

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **86402303.1**

(51) Int. Cl. 4: **F 04 D 29/68**

(22) Date de dépôt: **15.10.86**

(30) Priorité: **23.10.85 FR 8515737**

(43) Date de publication de la demande:
03.06.87 Bulletin 87/23

(84) Etats contractants désignés: **DE GB IT NL SE**

(71) Demandeur: **ETUDES TECHNIQUES ET
REPRESENTATIONS INDUSTRIELLES E.T.R.I Société
Anonyme**
8 rue Boutard
F-92200 Neuilly-sur-Seine (FR)

(72) Inventeur: **Bridelance, Jean-Pierre**
27 Avenue du Général de Gaulle Lompret
F-59840 Perenchies (FR)

Thonier, Philippe
88-92 rue Philippe de Girard
F-75018 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Bouju, André**
Cabinet Bouju 38 avenue de la Grande Armée
F-75017 Paris (FR)

(54) **Ventilateur équipé de moyens pour réduire le bruit engendré par la rotation des ses pales.**

(57) Le ventilateur comporte une série de pales radiales (3) montées autour d'un moyeu (5) mobile en rotation autour d'un axe (X1-X2) pour déplacer un fluide tel que l'air suivant une direction sensiblement parallèle audit axe, chaque pale (3) présentant dans le sens de déplacement du fluide un bord d'attaque (8) et un bord de fuite (9).

Les moyens pour réduire le bruit du ventilateur comprennent une discontinuité (4) ménagée sur l'extrados (10) de chaque pale (3) et s'étendant sur une partie au moins de l'envergure de celle-ci et ayant une dimension transversale par rapport à l'extrados de la pale (3) au plus égale à l'épaisseur de la couche limite de l'écoulement du fluide le long de l'extrados (10) de la pale (3).

Application notamment aux ventilateurs du type axial plat utilisés pour le refroidissement d'appareils électroniques.

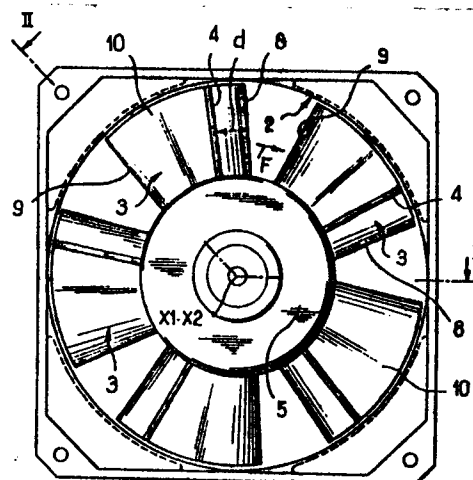


FIG.1

Description

"Ventilateur équipé de moyens pour réduire le bruit engendré par la rotation de ses pales"

La présente invention concerne un ventilateur équipé de moyens pour réduire le bruit engendré par la rotation de ses pales. L'invention est applicable à tout type de ventilateur mais vise plus particulièrement les ventilateurs du type axial plat utilisés pour le refroidissement d'appareils électroniques.

Dans les installations électroniques qui fonctionnent dans des locaux où du personnel travaille de façon permanente, tels que les salles d'ordinateurs, le bruit émis par les ventilateurs indispensables au refroidissement des divers composants électroniques contenus dans les appareils constitutifs des dites installations, représente une source de nuisance notable pour ce personnel dont les conditions de travail se trouvent considérablement affectées.

L'origine des bruits émis par un ventilateur est double. Ces bruits proviennent d'une part du dispositif d'entraînement des pales du ventilateur, c'est-à-dire du moteur et des paliers supportant l'arbre portant ces pales et d'autre part du mouvement imprimé à l'air ou autre fluide par la rotation de ces pales. Dans le premier cas, le bruit est principalement engendré par des chocs ou des mouvements relatifs d'organes mécaniques. On sait assez aisément réduire un tel bruit d'origine mécanique à un niveau tolérable en respectant des tolérances strictes au montage de l'appareil, ce qui limite au minimum nécessaire les jeux entre les divers organes mécaniques.

Dans le second cas, le bruit d'origine aéraulique présente classiquement un spectre de fréquences de large bande lié à la turbulence, auquel se superpose un spectre de raies, d'origine instationnaire, dont la fréquence est reliée à la vitesse de rotation et au nombre de pales du ventilateur. Il est possible de ramener ce bruit à un niveau tolérable en réglant de façon appropriée ces deux paramètres.

Toutefois, lorsque le ventilateur fonctionne à un débit supérieur à celui pour lequel il est aérodynamiquement calculé, il apparaît parfois une émission acoustique supplémentaire sous la forme d'une émergence de fréquences, que l'on nommera par la suite "bruit d'instabilités". Celle-ci est de largeur égale à 1 kHz environ et est généralement située dans une zone de fréquences comprises entre 1 et 4 kHz qui est physiologiquement la plus gênante pour l'oreille humaine. Le niveau de cette émission est très élevé et compris entre + 10 dB et + 20 dB au-dessus de celui du spectre large bande.

Ce bruit d'instabilités est ainsi fréquemment émis par des ventilateurs fonctionnant au voisinage du débit maximum, pour lequel la pression totale est sensiblement nulle, ce qui est le cas de ceux destinés au refroidissement d'appareils électroniques. La normalisation actuelle est de plus pénalisante à cet égard car elle impose un tel point de fonctionnement pour qualifier la bruyance d'un ventilateur.

Une théorie admise jusqu'à présent, donnait pour origine du phénomène d'émergence de fréquences entre 1 et 4 kHz les fluctuations de pression

engendrées sur le bord arrière des pales, par l'air ou autre fluide s'écoulant sous forme tourbillonnaire après avoir été cisailé par celles-ci. On assimilait donc ce phénomène à un "bruit d'allée tourbillonnaire" appelé dans certains cas "son éolien". En conformité avec cette théorie, on a donc suggéré d'aménager des dentelures ou des stries le long du bord arrière ou bord de fuite de chaque pale, comme décrit dans le brevet français 2 277 257. De telles dentelures ou stries ménagées sur le bord de fuite des pales du ventilateur présentent, outre l'inconvénient de déformer le profil des pales et, par conséquent, de dégrader de façon très sensible les performances générales du ventilateur et, en particulier, ses performances aérodynamiques, celui de ne pas supprimer le bruit d'instabilités quel que soit le régime de fonctionnement du ventilateur.

En réalité, il semble que l'origine du bruit d'instabilités se trouve dans la couche de fluide de très faible épaisseur, située directement au contact de l'extrados des pales et dans laquelle la vitesse du fluide est voisine de zéro, que l'on appelle "couche limite".

La demanderesse a constaté que le bruit d'instabilités n'est perçu que lorsque le débit du ventilateur est supérieur au débit nominal pour lequel il a été calculé et que si la couche limite de l'écoulement du fluide le long de l'extrados des pales est de nature laminaire, ce qui se produit si le profil aérodynamique des pales est optimisé. On obtient ainsi de très bonnes performances de fonctionnement lorsque le débit du ventilateur est voisin du débit nominal pour lequel il est calculé mais paradoxalement un bruit d'instabilités apparaît aux débits supérieurs.

Le document FR-A-2 282 548 décrit une pale perfectionnée pour machine à pales tournant dans un fluide, notamment un ventilateur axial. Selon ce document, la pale est pourvue d'un relief sur sa surface se trouvant en dépression lors du fonctionnement du ventilateur, ce relief assurant un écoulement centrifuge du fluide et évitant ainsi les décollements de ce fluide le long de cette surface générateurs de bruit en fonctionnement. Le document FR-A-2 282 548 ne fait pas allusion au bruit d'instabilités et en outre, à l'inverse, la multiplicité des obstacles répartis sur la pale ne peut que détériorer son profil et diminuer ses performances, aussi bien aérodynamiques qu'acoustiques.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients ci-dessus, c'est-à-dire réduire à néant le bruit d'instabilités, d'origine aéraulique, émis par un ventilateur quel que soit le régime de fonctionnement choisi et sans altérer aucunement les performances aérodynamiques dudit ventilateur.

Suivant l'invention, un ventilateur à niveau de bruit réduit, en particulier du type axial plat tel que ceux utilisés pour le refroidissement d'appareils électroniques, comportant une série de pales radiales, montées sur un moyeu axial, mobile en rotation autour d'un axe pour déplacer un fluide tel que de l'air suivant une direction sensiblement parallèle

audit axe, chaque pale présentant dans le sens de déplacement du fluide un bord d'attaque et un bord de fuite et des moyens pour réduire le bruit d'instabilités engendré lors de la rotation des pales à un débit du ventilateur supérieur à son débit nominal, est caractérisé en ce que les moyens pour réduire ce bruit comprennent une discontinuité ménagée sur l'extrados de chaque pale, s'étendant sur une partie au moins de la hauteur de celle-ci et ayant une dimension transversale par rapport à l'extrados de la pale au plus égale à l'épaisseur de la couche limite de l'écoulement du fluide le long de l'extrados de la pale.

Ainsi la discontinuité n'agit que sur le comportement intime de la couche limite en transformant celle-ci de laminaire en turbulente.

On supprime alors de façon surprenante le phénomène d'émergence de fréquences comprises entre 1 et 4 kHz sans altérer les qualités aérodynamiques du ventilateur quel que soit le débit de fonctionnement.

Selon une version préférée de réalisation, la discontinuité ménagée sur l'extrados de chaque pale du ventilateur est formée par une protubérance qui peut être soit un élément rapporté tel qu'un fil métallique rigide fixé par exemple par collage sur l'extrados de la pale soit venir de matière avec la pale, c'est-à-dire moulée d'une seule pièce avec celle-ci. Il a été prouvé empiriquement que, selon les caractéristiques géométriques des pales et la vitesse de rotation du ventilateur, on obtenait une réduction optimale du bruit d'instabilités lorsque la discontinuité était placée à une distance comprise entre 20% et 60% de la longueur de la corde de la pale et lorsque la dimension transversale de cette discontinuité par rapport à l'extrados de la pale était comprise entre 0,5% et 1,5% de la longueur de la corde de la pale.

De préférence, la discontinuité formée avantageusement par une protubérance, s'étend sur toute l'envergure de la pale et est sensiblement parallèle au bord d'attaque de celle-ci.

Selon une variante de réalisation, la discontinuité est une rainure dont les caractéristiques sont de préférence identiques à celle de la protubérance précitée. On obtient de même, grâce à cette rainure, une réduction optimale du bruit d'instabilités.

D'autres particularités de l'invention résulteront encore de la description qui va suivre.

Aux dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs:

. la figure 1 est une vue de face d'un ventilateur selon l'invention;

. la figure 2 est une vue en coupe suivant II-II de la figure 1, la pale ayant été extraite du cadre;

. la figure 3 est une vue en coupe à échelle agrandie suivant le plan III-III d'une pale du ventilateur de la figure 2;

. les figures 4 et 5 sont des vues en coupe partielle d'une pale qui illustrent des variantes selon l'invention.

Dans la réalisation des figures 1 et 2, le ventilateur de type axial plat comporte un cadre extérieur 2, à l'intérieur duquel une série de pales radiales 3 est montée sur un moyeu 5 entraîné en rotation suivant

la flèche F autour d'un axe X1-X2 par un moteur électrique 6 (voir figure 2) pour déplacer un fluide tel que de l'air suivant une direction sensiblement parallèle audit axe. Chaque pale 3 présente dans le sens de déplacement du fluide un bord d'attaque 8 et un bord de fuite 9 et une discontinuité 4 ménagée sur l'extrados 10 de chaque pale 3, c'est-à-dire la face tournée du côté de l'aspiration du fluide et s'étendant sur toute la hauteur de celle-ci de manière sensiblement parallèle au bord d'attaque 8 de la pale 3. Cette discontinuité 4 a pour but de réduire le bruit engendré lors de la rotation des pales 3.

Dans l'exemple illustré par les figures 1 à 3, la discontinuité 4 est une protubérance de section semi-circulaire venue de matière par moulage avec la pale 3, située à une distance d du bord d'attaque 8 de la pale 3 égale à environ 30% de la longueur de la corde 15 de la pale 3 et dont l'épaisseur est inférieure à l'épaisseur de la couche limite 7 (voir figure 3) de l'écoulement du fluide le long de l'extrados 10 de la pale 3. Suivant la forme, la structure et la vitesse des pales 3, la distance d peut varier entre 20 et 60% de la longueur de la corde 15 de chaque pale 3.

La demanderesse a constaté de manière surprenante que la présence de la protubérance 4 permettait de supprimer complètement le phénomène de bruit d'instabilités évoqué dans l'introduction de la présente description, en modifiant la nature de la couche limite 7 engendrée par l'écoulement du fluide le long de l'extrados 10 lors de la rotation de la pale 3. En effet, il a été constaté que ce bruit d'instabilités n'était perçu que lorsque cette couche limite 7 qui est une couche de fluide de faible épaisseur située directement au contact de l'extrados 10 de la pale 3 et dans laquelle la vitesse du fluide est presque nulle, est de nature laminaire. La protubérance 4 rend la couche limite 7 de nature turbulente ce qui tend à supprimer le bruit d'instabilités sans altérer les caractéristiques aérodynamiques du ventilateur, compte tenu des faibles dimensions de cette protubérance.

On a constaté en outre que la position et l'épaisseur optimales de la protubérance 4 étaient fonction des caractéristiques de chaque pale 3, plus particulièrement de la longueur de leur corde 15. En effet, les meilleurs résultats sont obtenus lorsque l'épaisseur de la protubérance 4 est comprise entre 0,5% et 1,5% de la longueur de la corde 15 de la pale 3.

Selon une variante illustrée par la figure 4, deux discontinuités formées chacune par un fil métallique rigide 12 collé sur la pale 3 ou fixé par engagement de l'une de ses extrémités dans le moyeu 5 portant les pales 3 du ventilateur sont ménagées respectivement sur l'intrados 11 et sur l'extrados 10 de la pale 3. Cette réalisation qui donne des résultats sensiblement identiques à celle décrite ci-dessus, quant à la réduction du bruit d'instabilités, présente l'avantage d'être simple à appliquer à des ventilateurs existants dont les pales présentent une surface lisse.

Selon une autre variante illustrée par la figure 5, la discontinuité ménagée sur l'extrados 10 de chaque pale 3 est formée par une rainure 13 de section

semi-circulaire dont la situation géométrique sur la pale 3 et la dimension transversale par rapport à l'extrados de celle-ci sont de préférence les mêmes que celles de la protubérance décrite à la figure 3. Cette rainure 13 permet également de supprimer le bruit d'instabilités évoqué plus haut.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits ci-dessus et on peut y apporter des modifications sans sortir du cadre de l'invention.

Ainsi la discontinuité pourrait ne s'étendre que sur une partie de l'envergure de la pale 3. Elle pourrait également être inclinée par rapport au bord d'attaque 8 de chaque pale 3. Elle pourrait aussi avoir une forme quelconque pourvu que sa dimension transversale par rapport à l'extrados 10 de la pale 3 soit inférieure à l'épaisseur de la couche limite 7.

Revendications

1. Ventilateur à niveau de bruit réduit, en particulier du type axial plat tel que ceux utilisés pour le refroidissement d'appareils électroniques, comportant une série de pales radiales (3) montées sur un moyeu (5) mobile en rotation autour d'un axe (X1-X2) pour déplacer un fluide tel que de l'air suivant une direction sensiblement parallèle audit axe, chaque pale (3) présentant dans le sens de déplacement du fluide un bord d'attaque (8) et un bord de fuite (9) et des moyens pour réduire le bruit d'instabilités engendré lors de la rotation des pales à un débit du ventilateur supérieur à son débit nominal, caractérisé en ce que les moyens pour réduire le bruit d'instabilités comprennent une discontinuité (4, 12, 13) ménagée sur l'extrados 10 de chaque pale (3) et s'étendant sur une partie au moins de l'envergure de celle-ci et ayant une dimension transversale par rapport à l'extrados de la pale (3) au plus égale à l'épaisseur de la couche limite (7) de l'écoulement du fluide le long de l'extrados (10) de la pale (3).

2. Ventilateur conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que la discontinuité (4, 12, 13), s'étend sur toute l'envergure de la pale (3).

3. Ventilateur conforme à l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la discontinuité (4, 12, 13), ménagée sur l'extrados 10 de chaque pale (3) du ventilateur est sensiblement parallèle au bord d'attaque (8) de la pale (3).

4. Ventilateur conforme à l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la discontinuité (4, 12, 13), est placée à une distance du bord d'attaque (8) de la pale (3) comprise entre 20 et 60% de la longueur de la corde (15) de celle-ci.

5. Ventilateur conforme à l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la dimension transversale de la discontinuité (4, 12, 13) par rapport à l'extrados de la pale (3) est comprise entre 0,5 et 1,5% de la longueur de la

corde (15) de la pale (3).

6. Ventilateur conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la discontinuité (4) est formée par une protubérance.

7. Ventilateur conforme à la revendication 6, caractérisé en ce que la discontinuité est un fil métallique (12) rigide collé sur l'extrados (10) de la pale (3).

8. Ventilateur conforme à la revendication 6, caractérisé en ce que la discontinuité (4) est un fil métallique rigide (12) fixé par engagement de l'une de ses extrémités dans le moyeu (5) du ventilateur.

9. Ventilateur conforme à la revendication 6, caractérisé en ce que la discontinuité est une protubérance (4) venue de matière avec la pale (3).

10. Ventilateur conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la discontinuité ménagée sur l'extrados (10) de chaque pale (3) du ventilateur est une rainure (13).

11. Ventilateur conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'une discontinuité (12) est également ménagée sur l'intrados (11) de chaque pale (3) du ventilateur.

0224398

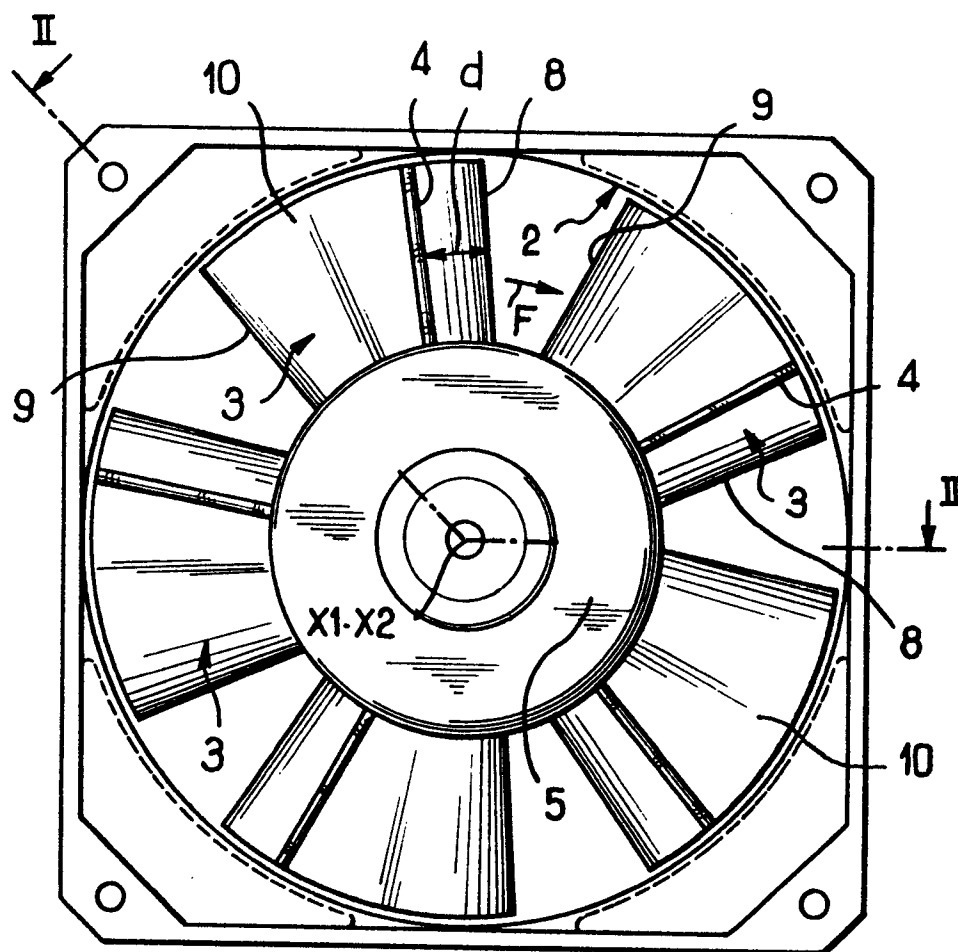


FIG. 1

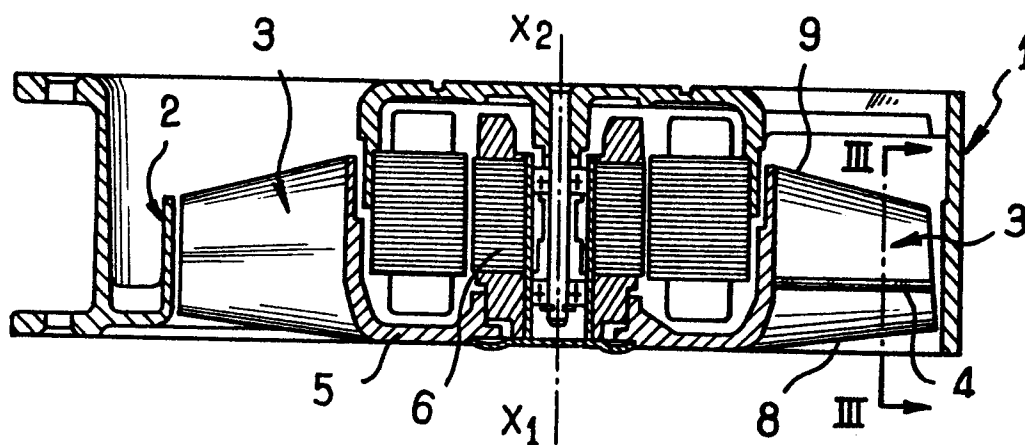


FIG. 2

FIG. 3

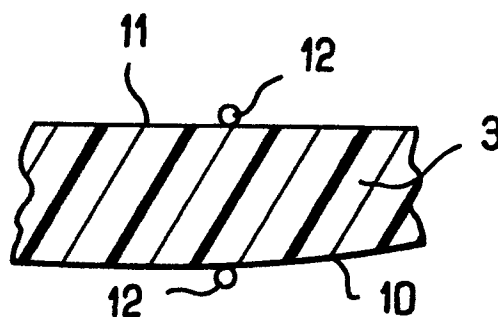
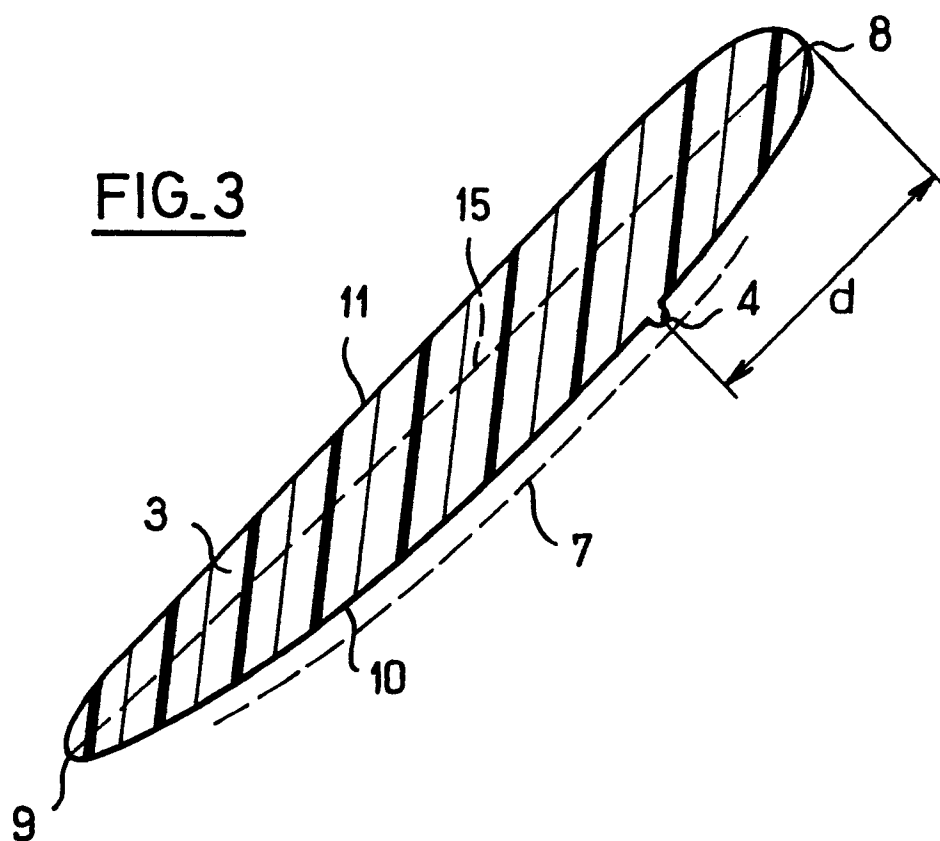


FIG. 4

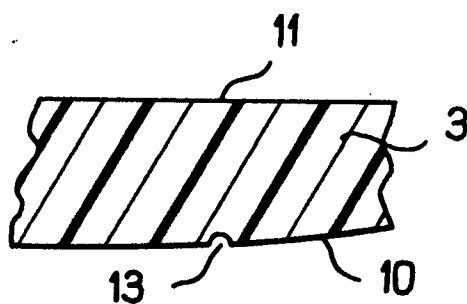


FIG. 5



EP 86 40 2303

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.4)
Y	US-A-3 014 640 (BARNEY) * Colonne 2, lignes 19-31; figure 11; colonne 3, lignes 27-65 *	1,2,3,6	F 04 D 29/68
A		4,5,9	
Y	--- EP-A-0 132 638 (MOTOREN-UND TURBINEN-UNION) * Page 5; page 6, alinéa 1; page 8, dernier alinéa; page 9, alinéa 1; figures 1,2; page 10, lignes 2-4, dernier alinéa; figure 3 *	1,2,3,6	
A		4,5,7	
Y	--- FR-A-2 282 548 (LIBER) * Page 2, lignes 5-22; figure 1 *	1,2,3,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4) F 04 D 29/00
Y	--- GB-A- 750 305 (ROLLS-ROYCE) * Page 1, ligne 26 - page 2, ligne 36; figures *	1,2,3,10	
A	-----	11	
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 05-02-1987	Examineur KAPOULAS T.
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	