



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **94401719.3**

(51) Int. Cl.⁶ : **F01D 17/16**

(22) Date de dépôt : **27.07.94**

(30) Priorité : **28.07.93 FR 9309266**

(43) Date de publication de la demande :
01.02.95 Bulletin 95/05

(84) Etats contractants désignés :
DE FR GB

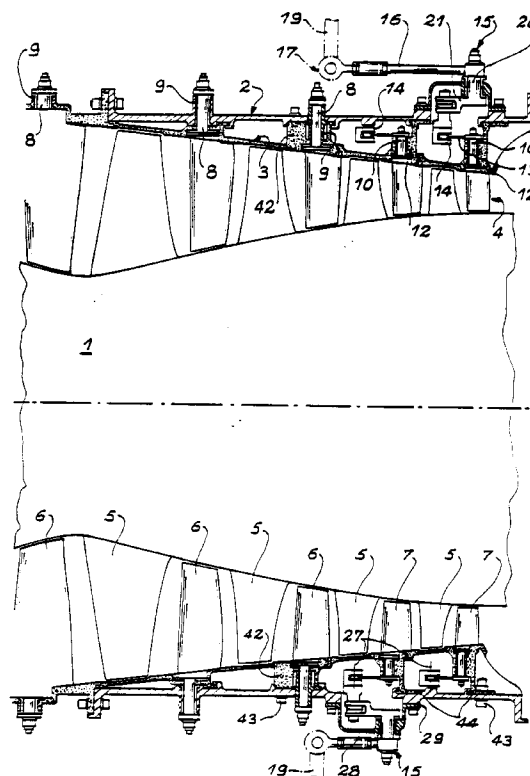
(71) Demandeur : **SOCIETE NATIONALE D'ETUDE
ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS
D'AVIATION, "S.N.E.C.M.A."
2 Boulevard Victor
F-75015 Paris (FR)**

(72) Inventeur : **Charbonnel, Jean-Louis
20, rue de Beaune
F-77310 Boississe Le Roi (FR)
Inventeur : Guerout, Philippe
28, rue du Général Salomon
F-77770 Chartrettes (FR)
Inventeur : Happey, Jacques Lucien
27, Les Chaumières
F-77950 Voisenon (FR)
Inventeur : Mainfroy, Frédéric
25, allée des cyclamens
F-91100 Corbeil Essonnes (FR)
Inventeur : Naudet, Jacky
8, rue des Perdrix
F-91070 Bondoufle (FR)
Inventeur : Porcher, Jean-Claude
12, bld Aristide Briand
F-77220 Gretz-Armainvilliers (FR)**

(54) **Stator de turbomachine à aubes pivotantes et anneau de commande.**

(57) Stator de turbomachine composé d'un carter (2) métallique entourant une enveloppe (3) porteuse de paliers (11) de pivots (10) d'aubes pivotantes (7).

Le mécanisme de commande (15) du calage des aubes (7) comprend en particulier un axe radial (20) auquel sont transmis les efforts de poussée des gaz, l'enveloppe (3) étant avantageusement formée de secteurs angulaires de couronnes juxtaposées axialement et qui ne sont pas chargés. Les paliers (11) ne subissent donc pas d'usure génératrice de fuite de gaz et de pertes de rendement. Avantageusement, l'enveloppe est en matériau composite.



L'invention concerne un stator de turbomachine à aubes pivotantes et à anneau de commande.

De nombreuses turbomachines comprennent, notamment pour les étages à haute pression des compresseurs, des aubes de stator qui ne sont pas fixes mais pivotantes afin de modifier les caractéristiques du redressement des gaz qui parcourent la veine dans laquelle ces aubes s'étendent. De telles aubes, dites à calage variable, comprennent donc des pivots qui s'étendent à travers une enveloppe qui délimite la veine d'écoulement et hors d'elle, et ces pivots sont raccordés à des biellettes qui sont normalement jointes entre elles par un anneau de commande disposé autour de la veine et qu'un mécanisme de commande déplace en translation selon l'axe de la turbomachine ou en rotation autour de cet axe. Dans les deux cas, les biellettes tournent et entraînent les pivots des aubes.

Un inconvénient de ce système est dû à la poussée des gaz qui produit des efforts importants sur les aubes. Ces efforts sont transmis aux pivots et aux paliers de l'enveloppe qui les soutiennent. Ils sont de direction préférentielle. Le frottement exercé par les pivots quand ils tournent est responsable d'une usure concentrée des paliers qui se traduit par une ovalisation de leur forme. La veine entre alors en communication avec d'autres volumes de la turbomachine, dont le rendement baisse à cause des fuites de gaz qui apparaissent. Ces inconvénients sont encore plus marqués si le taux de compression recherché pour les gaz est élevé, car la poussée est plus grande et l'usure plus rapide. Ces circonstances expliquent que, dans les réalisations actuellement connues, l'enveloppe qui porte les paliers des pivots et qui délimite la veine a une grande rigidité et est construite en acier, ce qui la rend très pesante. La substitution classiquement recherchée du titane à l'acier pour alléger la structure n'est pas possible ici à cause de la température des gaz de la veine et des risques d'incendie du titane qui en résultent.

L'objet essentiel de l'invention est de dissocier l'enveloppe, porteuse de paliers de pivots d'aubes pivotantes et subissant les efforts dus à la pression des gaz, du carter, qui subit les efforts structuraux, sans compromettre l'étanchéité entre les pivots et les paliers. L'avantage fondamental obtenu est que l'enveloppe pourra désormais être construite en matériau composite et donc sensiblement allégée. La solution retenue pour cela consiste, brièvement exposée, à faire supporter les efforts des gaz par un palier construit sur un carter distinct de l'enveloppe et qui est occupé par un axe tournant appartenant au mécanisme de commande. Les efforts subis par les aubes sont donc transmis par les pivots, les biellettes, l'anneau de commande et une partie du mécanisme de commande jusqu'à l'axe en question, puis sont diffusés dans le carter de la machine qui est parfaitement capable de les subir.

Il faut remarquer qu'il existe déjà des agencements où le mécanisme de commande est partiellement soutenu par un carter entourant l'enveloppe de délimitation de la veine, dont celui qui est illustré par le brevet britannique 2 254 381. Mais les efforts de la poussée des gaz sont tout de même repris par les paliers de l'enveloppe et les biellettes ne sont pas unies à l'anneau de commande de façon à transmettre des efforts, car leurs extrémités sont en forme de pistons qui coulisent dans des trous de l'anneau.

L'enveloppe est avantageusement formée de couronnes juxtaposées axialement par des moyens d'assemblage autorisant des déplacements axiaux relatifs des couronnes, chacune de ces couronnes étant de préférence associée à un étage unique d'aubes pivotantes ; il est encore meilleur que les couronnes soient composées de secteur angulaires séparés par des jeux qui colmatent des joints. Toutes ces dispositions de division de l'enveloppe, dont les éléments sont surtout retenus par quelques endroits de fixation au carter, permettent d'y réduire fortement les contraintes et notamment celles qui résultent des dilatations thermiques. C'est alors qu'il devient vraiment facile de construire l'enveloppe en matériau composite de relativement faible résistance aux efforts.

On va maintenant passer à la description des figures suivantes annexées à titre illustratif et non limitatif :

- la figure 1 est une représentation générale d'une première réalisation de l'invention,
- la figure 2 est une vue d'une deuxième réalisation de l'invention,
- la figure 3 est une vue en coupe transversale de la réalisation de la figure 1 ou de la figure 2,
- la figure 4 représente principalement l'anneau de commande, son moyen d'attache au reste du mécanisme de commande et les biellettes qui le relient aux pivots d'aubes,
- les figures 5A et 5B représentent en outre le mécanisme de commande entre l'axe de support des efforts et l'anneau de commande,
- et la figure 6 représente l'enveloppe et les aubes.

La figure 1 représente une portion d'une turbomachine et plus spécialement un compresseur constitué essentiellement par une portion de rotor 1 s'évasant vers l'aval, un carter 2 en titane et cylindrique et une enveloppe 3 en matériau composite et soutenue par le carter 2, qui l'entoure et constitue avec elle l'ossature d'un stator dont les autres éléments vont bientôt être décrits. Le rotor 1 et l'enveloppe 3 délimitent une veine d'écoulement 4 occupée par plusieurs étages d'aubes mobiles 5 fixés au rotor 1 et par plusieurs étages d'aubes de stator qui alternent avec les précédents et dont les premiers (vers l'amont) sont composés d'aubes fixes 6 et les deux derniers (vers

l'aval) d'aubes pivotantes 7. Alors que le carter 2 est cylindrique pour faciliter sa fabrication, l'enveloppe 3 est conique et de diamètre réduit vers l'aval où elle est donc de plus en plus écartée du carter 2. Il résulte de cette disposition que les aubes fixes 6 sont maintenues par des axes fixes 8 engagés dans des bagues de support 9 rigidement reliées au carter 2 ou d'une pièce avec lui, mais que les aubes pivotantes 7 ont des axes tournants ou pivots 10 mobiles en rotation dans des coussinets de paliers 11 situés à travers des régions épaissies 12 de l'enveloppe 3. Les pivots 10 dépassent hors de ces zones épaissies 12 et sont unis à cet endroit à des biellettes 13 respectives par un vissage, un encliquetage ou un autre système connu assurant une liaison rigide en rotation, et les biellettes 13 de chaque étage d'aubes pivotantes 7 sont articulées par leur extrémité opposée à un anneau de commande 14 commun et plus précisément à des axes 27 de cet anneau, axes bien visibles à la figure 2 et qui autorisent donc une pleine transmission de forces linéaires. Les anneaux de commande 14 s'étendent sur une circonférence entière sur la figure 1, entre le carter 2 et l'enveloppe 3, et sont chacun muni par un mécanisme de commande 15 composé d'un levier 16 d'extension sensiblement axiale (voir aussi la figure 3) et dont une extrémité 17 est montée pivotante sur un bras 19 à l'extérieur du carter 2 et dont l'extrémité opposée 18 est fixée à un axe 20 radial dont elle commande le pivotement. L'axe 20 est terminé par un levier 21 dont le déplacement provoque celui de l'anneau de commande 14, auquel il est uni suivant les dispositions qui seront détaillées plus loin. Le bras 19 tourne avec un arbre de sortie d'un moteur 29 autour d'un axe de rotation axial. Le moteur 29 est lié à une structure de support 22.

La structure de support 22 est composée d'au moins un segment de bridage 23 boulonné à une couronne 24 du carter 2, ou de plusieurs de ces segments réunis par une entretoise axiale. Dans cette réalisation, on trouve deux structures de support 22, diamétralement opposées sur la turbomachine et dont chacune est associée à un des mécanismes de commande 15 et un des anneaux de commande 14. La situation est un peu différente sur la figure 2 où on retrouve en particulier l'axe 20 radial, mais où cet axe est unique ainsi que le vérin 16 et le support 22 et où le levier 21 est remplacé par un levier double 121 relié aux deux anneaux de commande, référencés ici par 114, par ses deux extrémités opposées : contrairement à la réalisation précédente, l'axe 20 est relié au centre du levier double 121. Il n'y a pas ou pratiquement pas de différence de structure entre les anneaux de commande 114 et ceux 14 qui précèdent, mais leur disposition est un peu différente car ils sont rapprochés pour pouvoir être commandé par le levier double 121 et situés entre les deux étages d'aubes pivotantes 7. Les biellettes 113 des deux étages, au lieu d'être orientées sensiblement parallèlement comme

dans la réalisation précédente, sont donc orientées dans des directions opposées. Le mécanisme de commande est alors globalement désigné par 115, et le reste de la description précédente reste valable.

Une autre solution consiste à prévoir deux mécanismes de commande 115 diamétralement opposés, comme sur la figure 1, et dont chacun commanderait une moitié des anneaux de commande 114, ce qui aurait comme avantage de diviser l'effort produit sur l'axe 20 et de le rendre symétrique sur le carter 2. La commande de demi-anneaux ou plus généralement de secteurs d'anneaux ne diffère pas de celle d'anneaux entiers. Il faut simplement veiller à synchroniser les mécanismes de commande. Cette solution n'est pas spécifiquement représentée, mais on a figuré et référencé par 214 les extrémités qu'aurait un des demi-anneaux sur la figure 3 : les mécanismes de réglage 115 seraient au centre des demi-anneaux.

Dans tous les cas, le mécanisme de commande 15 ou 115 entre l'axe 20 et les anneaux de commande 14 ou 114 est généralement trop encombrant pour tenir dans l'espace compris entre le carter 2 cylindrique et l'enveloppe 3, et c'est pourquoi le carter 2 est évidé à cet endroit et muni d'un bossage amovible saillant vers l'extérieur en forme de cloche 28, cloche bridée par un rebord extérieur plat 29 à une couronne 30 du carter 2 par des boulons 31 et dont le centre est muni d'une ouverture portant un coussinet constituant un palier 32 pour l'axe 20. Le levier de commande 21 ou 121 s'étend sous la cloche 28.

On remarque que des segments d'étanchéité 60 en forme d'anneaux sont disposés autour des embases 61 des aubes pivotantes 7 et logés dans des lamages 62 de l'enveloppe 3 qui contiennent ces lamages 62. Les segments d'étanchéité 60 sont en matériau composite tel que de l'Avimide et ont un millimètre d'épaisseur environ. Leur fonction est d'empêcher que des impuretés contenues dans les gaz de la veine d'écoulement 4 ne se glissent jusqu'aux coussinets 11, qui sont en matériau relativement tendre à faible coefficient de frottement, et ne les détériorent. Les performances de la machine sont donc sauvegardées. Une disposition semblable est possible avec d'autres genres de montage des aubes pivotantes 7 sur l'enveloppe 3.

On se reporte maintenant également à la figure 4 et aux figures 5A et 5B pour continuer la description de la réalisation de la figure 2, mais cette description pourrait être transposée à la réalisation de la figure 1.

Les anneaux de commande 114 sont munis d'un longeron 33 duquel dépasse une console 34 et qui porte une tige 35 orientée en direction radiale, c'est-à-dire parallèlement à l'axe 20. Une douille 36 extérieurement sphérique représentée aux figures 2 et 5 est engagée autour de la tige 35. Elle constitue un joint à rotule avec une couronne 38 qui peut basculer sur elle et comporte donc un bord interne sphérique

et un bord externe cylindrique. La tige 35 est composée d'une portion apparente 35a qui sort de la console 34 et qui reçoit la douille 36 et d'une portion de racine 35b engagée dans un perçage de la console 34. Les deux portions de la tige 35 sont cylindriques mais leurs axes ne sont pas confondus : la tige 35 forme un excentrique grâce auquel on peut quelque peu déplacer la console 34, le longeron 33, et l'anneau de commande 14 pour régler finement le calage des aubes pivotantes 7 sans bouger le levier double 121. Cette opération est faite au cours de réglages périodiques d'entretien de la machine. La portion apparente 35a est pour cela munie de méplats opposés 39 (figure 4) qu'on peut saisir par une clé pour tourner la tige 35. Quand le réglage est fini, un boulon 50 qui traverse entièrement la tige 35 est monté pour la bloquer en rotation contre la console 34 tout en retenant la douille 36 par une rondelle ou une tête de vis.

Le levier double 121 est muni de deux lumières allongées 37 dans chacune desquelles une des couronnes 38 coulisse. Les figures 5A et 5B représentent deux états correspondant aux deux courses extrêmes du levier double 121 pour lesquelles les couronnes 38 arrivent aux extrémités respectives des lumières allongées 37. Ces positions correspondent aux calages extrêmes permis pour les aubes pivotantes 7, dont le débattement angulaire est semblable à celui des biellettes 13.

Un tel système à excentriques et lumières allongées existe aussi sur les leviers simples 21 de l'autre réalisation.

On voit sur la figure 6 que l'enveloppe 3 est composée de viroles et terminées par des systèmes à tenon 40 et mortaise 41 qui permettent d'unir les couronnes les unes aux autres en les juxtaposant en direction axiale. Chaque couronne est associée à un étage d'aubes de stator et comprend donc une région épaissie 12 dans laquelle les axes 8 ou les pivots 10 passent. On voit que ces régions épaissies 12 s'élargissent parfois pour former des bossages 42 taraudés dans lesquels on engage des boulons 43 bien visibles à la figure 1 qui unissent les couronnes au carter 2. Les bossages 42 peuvent d'ailleurs être remplacés par des structures équivalentes telles que des nervures à rebord de bridage 44 pour certains des étages d'aubes.

Les couronnes de l'enveloppe 3 sont avantageusement divisées en secteurs s'étendant chacun sur une portion de circonférence et qui sont donc terminés par des bords transversaux 45 séparés par des jeux 46. Cette disposition, bénéfique pour soulager l'enveloppe 3 des contraintes différentielles de dilatation thermique, implique de rétablir l'étanchéité à ces endroits grâce à des joints à lamelles 47, classiquement employés dans ce domaine technique, qui recouvrent les jeux 46 en enjambant sur des secteurs consécutifs de couronnes et en pénétrant dans des fentes 48 débouchant sur les bords transversaux 45.

D'autres garnitures d'étanchéité, qui peuvent consister en des ressorts à lame ondulée que les tenons 40 compriment au fond des mortaises 41, permettent de compléter l'étanchéité. Ces autres garnitures sont cependant optionnelles et n'ont donc pas été illustrées, d'autant moins qu'elles sont bien connues.

L'invention permet de supprimer d'un coup toutes les fuites dues à l'élargissement de dizaines ou de centaines de paliers 11. L'usure est concentrée sur les paliers 32, qui sont en petit nombre sur la turbomachine et qui ne débouchent pas dans la veine 4 d'écoulement, de sorte que leur usure n'est pas responsable de fuites. Si toutefois le remplacement d'un palier 32 est décidé, il est rapidement mené grâce à leur petit nombre et à leur présence sur le carter 2, en un endroit externe de la turbomachine plus accessible que l'enveloppe 3.

Les efforts résiduels sur les paliers 11 des pivots 10 sont compensés par de petits déplacements des secteurs de couronnes qui ont la liberté de jouer axialement et angulairement grâce aux systèmes à tenon et mortaise 40 et 41 et aux jeux 46, sans que des fuites ou des contraintes ne soient produites. Les paliers 11 ne sont donc pas chargés. Bien entendu, la direction des leviers 21 et 121 est choisie pour que la poussée reçue par les aubes pivotantes 7 soit effectivement transmise par les couronnes 36 auxdits leviers, c'est-à-dire soit sensiblement perpendiculaire à l'axe des lumières allongées 37.

Les parties des mécanismes de commande 15 ou 115 qui sont situées hors des cloches 28 peuvent prendre des formes très différentes de celle qui a été illustrée et sont en réalité indépendantes de l'invention elle-même.

Revendications

1. Stator de turbomachine muni d'aubes pivotantes (7) autour de pivots (10) engagés dans des paliers (11) d'une enveloppe (3), formée de couronnes juxtaposées axialement par des moyens d'assemblage (40, 41) autorisant des déplacements axiaux relatifs des couronnes, délimitant une veine d'écoulement (4) de gaz dans laquelle les aubes (7) s'étendent, un carter (2) entourant l'enveloppe, les pivots étant unis par des biellettes (13, 113) à un anneau ou un secteur d'anneau de commande (14) hors de l'enveloppe (3) et l'anneau de commande (14, 114) étant déplacé par un mécanisme de commande (15, 115), comprenant un axe (20) engagé dans un palier (32) du carter (2), caractérisé en ce que les couronnes sont composées de secteurs angulaires séparés par des jeux (46) que colmatent des joints (47).
2. Stator suivant la revendication 1 caractérisé en ce que l'enveloppe est en matériau composite et

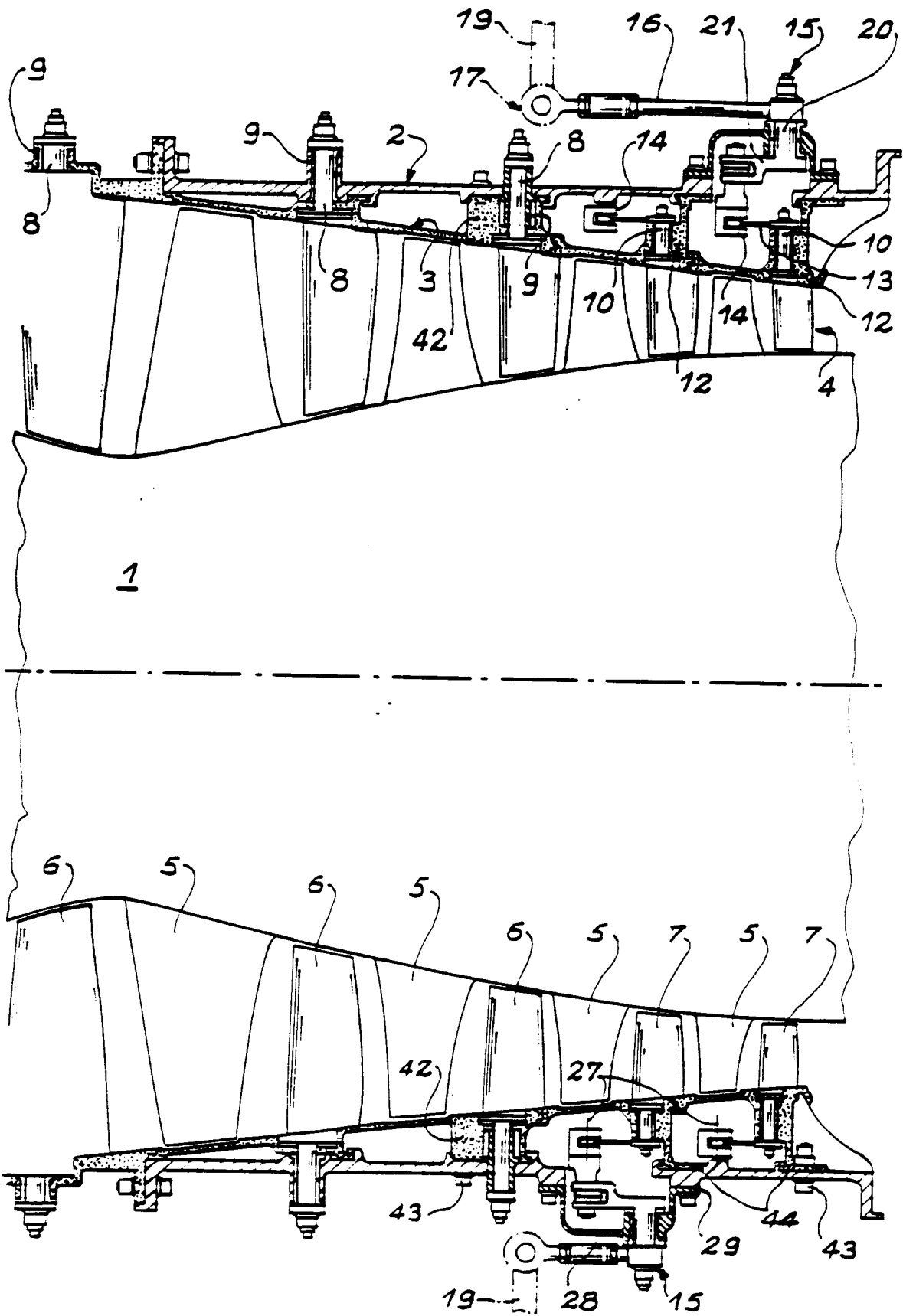
le carter en titane.

3. Stator suivant l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que le mécanisme de commande comprend un levier (21, 121) lié à l'axe (20), le levier étant percé d'une lumière allongée (37) dans laquelle coulisse un organe lié à l'anneau de commande (14, 114). 5
4. Stator suivant la revendication 3, caractérisé en ce que l'organe est formé avec une excentrique (35) de réglage de l'anneau de commande par rapport au levier. 10
5. Stator suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que les aubes pivotantes (7) sont réparties en deux étages commandés chacun par un anneau de commande particulier (114), le mécanisme de commande (115) étant constitué de façon à commander les deux anneaux avec l'axe (20). 15 20
6. Stator suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les aubes pivotantes (7) sont réparties en deux étages commandés chacun par un anneau de commande particulier (14), et en ce qu'il comprend deux mécanismes de commande (15), qui sont associés à un anneau de commande respectif et situés sur des côtés diamétralement opposés du stator. 25 30
7. Stator suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les aubes pivotantes (7) sont réparties en deux étages commandés chacun par une paire de demi-anneaux de commande particuliers (214), et en ce qu'il comprend deux mécanismes de commande (115), situés sur des côtés diamétralement opposés du stator et associés chacun à une paire de demi-anneaux d'étages différents. 35 40

45

50

55



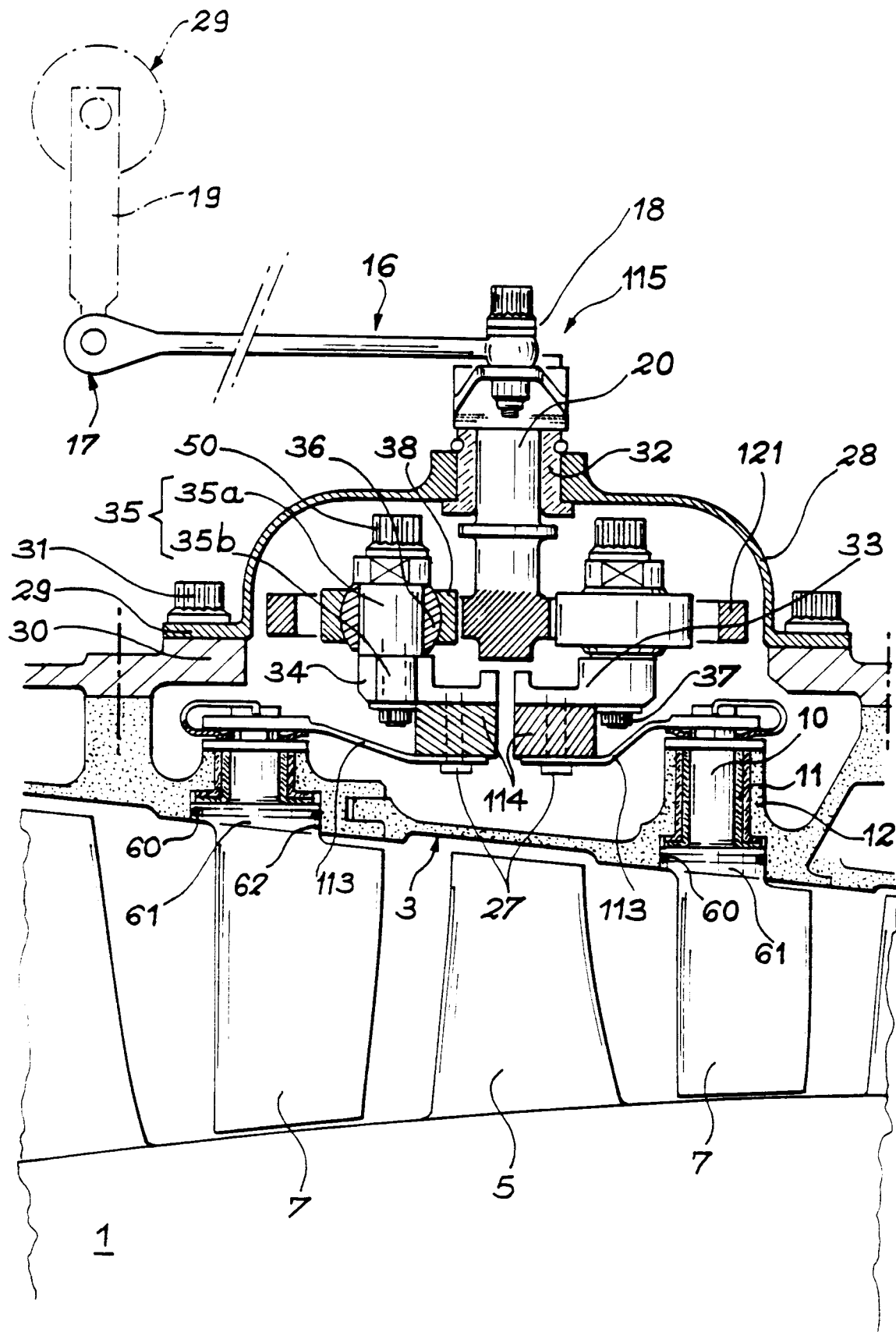
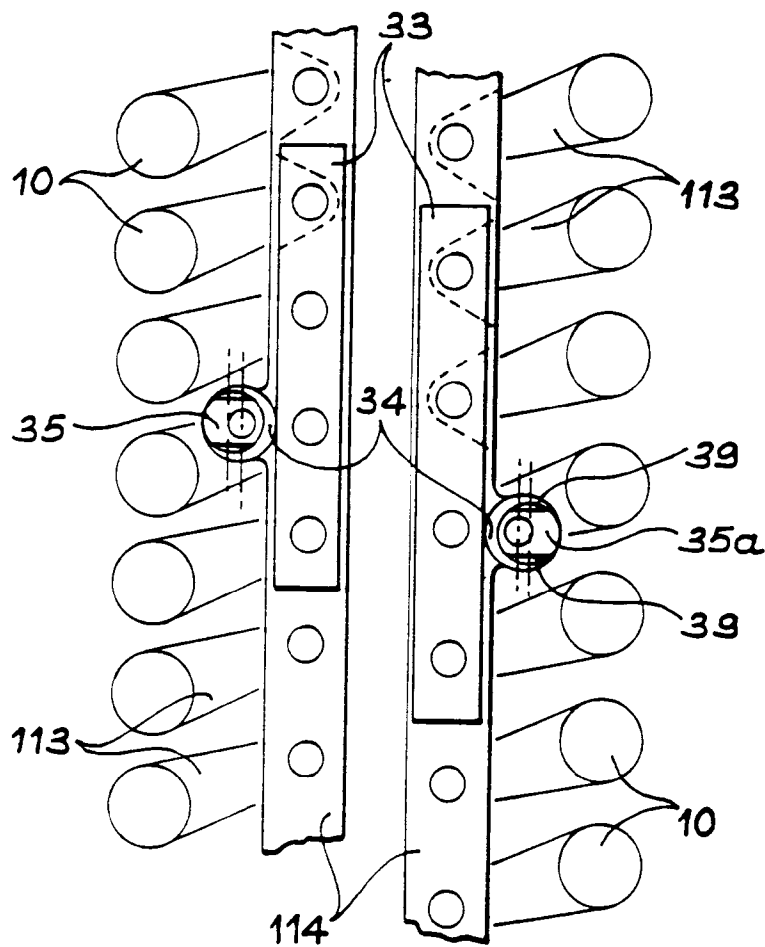
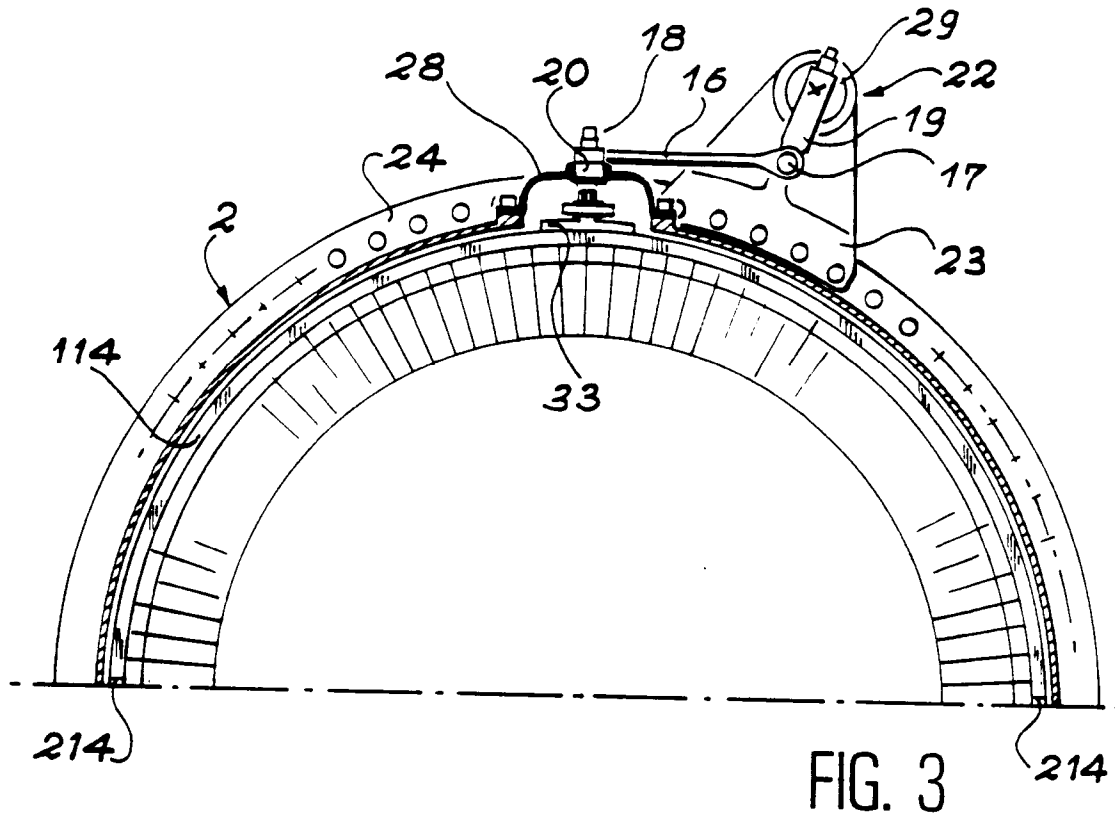
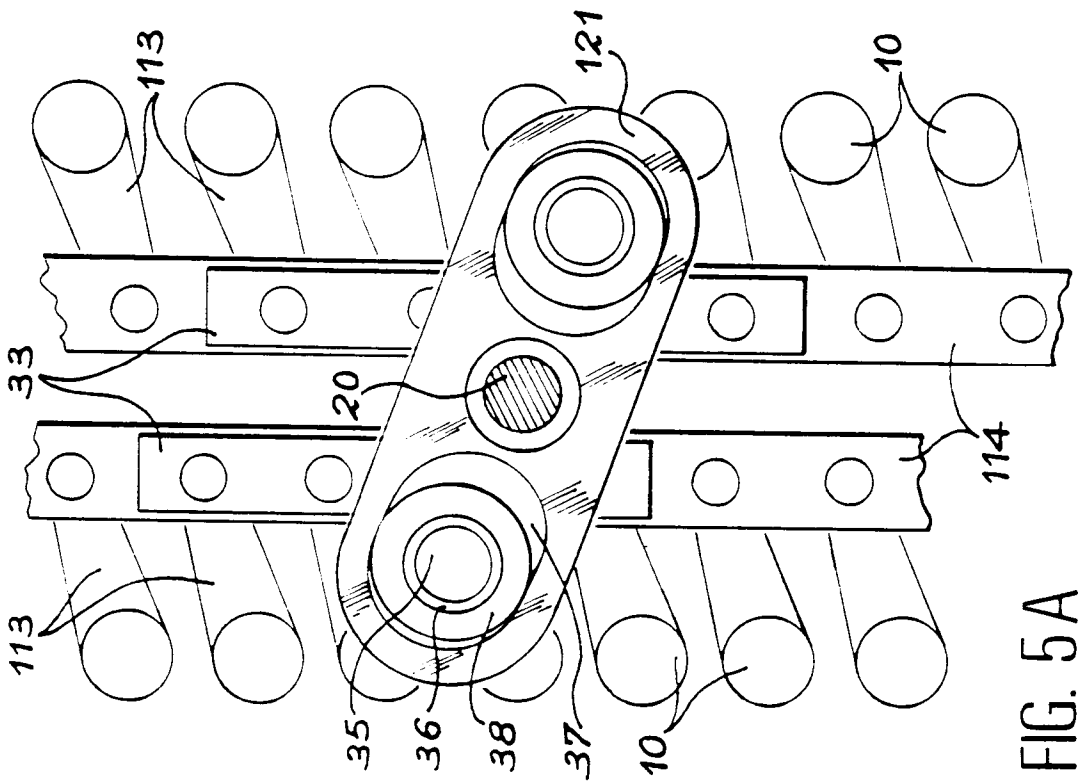
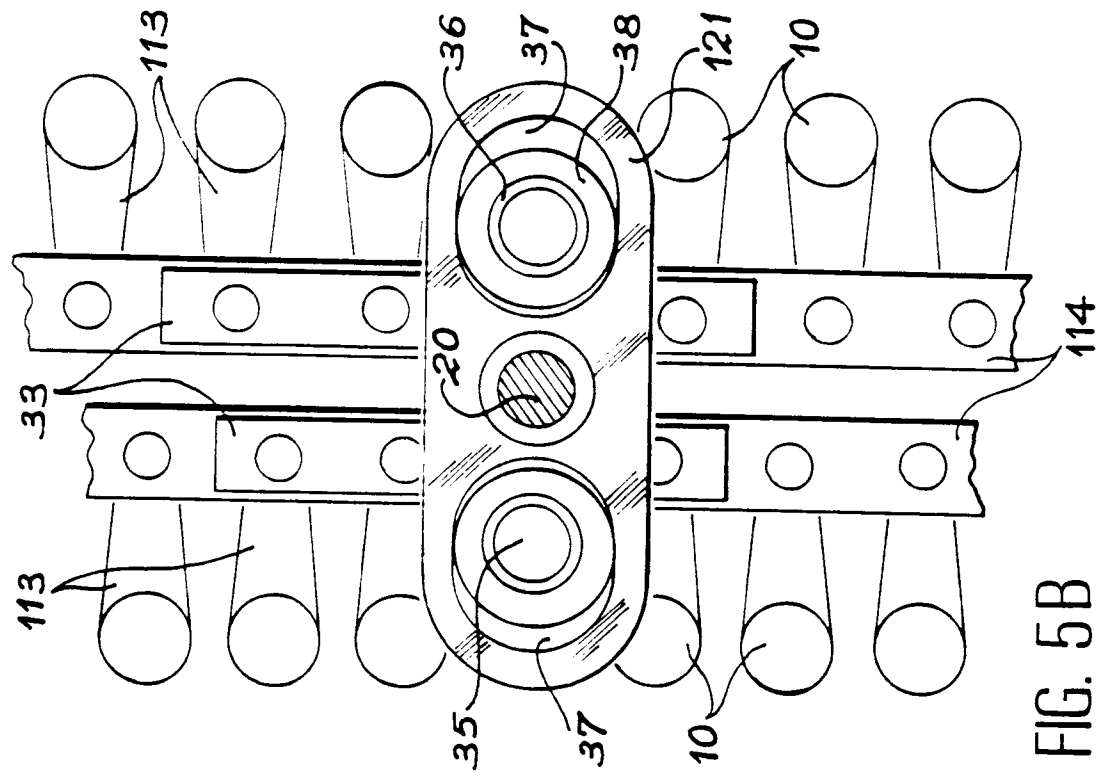


FIG. 2





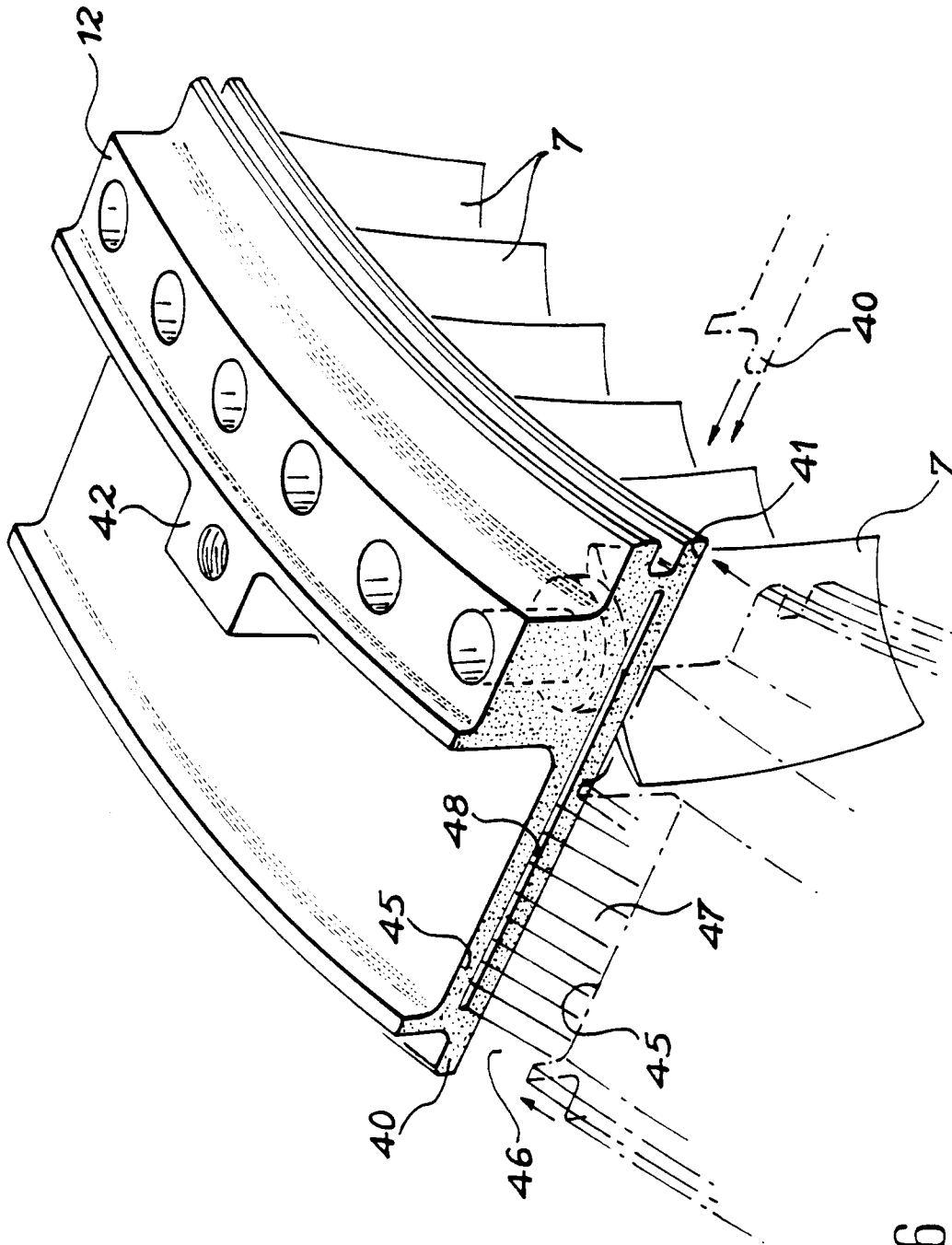


FIG. 6



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 94 40 1719

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.6)
X,Y	FR-A-2 583 820 (SNECMA) * le document en entier * ---	1	F01D17/16
Y	BE-A-623 280 (LICENTIA) * le document en entier * ---	1	
Y	US-A-5 158 430 (UNITED TECHNOLOGIES) * le document en entier * ---	1	
A	US-A-4 755 104 (CASTRO) en particulier fig. 2 * le document en entier * ---	1,3	
A	US-A-2 862 687 (AGUET) * le document en entier * ---	1	
A	GB-A-1 505 858 (THE SECRETARY OF STATE FOR DEFENCE) * le document en entier * ---	1	
A	GB-A-I 466 613 (NISSAN MOTOR COMPANY) * figure 3 * ---	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
A	DE-B-11 36 350 (ENTWICKLUNGSBAU PIRNA) * le document en entier * ---	1,3	F01D
A,D	GB-A-2 254 381 (MTU) -----		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 27 Octobre 1994	Examineur Iverus, D
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04003)