(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
18 novembre 2004 (18.11.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/099607 A2

(51) Classification internationale des brevets[7] : F03D 1/00

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2004/001050

(22) Date de dépôt international : 30 avril 2004 (30.04.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
03/05340 30 avril 2003 (30.04.2003) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **GESTION SERVICE ENTREPRISE FINANCIERE - GSEF** [FR/FR]; 35-71, rue Etienne Dolet, F-94140 Alfortville (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **KUHLMANN, Hervé** [FR/FR]; 11, rue G. Bouzerait, F-92120 Montrouge (FR). **POULLAIN, Francis G.L.** [FR/FR]; 21, Boulevard de Beauséjour, F-75016 Paris (FR). **POULLAIN, Jean-Charles** [FR/FR]; 77, rue Perronet, F-92200 Neuilly Sur Seine (FR).

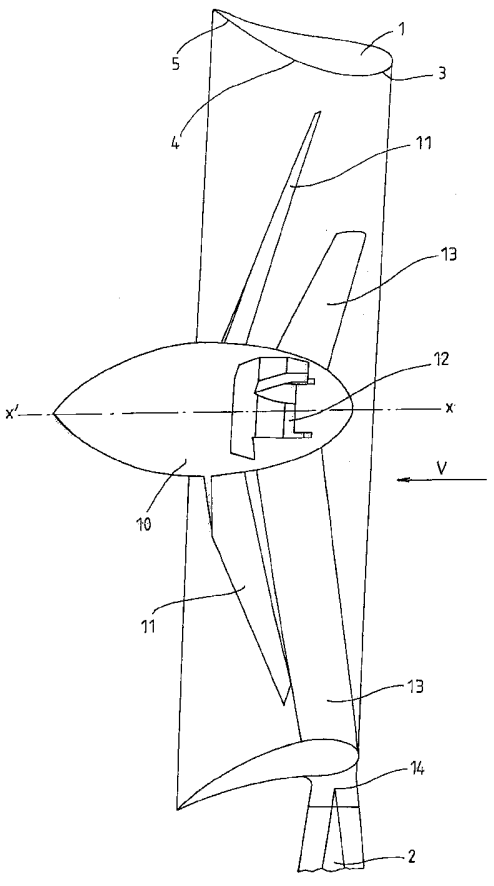
(74) Mandataire : **CABINET, Herrburger**; 115, boulevard Haussmann, F-75008 Paris (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SELF-ADJUSTABLE SHROUDED WIND TURBINE

(54) Titre : EOLIENNE CARENEE AUTO-ORIENTABLE



(57) Abstract: The invention relates to a wind turbine that is pivotably mounted about a vertical rotational axis (2) in such a way as to be oriented towards the wind (V), and comprises a propeller which is driven by the wind and provided with blades (11) carried by a hub (10) with a horizontal axis, an alternator (2) which co-operates with the propeller in order to supply electrical energy, and a relatively short diffusing circular shroud (1) which is concentrically mounted on the hub (10) and surrounds the blades (11). The inventive wind turbine is characterised in that the rotational axis (2) is located upstream of the centre (Fc) of the resulting aerodynamic forces (Frd, Frg) generated on the shroud (1) by an axial wind (V), in the direction of said wind.

(57) Abrégé : Eolienne montée pivotante autour d'un axe de rotation vertical (2) de façon à permettre son orientation face au vent (V) et comportant une hélice actionnée par le vent qui est équipée de pales (11) portées par un moyeu (10) d'axe horizontal, ainsi qu'un alternateur (2) coopérant avec l'hélice pour fournir de l'energie électrique, et un carénage circulaire divergent (1) de longueur relativement faible monté concentriquement au moyeu (10) et entourant les pales (11), caractérisée en ce que l'axe de rotation (2) est situé en amont du foyer (Fc) des forces aérodynamiques résultantes (Frd, Frg) générées sur le carénage (1) par un vent axial (V), dans le sens de ce vent.

WO 2004/099607 A2

CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* **:** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

« Eolienne carénée auto-orientable »

La présente invention concerne une éolienne montée librement pivotante autour d'un axe de rotation vertical de façon à permettre son auto-orientation naturelle face au vent et comportant une hélice actionnée par le vent et coopérant avec un alternateur pour fournir de l'énergie électrique.

Les spécialistes cherchent depuis longtemps à récupérer l'énergie éolienne qui a l'avantage d'être propre, c'est-à-dire de ne pas engendrer de pollution thermique ou chimique et parallèlement d'être inépuisable.

Ces avantages sont toutefois compensés dans une large mesure par une série d'inconvénients en particulier liés au caractère dispersé et intermittent du vent ; il est en outre bien connu que les « parcs » d'éoliennes consomment beaucoup d'espace et ne fonctionnent pas sans nuisances sonores.

Ces inconvénients font que le marché des éoliennes n'a pas connu ces dernières années l'essor auquel on aurait pu s'attendre, et que les perspectives de développement dans ce domaine sont aujourd'hui très larges.

De manière plus précise, les éoliennes actuellement utilisées sont fréquemment équipées d'hélices à pales radiales et à axe horizontal analogues à celles permettant la propulsion d'avions, mais en règle générale beaucoup plus grandes.

De telles hélices coopèrent classiquement avec des dynamos ou des alternateurs industriels équipés d'entraînements multiplicateurs de vitesse, ce qui les rend lourdes, coûteuses, et de faible rendement.

Pour remédier à cet inconvénient, on a déjà proposé conformément au document FR- 2 793 528, une éolienne équipée de pales hélicoïdales inclinées vers l'amont portées par un moyeu de gros diamètre ainsi que d'un carénage circulaire divergent de longueur relativement faible monté concentriquement au moyeu et entourant les pales à proximité de leurs extrémités.

Dans une telle éolienne l'écoulement de l'air est guidé par un ensemble diffuseur constitué par le moyeu et le carénage.

Ce dernier est divergent ce qui permet d'obtenir une survitesse au droit des pales et augmente l'énergie transmise.

En outre, les pales obliques sont plus longues que des pales radiales de même diamètre utile et sont actives sur toute leur longueur

sans perte aérodynamique d'extrémité, ce qui augmente là encore le rendement.

Cette éolienne s'est avérée à l'usage plus robuste, moins encombrante à puissance égale et moins bruyante que les éoliennes classiques.

Ces avantages sont notamment obtenus grâce à la présence du carénage qui comporte de préférence un bord d'attaque arrondi suivi d'une carène épaisse et d'un bord de fuite mince divergent.

Ce carénage permet en effet de supprimer les turbulences à l'origine du bruit et de créer, en coopération avec le moyeu, un ensemble diffuseur convergent divergent permettant d'obtenir des conditions optimales d'accélération du flux d'air dans sa section la plus étroite et par suite l'entraînement optimal en rotation des pales.

De telles éoliennes doivent bien entendu comme toutes les éoliennes montées sur un mât vertical être toujours orientées face au vent ; elles sont donc tributaires d'organes d'orientation.

Ces organes sont à titre d'exemple constitués par des « yaw » moteurs qui permettent d'orienter l'éolienne en fonction du vent, par des « yaw sensor » qui indiquent le sens de rotation de l'éolienne ainsi que par des dispositifs de gestion adaptés.

Or, de tels organes d'orientation sont onéreux et relativement sophistiqués, donc exposés à des pannes, en particulier dans le cas d'éoliennes de grande envergure.

Ces organes sont en outre de nature à entraîner des risques d'emmêlement des câbles qui transmettent l'énergie.

Pour remédier à ces inconvénients, on a déjà proposé de monter les pales d'une éolienne à la partie aval du moyeu dans le sens du vent ou de lui adjoindre une dérive lui permettant de rester orientée face au vent en toute circonstance ce sans avoir recours à des organes d'orientation mécaniques.

Une telle configuration ne peut toutefois pas s'appliquer à toutes les éoliennes en particulier aux éoliennes de grande dimension.

La présente invention a pour objet de proposer une éolienne auto-orientable permettant de surmonter cette difficulté.

Pour concevoir une telle éolienne, on a eu l'idée d'utiliser le carénage en tant que dérive.

Une telle éolienne auto-orientable conforme à l'invention peut ainsi être de type quelconque, et avoir une petite, une moyenne ou

une grande envergure à la condition d'être équipée d'un carénage divergent.

Selon l'invention cette éolienne est montée pivotante autour d'un axe de rotation vertical de façon à permettre son orientation face au vent et comporte une hélice actionnée par le vent, qui est équipée de pales portées par un moyeu d'axe horizontal ainsi qu'un alternateur coopérant avec l'hélice pour fournir de l'énergie électrique, et un carénage circulaire divergent de longueur relativement faible monté concentriquement au moyeu et entourant les pales.

Cette éolienne est caractérisée en ce que son axe de rotation est situé en amont du foyer des forces aérodynamiques résultantes générées sur le carénage par un vent axial, dans le sens de ce vent.

Une telle éolienne auto-orientable peut toutefois présenter l'inconvénient de risquer de s'emballer lorsque la puissance de vent est trop importante, mettant ainsi en danger les différents éléments de sa structure.

Ce problème a déjà été abordé dans le cas d'éoliennes carénées non auto-orientables.

Pour résoudre celui-ci, il a été proposé d'adjoindre à l'éolienne un système de nature à faire pivoter l'intégralité de celle-ci, y compris le carénage en présence de vents violents.

Il s'agit cependant là d'un système à la fois lourd et coûteux.

Une autre possibilité consisterait à prévoir des organes de freinage en aval des pales. Un tel système est toutefois difficile à mettre en œuvre dans la pratique.

Selon une caractéristique préférentielle de l'invention, on a pu surmonter cette difficulté en adjoignant au moyeu de l'éolienne des organes permettant de modifier l'orientation des pales par rapport au vent.

Les pales peuvent ainsi être « effacées » par rapport au vent en présence de vent violent.

De tels organes qui permettent de disposer de pales à pas variable sont connus dans le domaine de l'aviation.

Leur adaptation à l'éolienne auto-orientable carénée conforme à l'invention permet à celle-ci de fonctionner de façon satisfaisante à de grandes vitesses de vent.

La configuration particulièrement avantageuse de l'éolienne conforme à l'invention sera explicitée en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une coupe schématique d'une éolienne conforme à l'invention par un plan vertical ;
- la figure 2 est une coupe schématique d'une éolienne conforme à l'invention orientée face au vent V par le plan horizontal médian du carénage ;
- la figure 3 est une coupe schématique correspondant à la figure 2, mais dans laquelle l'éolienne est orientée obliquement par rapport au vent V.

Selon la figure 1, l'éolienne est équipée d'un moyeu 10 d'axe horizontal xx' équipé de pales 11 ainsi que d'un alternateur 12 et d'un carénage circulaire divergent 1 monté concentriquement au moyeu 10 par l'intermédiaire de bras de support 13 et entourant les pales 11.

Cette éolienne est montée pivotante sur un mat vertical 2 schématisé par un cercle sur les figures 2 et 3 par l'intermédiaire d'un pivot 14.

Le carénage 1 a un profil aérodynamique particulier défini par un bord d'attaque arrondi 3 suivi d'un extrados/intrados 4 et de bords de fuite divergents 5.

Selon la figure 2, si l'on considère une section quelconque du carénage 1 par un plan radial, la corde interne C a une longueur relativement faible alors que le rayon moyen R correspond essentiellement à la longueur des pales 11.

L'angle de la corde C et de l'axe x-x' du carénage 1 est de 5 à 30°.

Dans chaque plan radial, l'accélération du flux d'air à l'intérieur du carénage 1 crée une force Fr qui peut se décomposer en deux forces dont l'une est la portance élémentaire Fp tandis que l'autre est la traînée élémentaire Ft.

L'ensemble des forces aérodynamiques Frtotal générées par le vent V peut se résumer en deux forces, à savoir une résultante Frd sur le côté droit du carénage 1 et une résultante Frg sur le côté gauche du carénage 1.

Selon la figure 2 l'angle d'incidence du vent V sur la corde C droite est égal à l'angle d'incidence du vent sur la corde C gauche et donc la résultante Frd est égale à la résultante Frg.

Le foyer Fc de ces deux forces se situe à une distance d de l'axe de rotation 2 de l'éolienne, en arrière de cet axe.

L'éolienne est ainsi stable face au vent vu que la résultante Frtotal est orientée sur l'axe xx'.

Selon la figure 3 si le vent V change de direction, ses angles d'incidence sur les cordes C droite et gauche deviennent différents.

Par suite, la résultante Frd n'est plus égale à la résultante Frg.

En conséquence la résultante Frtotal crée au niveau du foyer Fc un couple qui a tendance à faire revenir le système à l'équilibre, c'est-à-dire face au vent.

Selon la figure 1, une telle configuration permet donc, en fait, d'utiliser le carénage en tant que dérive de façon à permettre une auto-orientation de l'éolienne, face au vent.

Il est à noter que la distance d entre le foyer Fc et l'axe de rotation 2 de l'éolienne et par suite la position de cet axe de rotation jouent un rôle essentiel dans la dynamique temporelle du système : en effet, plus la distance d est grande, plus le temps de réponse aux variations de direction du vent est court.

Différents facteurs doivent cependant être pris en considération lors du choix de la position de l'axe de rotation 2 de l'éolienne, en particulier :

- le temps de réponse de l'auto-orientation à partir du seuil initial de production,
- le couple aérodynamique à partir du seuil initial de production qui doit être supérieur au couple résistant de l'axe de rotation,
- le couple du au poids de la machine ramenée sur l'axe de rotation vertical,
- les contraintes mécaniques sur la couronne d'orientation,
- les contraintes financières et esthétiques.

REVENDICATIONS

1°) Eolienne montée pivotante autour d'un axe de rotation vertical (2) de façon à permettre son orientation face au vent (V) et comportant une hélice actionnée par le vent qui est équipée de pales (11) portées par un moyeu (10) d'axe horizontal, ainsi qu'un alternateur (12) coopérant avec l'hélice pour fournir de l'énergie électrique, et un carénage circulaire divergent (1) de longueur relativement faible monté concentriquement au moyeu (10) et entourant les pales (11),
caractérisée en ce que
l'axe de rotation (2) est situé en amont du foyer (Fc) des forces aérodynamiques résultantes (Frd, Frg) générées sur le carénage (1) par un vent axial (V), dans le sens de ce vent.

2°) Eolienne selon la revendication 1,
caractérisée en ce que
le moyeu (10) est équipé d'organes permettant de modifier l'orientation des pales (11) par rapport au vent.

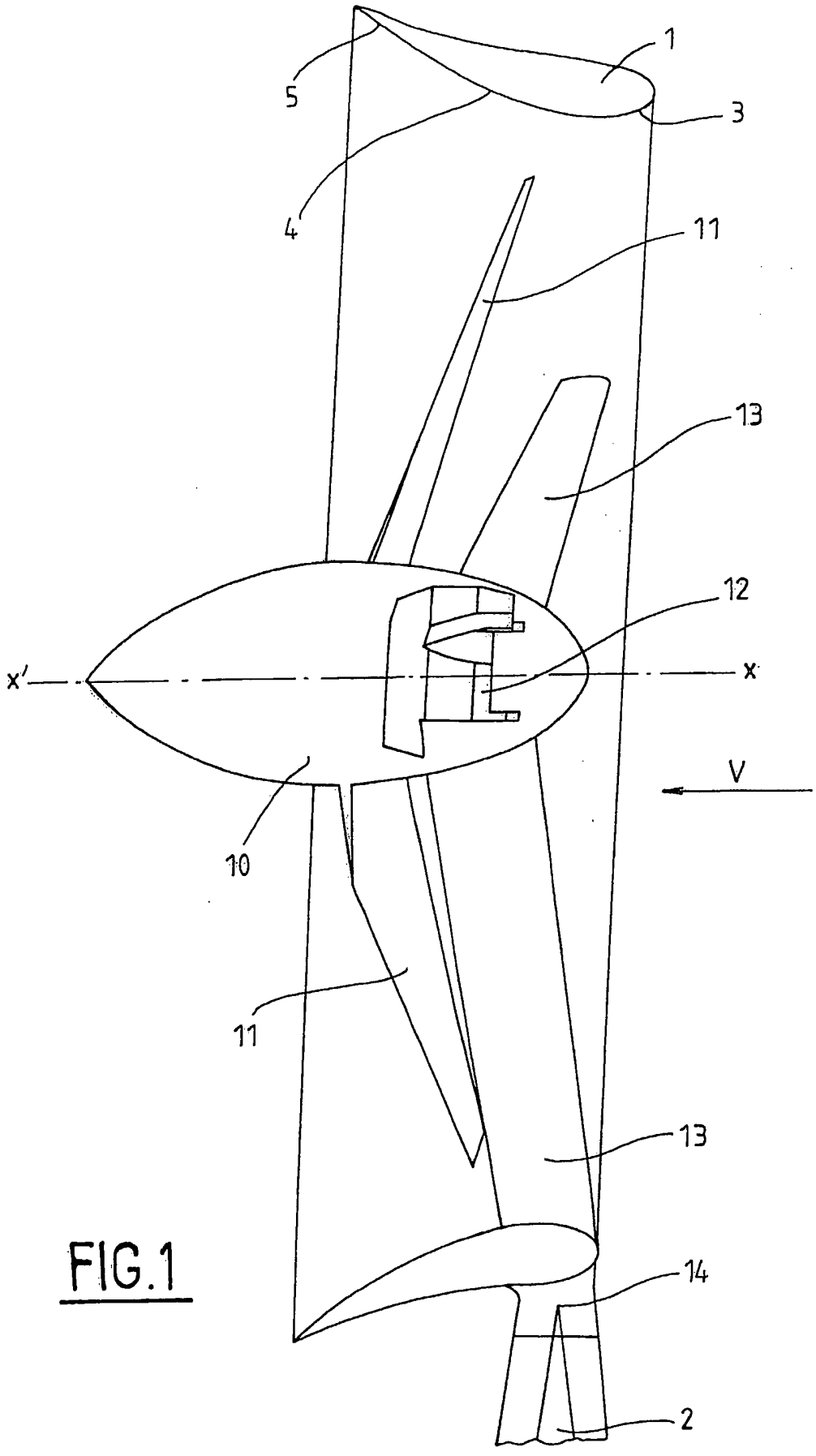


FIG.1

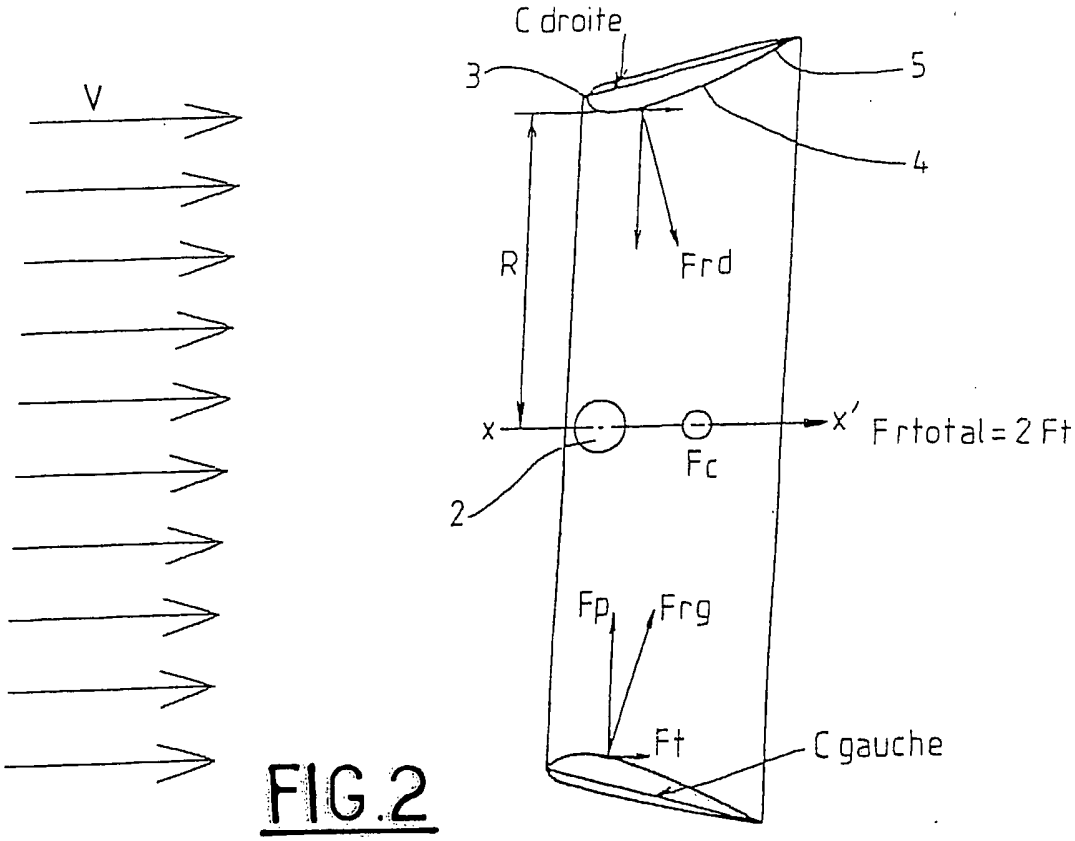

V
C droite
3
5
4
R
Frd
x
x'
Frtotal = 2 Ft
Fc
2
Fp
Frg
Ft
C gauche

FIG.2

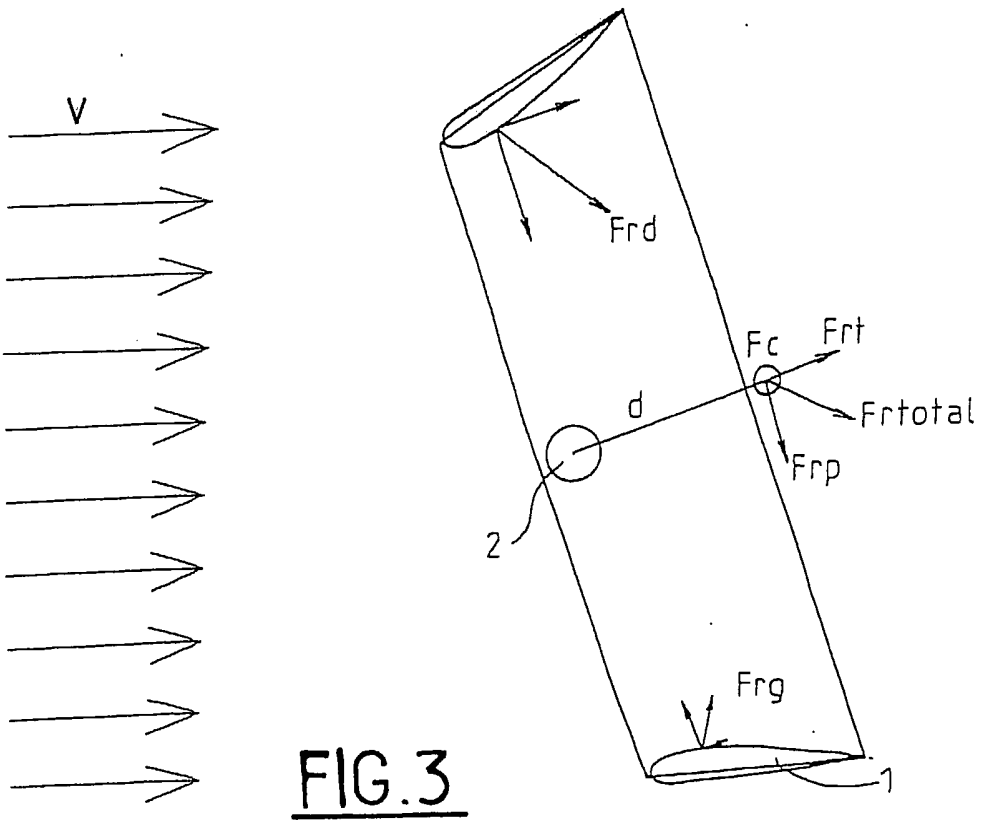

V
Frd
Fc
Frt
Frtotal
d
Frp
2
Frg
1

FIG.3