

(19)



(11)

EP 1 996 818 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
05.03.2014 Bulletin 2014/10

(51) Int Cl.:
F04D 29/38 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **07726892.8**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2007/052401

(22) Date de dépôt: **14.03.2007**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2007/107489 (27.09.2007 Gazette 2007/39)

(54) **HELICE DE VENTILATEUR, EN PARTICULIER POUR VEHICULES AUTOMOBILES**

LÜFTERPROPELLER, INSBESONDERE FÜR KRAFTFAHRZEUGE

FAN PROPELLER, IN PARTICULAR FOR MOTOR VEHICLES

(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**

(30) Priorité: **23.03.2006 FR 0602510**

(43) Date de publication de la demande:
03.12.2008 Bulletin 2008/49

(73) Titulaire: **Valeo Systèmes Thermiques
78321 Le Mesnil St Denis Cedex (FR)**

(72) Inventeurs:
• **MOREAU, Stéphane**
F-75004 Paris (FR)
• **LEVASSEUR, Antoine**
F-78180 Montigny-le-Bretonneux (FR)
• **LEVASSEUR, Aurélien**
F-78990 Elancourt (FR)

• **HENNER, Manuel**
F-78610 Auffargis (FR)
• **DEMORY, Bruno**
F-95490 Vaureal (FR)
• **LEBERT, Cédric**
F-92800 Puteaux (FR)

(74) Mandataire: **Gavin, Pablo**
Valeo Systèmes Thermiques
8, Rue Louis Lormand
La Verrière
BP 517
78321 Le Mesnil Saint-Denis Cedex (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 690 236 WO-A-02/059484
BE-A- 509 627 GB-A- 2 362 927
NL-C2- 1 019 437 US-A1- 2005 232 778

EP 1 996 818 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne une hélice de ventilateur comprenant un moyeu et des pales s'étendant radialement vers l'extérieur à partir du moyeu, les pales ayant une section transversale aplatie à profil en aile d'avion avec un bord d'attaque et un bord de fuite entre lesquels est définie une corde.

[0002] De telles hélices sont utilisées notamment pour le refroidissement du moteur d'entraînement de véhicules automobiles, l'hélice produisant un flux d'air à travers un échangeur de chaleur, à savoir le radiateur de refroidissement du moteur d'entraînement.

[0003] Le moyeu de l'hélice, appelé aussi « bol », est propre à être calé sur l'arbre d'un moteur, pouvant être un moteur électrique piloté par une électronique de commande.

[0004] L'expression « section transversale aplatie » entend désigner ici la courbe fermée plane obtenue en coupant la pale par une surface cylindrique de révolution autour de l'axe de l'hélice, et en déroulant à plat cette surface cylindrique. La corde est alors définie comme le segment de droite reliant le bord d'attaque et le bord de fuite.

[0005] Dans le cas où une telle hélice est utilisée pour le refroidissement d'un moteur de véhicule automobile, elle se trouve placée soit en avant soit en arrière du radiateur servant au refroidissement du moteur.

[0006] La conception de ces hélices pose de nombreux problèmes en pratique lorsque l'on cherche à améliorer leurs performances aérauliques et acoustiques.

[0007] Les hélices de ventilateur sont généralement réalisées par moulage d'une matière plastique. Pour diminuer les coûts de fabrication, il est habituel de réaliser les pales de l'hélice sous la forme d'un profil en aile d'avion d'épaisseur aussi faible que possible.

[0008] Par ailleurs, la plupart des hélices de ventilateur connues ont une profondeur axiale importante pour permettre de diminuer les charges qui s'exercent sur les pales et par conséquent le bruit généré par le ventilateur.

[0009] Les hélices à pales minces sont compatibles avec une diminution de l'encombrement axial, mais sont cependant mieux adaptées au refroidissement de moteurs de véhicules automobiles dans le cas où l'hélice se situe à une distance importante (typiquement de plusieurs centimètres) par rapport au faisceau du radiateur de refroidissement.

[0010] Compte tenu du fait que la place disponible dans le compartiment moteur des véhicules automobiles est souvent très limité, il est souhaitable non seulement de disposer d'hélices d'encombrement réduit dans la direction axiale, mais aussi de pouvoir réduire la distance entre l'hélice et le faisceau du radiateur de refroidissement.

[0011] Or, les hélices à pales minces, comme enseignées par exemple par FR-A-2 781 843 et US 2005/232778, voient leurs performances aérauliques et acoustiques dégradées lorsqu'elles se trouvent à une

distance proche du faisceau d'un échangeur de chaleur, par exemple d'un radiateur de refroidissement. Cette dégradation est due principalement aux perturbations engendrées par la forte turbulence issue des échangeurs de chaleur. L'expression "distance proche" entend désigner ici une distance qui est typiquement de l'ordre de 1 cm.

[0012] L'invention vient apporter une solution à ces problèmes.

[0013] Elle propose à cet effet une hélice de ventilateur du type défini précédemment, dans laquelle la pale présente une épaisseur relative qui atteint sa valeur maximale dans le premier quart de la longueur de la corde en partant du bord d'attaque, l'épaisseur relative étant définie par le rapport entre l'épaisseur de la pale et la longueur de la corde.

[0014] La pale présente son épaisseur maximale dans le premier quart de la corde en partant du bord d'attaque. Par ailleurs, il est avantageux que cette épaisseur relative maximale soit d'au moins 12 %.

[0015] On réalise ainsi une hélice de ventilateur dont les pales sont beaucoup plus épaisses dans la région qui suit immédiatement le bord d'attaque (dans le premier quart de la longueur de la corde).

[0016] Il a été constaté qu'un tel profil de pale permet d'améliorer les performances aérauliques et acoustiques spécialement dans le cas où l'hélice se trouve à proximité immédiate du faisceau d'un échangeur de chaleur, ce qui permet d'optimiser les performances du ventilateur tout en limitant l'encombrement axial de l'ensemble du ventilateur et de l'hélice. Autrement dit, la pale de l'hélice de l'invention présente un profil plus massif, du type bulbe, dans la région qui suit immédiatement le bord d'attaque.

[0017] Selon une autre caractéristique de l'invention, le bord d'attaque présente un rayon de courbure le plus grand possible. Ceci contribue à donner au profil de la pale une forme en bulbe dans la région qui suit le bord d'attaque.

[0018] Selon encore une autre caractéristique de l'invention, le profil en aile d'avion présente une ligne moyenne (fibre neutre) sans point d'inflexion.

[0019] En outre, il est avantageux que le profil en aile d'avion comporte un intrados présentant une inversion de courbure. Cette caractéristique permet notamment de limiter les perturbations et le bruit engendrés par le bord de fuite.

[0020] Dans un mode de réalisation préféré, les extrémités radialement extérieures des pales sont reliées entre elles par une virole.

[0021] Cependant, il entre également dans le cadre de l'invention de réaliser une hélice dans laquelle les extrémités précitées sont libres.

[0022] Dans la description qui suit, faite seulement à titre d'exemple, on se réfère aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue de face d'une hélice de ven-

tilateur selon l'invention ;

- la figure 2 est une vue de profil de l'hélice de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue en perspective, partiellement en coupe, de l'hélice des figures 1 et 2 montrant le profil non développé d'une pale obtenu en coupant la pale par une surface cylindrique de révolution autour de l'axe de l'hélice ;
- la figure 4 représente à échelle agrandie le profil aplati de la pale, tel qu'obtenu à partir du profil non-développé de la figure 3 ;
- la figure 5 est un schéma explicatif d'un profil de pale, de manière générale ;
- la figure 6 est un graphique montrant des courbes de niveau de pression acoustique et de rendement (efficacité) d'une hélice selon l'invention en fonction de l'emplacement de l'épaisseur maximale du profil par rapport à la longueur de la corde ; et
- la figure 7 est un graphique montrant des courbes de niveau de pression acoustique et de rendement (efficacité) d'une hélice selon l'invention, pour une épaisseur relative maximale donnée.

[0023] L'hélice 10 telle que représentée sur les figures 1 à 3 comprend une multiplicité de pales 12, ici au nombre de neuf, qui s'étendent généralement radialement à partir d'un moyeu central 14, encore appelé "bol", et reliées entre elles, à la périphérie de l'hélice, par une virole 16. Le moyeu, les pales et la virole, sont formés d'une seule pièce par moulage, en particulier d'une matière plastique.

[0024] Le moyeu 14 présente une paroi cylindrique de révolution 18 à laquelle se raccordent les pieds des pales 12 et une paroi frontale plane 20 tournée vers l'amont, par rapport au sens du flux d'air produit par la rotation de l'hélice. Le sens de rotation de l'hélice est désigné par la flèche F sur les figures 1 et 3.

[0025] Dans la paroi frontale 20 est aménagé un trou 22 pour permettre de caler l'hélice sur un arbre d'entraînement (non représenté) relié à un moteur électrique (non représenté).

[0026] Les pales 12 sont généralement identiques et ont une forme généralement incurvée depuis la paroi 18 du moyeu 14 jusqu'à la virole 16.

[0027] On se réfère maintenant plus particulièrement aux figures 3 et 4 pour décrire la configuration d'une pale 12 de l'hélice dont on a représenté la section transversale circulaire non développée sur la figure 3 et la section transversale aplatie sur la figure 4. On désigne ici par l'expression "section transversale aplatie" la courbe fermée plane obtenue en coupant la pale par une surface cylindrique de révolution autour de l'axe de l'hélice (voir la figure 3), et en déroulant à plat cette surface cylindrique

(voir la figure 4).

[0028] Comme on le voit sur les figures 3 et 4, la section transversale de la pale présente un profil général en aile d'avion avec un bord d'attaque 24 et un bord de fuite 26. Par l'expression « profil en aile d'avion », on entend désigner ici un profil aérodynamique avec des bords d'attaque et de fuite arrondis à contour sans angle saillant et/ou une épaisseur qui varie de manière continue.

[0029] En considérant le profil aplati de la figure 4, on voit que la corde 28, c'est-à-dire le segment de droite qui s'étend entre le bord d'attaque 24 et le bord de fuite 28, est inclinée d'un angle aigu θ par rapport à un plan radial P, c'est-à-dire un plan perpendiculaire à l'axe de l'hélice. Cet angle aigu θ varie généralement sur la longueur de la pale, depuis le pied de la pale qui est fixé au moyeu jusqu'à la tête de la pale qui est fixée à la virole.

[0030] La longueur de la corde 28, comprise entre le bord d'attaque 24 et le bord de fuite 26, présente une valeur L qui est reportée sur la figure 4.

[0031] Pour faciliter la compréhension de la suite, on se réfère maintenant à la figure 5 qui illustre de manière générale un profil de pale, non conforme à l'invention. La figure 5 montre la section transversale aplatie de la pale, selon la définition précédente, qui présente un profil en aile d'avion. La corde C du profil s'étend entre le bord d'attaque BA et le bord de fuite BF et possède une longueur L. L'aile possède une surface supérieure Ext ("extrados") et une surface inférieure Int ("intrados"). Le profil comporte une ligne moyenne LM, encore appelée "fibre neutre", qui s'étend sensiblement à mi-distance entre l'intrados et l'extrados.

[0032] L'épaisseur E de la pale est définie par rapport à un cercle dont le centre est situé sur la ligne moyenne (fibre neutre) et qui vient en contact avec l'intrados et l'extrados. Les points de tangence P_1 et P_2 du cercle avec respectivement l'extrados et l'intrados délimitent un segment de droite qui définit l'épaisseur E aux points considérés. Sur la figure 5 on a représenté plusieurs cercles de ce type en différents endroits le long de la ligne moyenne. On voit que le diamètre du cercle, qui correspond à l'épaisseur E, varie en fonction de la position du centre le long de la ligne moyenne. À partir de là, on peut définir également une épaisseur relative E_{rel} comme étant le rapport entre l'épaisseur E du profil et la longueur L de la corde.

[0033] Ces rappels étant faits, on revient maintenant à la figure 4. On voit que le profil du type aile d'avion présente une épaisseur généralement plus importante que les profils analogues de la technique antérieure (voir en particulier FR-A-2 781 843). Dans l'invention, la pale présente une épaisseur relative E_{rel} qui atteint sa valeur maximale E_{max} dans le premier quart de la longueur de la corde en partant du bord d'attaque 24. Cette épaisseur relative maximale E_{max} est d'au moins 12 %. Selon l'invention, elle peut présenter une valeur allant jusqu'à 20 %, et qui le plus souvent sera de l'ordre de 15 %. Il en résulte que le profil présente, du côté du bord d'attaque, une forme caractéristique en bulbe, c'est-à-dire une for-

me plus massive que dans le cas des pales de la technique antérieure. Pour favoriser cette forme en bulbe, le bord d'attaque 24 présente un rayon de courbure le plus grand possible.

[0034] Par ailleurs, le bord de fuite 26 présente une épaisseur aussi faible que possible. Cela signifie que, après la zone où l'épaisseur est maximale, l'extrados 30 et l'intrados 32 se rapprochent progressivement l'un de l'autre. Dans l'exemple, l'intrados 32 présente une inversion de courbure, ce qui permet de réduire l'épaisseur de la pale à mesure que l'on s'approche du bord de fuite 26.

[0035] On remarque sur les figures 3 et 4 que, en partant du bord d'attaque, l'épaisseur croît de manière continue jusqu'à $E_{\max}$ puis décroît de manière continue jusqu'au bord de fuite.

[0036] Le fait d'avoir l'épaisseur la plus importante dans le premier quart de la longueur de la corde, en partant du bord d'attaque 24, permet de réduire le bruit généré par les turbulences de l'air lorsque l'hélice est située à proximité immédiate d'un échangeur de chaleur, c'est-à-dire à une distance qui peut être typiquement de l'ordre de 1 cm pour un radiateur standard de refroidissement d'un moteur de véhicule automobile.

[0037] De plus, le fait de réduire l'épaisseur du profil au niveau du bord de fuite 26 permet aussi de limiter les perturbations et le bruit engendrés par le bord de fuite du profil:

La ligne moyenne LM ou fibre neutre est sans point d'inflexion. Elle est de préférence donnée par une formule polynomiale, comme enseignée par la publication FR-A-2 781 843, déjà citée.

[0038] On se réfère maintenant à la figure 6 qui montre les variations du niveau de pression acoustique NPA (exprimé en décibels) ainsi que la variation du rendement ou efficacité R (exprimé en pourcentage) en fonction de la position de l'épaisseur maximale relative $E_{\max}$ par rapport à la longueur de la corde. On a identifié en abscisse les points qui correspondent respectivement au quart, à la moitié, aux trois quarts et à la totalité de la longueur L. On voit que la courbe correspondant au rendement ou efficacité (représentée en trait interrompu) présente un sommet dans la région qui correspond sensiblement à L/4. La courbe correspondant au niveau de pression acoustique (représentée en trait continu) est une courbe croissante qui tend vers une valeur asymptotique à partir de L/2. À la valeur L/4, le rendement atteint déjà une valeur significative.

[0039] On comprend par conséquent que, en plaçant la valeur de l'épaisseur maximale, dans le premier quart de la longueur de la corde, sensiblement dans la région correspondant à L/4, on a à la fois une efficacité maximale et un niveau de bruit particulièrement acceptable.

[0040] La figure 7 est une représentation analogue, la différence étant que l'épaisseur maximale figure en abscisse. On voit que le rendement ou efficacité (courbe en

trait interrompu) présente un sommet dans la position correspondant sensiblement à 12 %. Par ailleurs, le niveau de pression acoustique diminue et atteint des valeurs acceptables entre 12 % et 20 %. Ceci montre que pour des valeurs de $E_{\max}$ comprises entre 12 % et 20 %, le niveau de pression acoustique est particulièrement bas. Par contre, l'efficacité est la plus grande lorsque l'on est proche de la valeur de 12 %. Elle tend ensuite à décroître à mesure que l'on approche de la valeur de 20 %.

[0041] La comparaison des deux figures précédentes montre l'intérêt d'avoir une épaisseur relative qui atteint sa valeur maximale dans le premier quart de la longueur de la corde en partant du bord d'attaque.

[0042] L'invention trouve une application particulière aux hélices de refroidissement des moteurs de véhicule automobile.

Revendications

1. Hélice de ventilateur pour le refroidissement du moteur d'entraînement d'un véhicule automobile comprenant un moyeu (14) et des pales (12) s'étendant radialement vers l'extérieur à partir du moyeu, les pales ayant une section transversale aplatie à profil en aile d'avion avec un bord d'attaque (24) et un bord de fuite (26) entre lesquels est définie une corde (28), **caractérisée en ce que** la pale (12) présente une épaisseur relative (E_{rel}) qui atteint sa valeur maximale ($E_{\max}$) dans le premier quart de la longueur de la corde (28) en partant du bord d'attaque (24), l'épaisseur relative étant définie par le rapport entre l'épaisseur (E) de la pale et la longueur (L) de la corde (28) et **en ce que** l'épaisseur relative maximale ($E_{\max}$) est comprise entre 12% et 20%.
2. Hélice de ventilateur selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'épaisseur relative maximale ($E_{\max}$) est de l'ordre de 15%.
3. Hélice de ventilateur selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisée en ce que** le bord d'attaque (24) présente un rayon de courbure le plus grand possible.
4. Hélice de ventilateur selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** le profil en aile d'avion présente une ligne moyenne (LM) sans point d'inflexion.
5. Hélice de ventilateur selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** le profil en aile d'avion comporte un intrados (32) présentant une inversion de courbure.
6. Hélice de ventilateur selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** les extrémités radialement extérieures des pales (12) sont reliées entre

elles par une virole (16).

Patentansprüche

1. Lüfterrad zur Kühlung des Antriebsmotors eines Kraftfahrzeugs, das eine Nabe (14) und sich ausgehend von der Nabe radial nach außen erstreckende Blätter (12) aufweist, wobei die Blätter einen abgeflachten Querschnitt mit Flugzeugflügelprofil mit einer Vorderkante (24) und einer Hinterkante (26) haben, zwischen denen eine Sehne (28) definiert ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Blatt (12) eine relative Dicke (E_{rel}) hat, die ihren maximalen Wert (E_{max}) im ersten Viertel der Länge der Sehne (28) ausgehend von der Vorderkante (24) erreicht, wobei die relative Dicke durch das Verhältnis zwischen der Dicke (E) des Blatts und der Länge (L) der Sehne (28) definiert wird, und dass die maximale relative Dicke (E_{max}) zwischen 12% und 20% liegt.
2. Lüfterrad nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die maximale relative Dicke (E_{max}) in der Größenordnung von 15% liegt.
3. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorderkante (24) einen größtmöglichen Krümmungsradius aufweist.
4. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flugzeugflügelprofil eine Mittellinie (LM) ohne Knickpunkt aufweist.
5. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Flugzeugflügelprofil eine Unterseite (32) aufweist, die eine Krümmungsumkehr aufweist.
6. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die radial äußeren Enden der Blätter (12) miteinander durch einen Ring (16) verbunden sind.

Claims

1. Fan impeller for cooling the engine that propels a motor vehicle and comprising a hub (14) and blades (12) extending radially outward from the hub, the blades having a flattened airfoil profile cross section with a leading edge (24) and a trailing edge (26) between which a chord (28) is defined, **characterized in that** the blade (12) has a relative thickness (E_{rel}) that reaches its maximum value (E_{max}) in the first quarter of the length of the chord (28) measured from the leading edge (24), the relative thickness being defined by the ratio between the thickness (E) of the blade and the length (L) of the

chord (28) and **in that** the maximum relative thickness (E_{max}) is between 12% and 20%.

2. Fan impeller according to Claim 1, **characterized in that** the maximum relative thickness (E_{max}) is of the order of 15%.
3. Fan impeller according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** the leading edge (24) has the greatest possible radius of curvature.
4. Fan impeller according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the airfoil profile has a centerline (LM) with no point of inflection.
5. Fan impeller according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the airfoil profile comprises a pressure face (32) with an inversion of curvature.
6. Fan impeller according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the radially outer ends of the blades (12) are connected by a shroud (16).

Fig.1

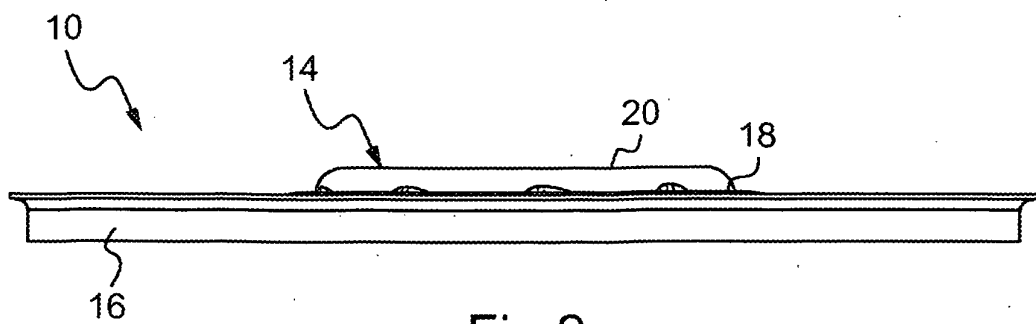
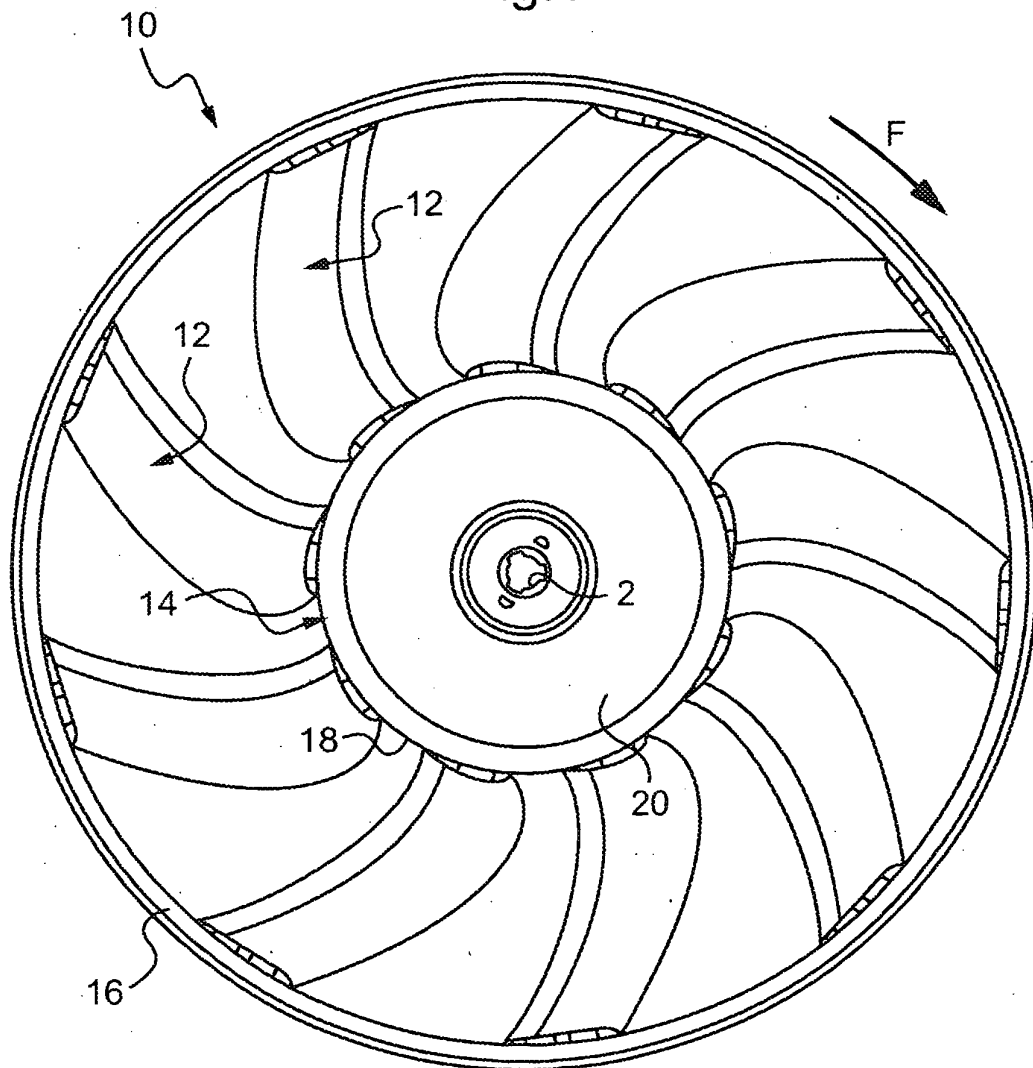


Fig.2

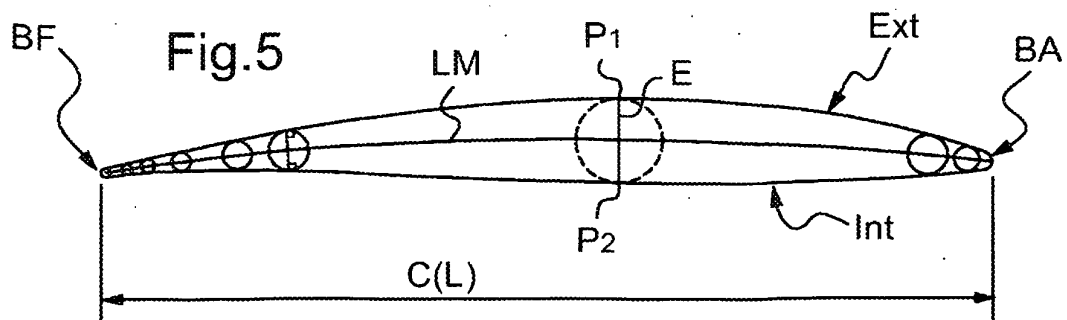
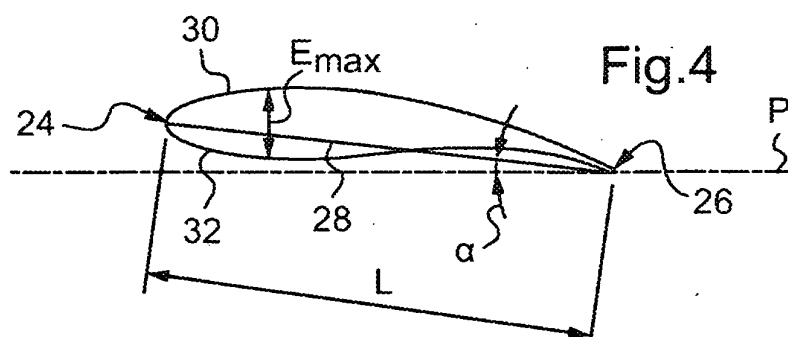
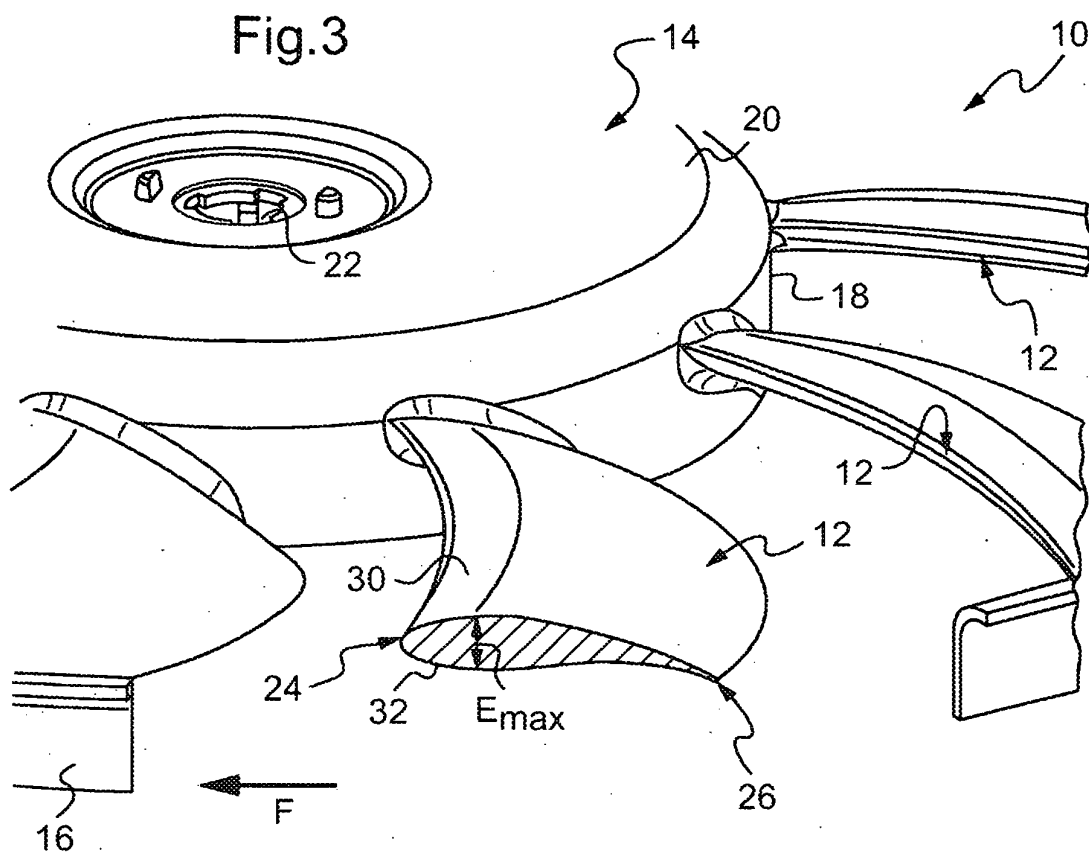


Fig.6

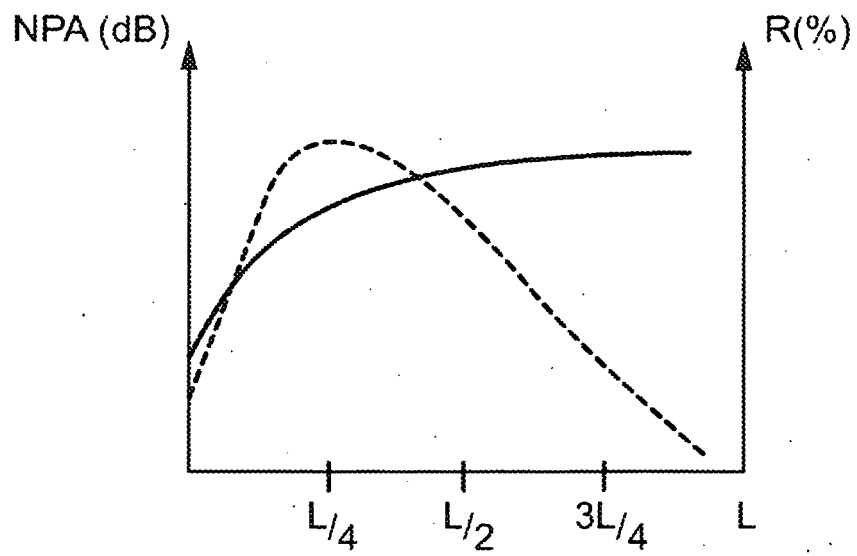
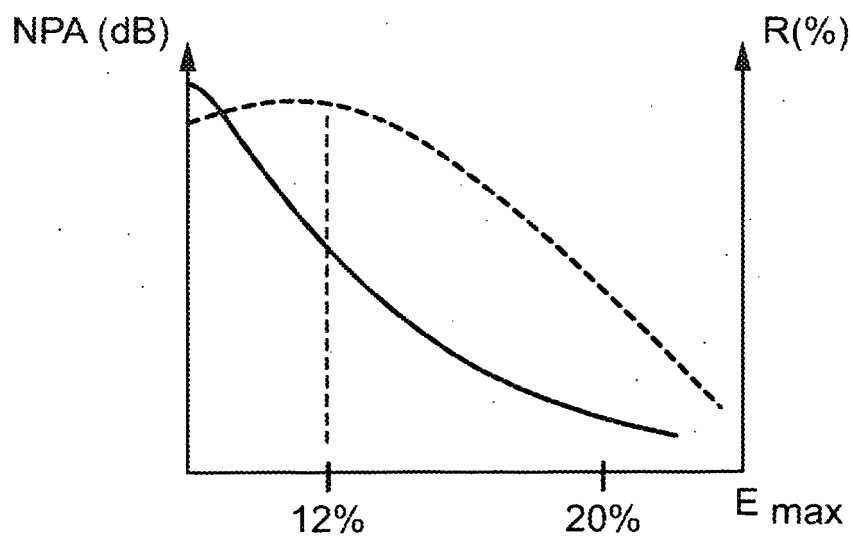


Fig.7



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2781843 A [0011] [0033] [0037]
- US 2005232778 A [0011]