pale de l'aube 20 prend la forme indiquée sur la figure 5. La courbe comporte comme précédemment une origine 0 centrée sur le pied 21 et la plate-forme 22 de l'aube 20, une partie évolutive continue de raccordement 24a à une première partie de droite 24 axialement décalée par rapport à la droite radiale 1 jusqu'au niveau de la nageoire 23 et au delà de la nageoire 23 à nouveau un décalage par une partie évolutive continue de raccordement 25a à une deuxième partie de droite 25 jusqu'à l'extrémité de la pale de l'aube 20.

La figure 6 montre un exemple des courbes réelles obtenues dans l'application à une aube mobile de turbomachine et représentant le lieu géométrique des centres de gravité des sections transversales de l'aube, l'une 30 selon des coordonnées axiales et l'autre 40 selon des coordonnées tangentielles, et comportant, de manière remarquable conforme à l'invention, les parties de droite décalées par rapport à la droite radiale centrale.

De manière analogue, la figure 7 monte un exemple dans l'application à une aube mobile de turbomachine comportant des talons intermédiaires ou nageoires portées latéralement par la pale de l'aube. Les courbes 50 et 60 représentant le lieu géométrique des centres de gravité des sections transversales de l'aube, respectivement selon des coordonnées axiales et des coordonnées tangentielles, comportent à partir d'une origine O au centre du pied de l'aube, une portion 51 ou 61 de raccordement correspondant à une zone évolutive continue de raccordement de la pale au plan de symétrie du pied de l'aube, puis une partie de droite 52 ou 62 décalée par rapport à la droite radiale 1 centrée sur le pied, qui correspond à un désaxage "en bloc" des sections de la pale d'aube, suivie d'une nouvelle portion de courbe 53 ou 63 au niveau de la nageoire qui se raccorde à une nouvelle portion de droite 54 ou 64 qui présente un décalage supplémentaire par rapport à ladite droite radiale 1 et correspond au désaxage d'une seconde partie "en bloc" de sections de la pale d'aube.

La figure 8 montre schématiquement un exemple de réalisation d'aubes mobiles conformes à l'invention. Seule une analyse géométrique très précise permet de déterminer le lieu géométrique des centres de gravité des sections transversales de pale qui n'est pas une courbe matérialisée sur pièce. On retrouve sur une aube 70, un pied 71, une plate forme 72, une pale 73 et les nageoires 74 portées par ladite pale ainsi qu'une zone 73a de raccordement de la pale 73 au pied 71.

Le désaxage par parties et en bloc des sections transversales de la pale des aubes conformes à l'invention permet d'obtenir la création de mo-

ments de rappel induits dans le champ centrifuge et dans le cas de nageoires, d'équilibrer également les effets induits. On obtient ainsi une annulation des moments de flexion au pied de l'aube qui est la zone mécaniquement la plus sollicitée.

5

## Revendications

1. Aube mobile de turbomachine comportant un pied (11 ; 21; 71), une plate-forme (12; 22; 72) et une pale (73) caractérisée en ce que le lieu géométrique des centres de gravité des sections transversales dont l'empilement forme ladite pale de l'aube est une courbe dont une extrémité a son point de départ O dans le plan de symétrie axiale du pied d'aube, au point de rencontre de la droite radiale (1) passant par l'axe de rotation A du moteur avec la zone de raccordement de la pale avec la plate-forme et le pied de l'aube et qui ensuite se raccorde progressivement (13a ; 24a) à au moins un premier segment de droite (13 ; 24) parallèle à ladite droite radiale (1) et axialement écarté de telle sorte que lesdites sections correspondantes de pale sont désaxées en bloc de manière à annuler les moments de flexion au pied par effet de compensation.

10

15

20

25

2. Aube mobile de turbomachine selon la revendication 1 comportant en outre des talons intermédiaires ou nageoires (23 ; 74) portés par la pale (73) dans laquelle ladite courbe, lieu géométrique des centres de gravité des sections transversales de pale d'aube, comporte au niveau de ladite nageoire (23 ; 74) une partie de raccordement continu (25a) à un second segment de droite (25) situé entre ladite nageoire (23 ; 74) et l'extrémité radialement externe de l'aube et écarté axialement du premier segment de droite (24) de telle sorte que les parties de sections de pale correspondantes sont désaxées en bloc de manière à corriger l'effet des nageoires (23 ; 74) et à annuler les moments de flexion au pied par effet de compensation.

30

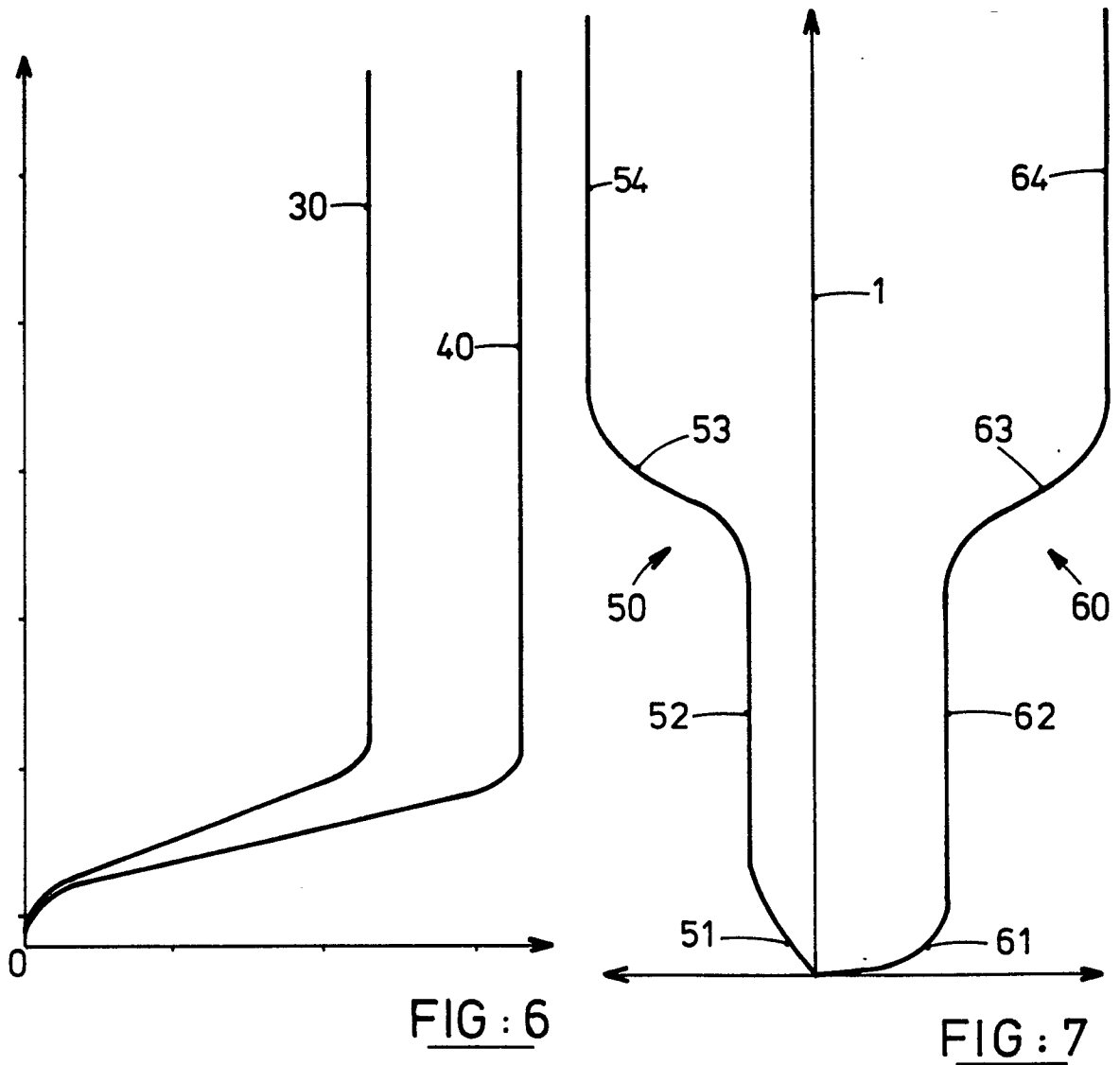
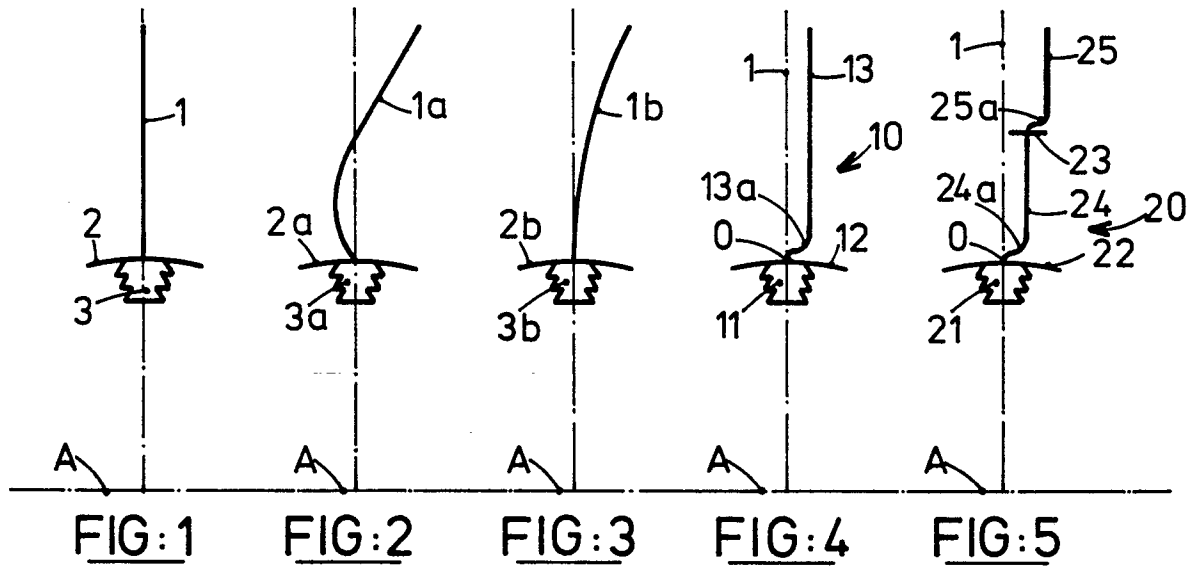
35

40

45

50

55



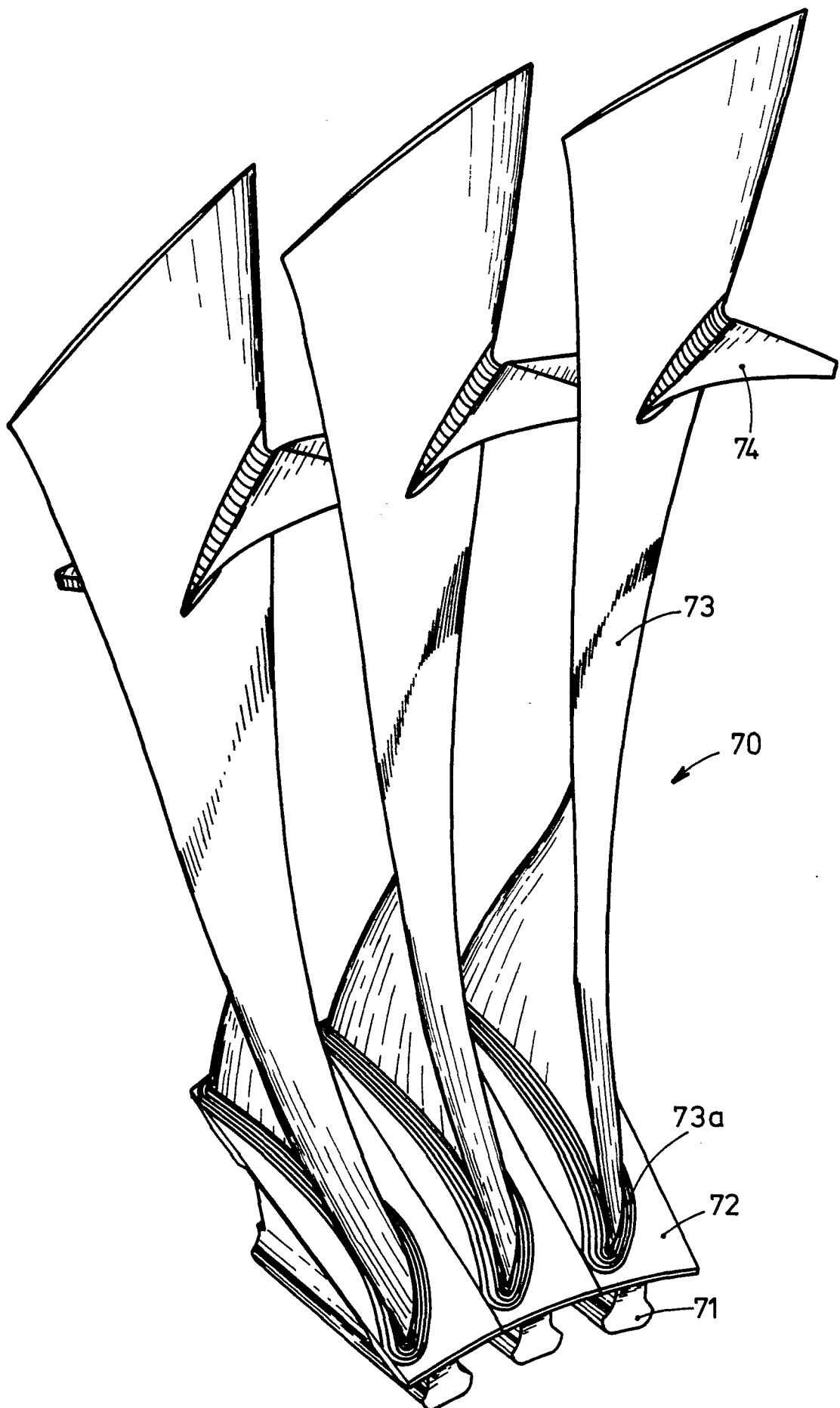


FIG : 8



Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 90 40 0501

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS  |   |  |                                      |
|--|---|--|--------------------------------------|
| Catégorie  | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes   | Revendication concernée  | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5) |
| A  | US-A-1541657 (C.A. PARSONS ET AL)<br>* page 1, ligne 35 - page 1, ligne 39 *<br>* page 1, ligne 65 - page 1, ligne 66 *<br>* page 2, ligne 1 - page 2, ligne 4 *<br>* page 2, ligne 63 - page 2, ligne 66; figure 1 *<br>---                      | 1  | F01D5/14<br>F01D5/22                 |
| A  | GB-A-610786 (CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE)<br>* page 2, ligne 21 - page 2, ligne 29 *<br>* page 3, ligne 14 - page 3, ligne 36; figure 7 *<br>---  | 1  |                                      |
| A  | US-A-2398140 (F.A.M. HEPPNER)<br>* page 1, colonne de droite, ligne 4 - page 1, colonne de droite, ligne 22; figure 2 *<br>---  | 1, 2   |                                      |
| D,A  | FR-A-2556409 (GENERAL ELECTRIC COMPANY)<br>* le document en entier *<br>---   | 1  |                                      |
| A  | EP-A-0260175 (PEUGEOT)<br>* le document en entier *<br>---  | 1  |                                      |
| A  | GB-A-609322 (POWER JETS)<br>* page 3, ligne 1 - page 3, ligne 11 *<br>---   | 1, 2   |                                      |
| A  | Brown Boveri Mitteilungen<br>vol. 59, no. 1, 01 janvier 1972, Baden (CH)<br>pages 42 - 53; A, Hohn et al:<br>"Die Endschaufeln grosser Dampfturbinen"<br>* page 43, colonne de droite, ligne 25 - page 43, colonne de droite, ligne 34 *<br>----- | 1  | F01D<br>F04D                         |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications   |   |  |                                      |
| Lieu de la recherche<br>LA HAYE  |   | Date d'achèvement de la recherche<br>04 JUIN 1990  | Examineur<br>MCGINLEY C.J.           |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES<br>X : particulièrement pertinent à lui seul<br>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br>A : arrière-plan technologique<br>O : divulgation non-écrite<br>P : document intercalaire |   | T : théorie ou principe à la base de l'invention<br>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br>D : cité dans la demande<br>L : cité pour d'autres raisons<br>.....<br>& : membre de la même famille, document correspondant |                                      |