

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①⑪ N° de publication : **2 538 041**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **82 21330**

⑤① Int Cl<sup>3</sup> : F 03 D 7/02, 9/00.

①② **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②② Date de dépôt : 20 décembre 1982.

③⑦ Priorité

④③ Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 25 du 22 juin 1984.

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦① Demandeur(s) : *DEJOUX André et VILLEGER Marcel.* —  
FR.

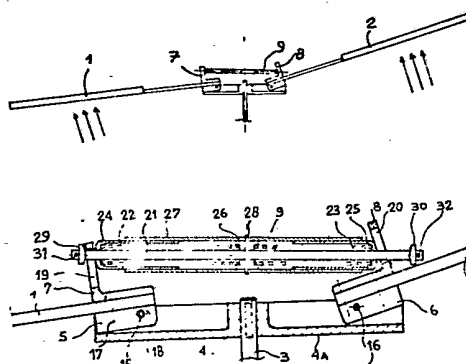
⑦② Inventeur(s) : André Dejoux et Marcel Villeger.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : André Dejoux.

⑤④ Moteur éolien à système anti-rafales intégré.

⑤⑦ Le système anti-rafales comporte un moyeu 4 fixé sur l'arbre récepteur 3, ledit moyeu comporte deux logements recevant deux blocs supports 5, 6, articulés sur ledit moyeu, la surface supérieure desdits supports 5, 6, reçoit le pied de pale correspondant et un levier 7, 8 à rayon variable coopérant avec un amortisseur anti-rafales 9 dont la tige 21 est engagée dans les lumières 19, 20, des leviers 7, 8, une violente rafale de vent avec changement de direction provoque le déplacement de la pale 2 et le renvoi de l'effort sur la pale 1 qui s'oriente au vent en reculant cependant que l'amortisseur absorbe une partie de l'énergie de la rafale.



FR 2 538 041 - A1

D

- 1 -

## Moteur éolien à système anti-rafales intégré

- L'invention concerne les moteurs éoliens à axe horizontal fonctionnant en aval du pylone.
- Dans les moteurs éoliens connus à axe horizontal, la variation du pas de l'hélice est obtenue par pivotement de la pale autour de son centre aérodynamique. Les systèmes de commande de variation de pas les plus couramment utilisés sont actionnés par la force centrifuge. Dans d'autres modèles sophistiqués on effectue les mesures du vent ambiant, de la vitesse de rotation du moteur, du changement d'orientation du vent, ces informations sont exploitées par un calculateur qui commande de petits moteurs électriques faisant varier le pas de l'hélice.
- Les inconvénients présentés par ces moteurs éoliens sont les suivants:
- constante de temps entre la variation de la vitesse du vent et la modification du pas de l'hélice, ce temps de réponse est toujours trop long, il en résulte des efforts importants sur les pieds de pale;
  - commande simultanée d'orientation de toutes les pales, et en cas de changement de direction du vent avec des rafales accroissant sa vitesse, les pieds de pale et l'axe du moteur éolien sont soumis à des efforts importants et destructeurs, l'hélice décrit un plan voilé et les taux de fatigue qui en résultent ne sont actuellement <sup>pas</sup> calculables par manque de données précises. Les constructeurs se contentent d'essayer de renforcer la fixation des pieds de pale, des axes et des roulements pour éviter la rupture, ce qui revient à augmenter la masse donc l'inertie dynamique et à rechercher un compromis entre la vitesse de mise en alignement avec le sens de déplacement du vent et le gauchissement du plan de rotation des pales;
  - dans la plupart des modèles connus, il est nécessaire d'immobiliser la machine au-dessus de 50 KM/H. Comme l'énergie du vent croît avec le cube de sa vitesse, ils ne permettent pas de recueillir d'énergie en cas de tempête au moment où celle-ci est maximale, bien au contraire, ces modèles nécessitent une surveillance constante ou au moins un dispositif automatique de mise en drapeau.

Tel qu'il est décrit dans le texte qui suit, le moteur éolien selon l'invention résout le problème consistant à absorber les rafales et à continuer à fonctionner en tempête sans risque de destruction,

- 2 -

et à emmagasiner un maximum d'énergie cinétique. La variation du pas de l'hélice est supprimée et remplacée par un système anti-rafales intégré agissant sur l'angle d'incidence des pales sous la pression du vent.

- 5 L'angle d'incidence est le résultat de l'opposition entre: la force centrifuge et les caractéristiques d'un amortisseur agissant sur les pieds de pale d'une part, et les forces engendrées par le déplacement de l'air environnant les pales d'autre part. Toute variation brutale ou simplement rapide de la vitesse de l'air environnant engendre une variation immédiate de l'angle d'incidence supprimant la surcharge due à la constante de temps inhérente à la plupart des systèmes actuellement employés.
- 10 La variation de l'angle d'incidence en fonction des variations du vent apparent ou relatif, en pression et en orientation est obtenue en fixant chacun des pieds de pale sur un support articulé coopérant avec un levier à rayon variable sur lequel agit simultanément un amortisseur rééquilibrant les pressions, permettant une auto-orientation plus souple amortissant l'effort radial sur l'axe du moteur, augmentant l'angle d'incidence à l'arrêt par modification du point d'appui de l'amortisseur sur le levier de réglage d'incidence. Cette position à l'arrêt favorise
- 15 le démarrage de l'hélice à faible vent.
- 20

Les avantages présentés par le moteur éolien selon l'invention sont les suivants:

- Fiabilité très accrue de l'ensemble malgré son apparente finesse,
- 25 - Suppression des efforts imprévus sur les pieds de pale
- Grande légèreté de l'ensemble par rapport aux modèles existants
- Auto-orientation rapide au vent sans danger, même en cas de rafales très brutales
- Permet pour une même surface balayée, un rendement annuel beaucoup plus important notamment dans les régions à rafales de tempête (de l'ordre de
- 30 3 fois)
- Utilisation de pales légères
- Il n'est pas nécessaire de limiter le rendement à des vitesses de vent inférieures à 15 m/sec (54 KM/H). Pour mémoire (Betz définit la puissance disponible au mètre carré balayé comme étant de 0,156 KWH pour un vent de
- 35 7,50 m/s et 1,248 KWH pour un vent de 15 m/s
- Pylône allégé en raison du faible poids du moteur éolien
- Possibilité de fonctionner en toute sécurité à proximité d'obstacles naturels ou artificiels engendrant des accélérations locales de la vitesse du vent naturel mais inégales sur la surface balayée par l'hélice.
- 40

- 3 -

- Amortissement immédiat des vibrations inhérentes aux hélices bipales
  - Possibilité d'utiliser les "Châteaux d'eau" comme pylone. Ils existent déjà et sont sur des sites très favorables
- 5 - Rapport SECURITE/PRIX excellent
- Limitation de la vitesse de rotation de l'hélice par décrochage de son profil, le moteur éolien continue à délivrer l'énergie correspondant à cette vitesse en cas de tempête. Il n'est pas nécessaire d'en arrêter le fonctionnement
- 10 - Sa légèreté permet de l'immobiliser par simple surconsommation d'un alternateur à aimants permanents pour les opérations d'entretien.
- Démarrage à 3,75 m/s. La vitesse moyenne de démarrage des bipales actuels est de l'ordre de 5 m/s.
- 15 L'invention est décrite en détail dans le texte qui suit en référence aux dessins annexés dans lesquels les figures:
- 1,2,3,4, montrent schématiquement vu en élévation un moteur éolien selon l'invention soumis à diverses forces de vent;
  - 5 - montre schématiquement le moteur éolien selon l'invention vu en bout;
- 20 6 - montre le moteur éolien selon l'invention vu de côté;
- 7 - montre un schéma de l'angle d'incidence d'une pale
  - 8,9,10,11,12 - montrent des exemples de fixation du pied de pale selon l'invention;
  - 13 - montre un mode de réalisation de pales par modules selon l'invention;
- 25 14 - montre en coupe la fixation des voiles de pales selon l'invention;
- 15,16 - montrent un exemple d'hélice tri-pales avec son amortisseur selon l'invention;
  - 17,18 - montre un exemple de double éolienne montées sur un château d'eau.
- 30 La fig.1 montre schématiquement un exemple d'hélice bi-pales par temps calme, sans vent, en position d'attente du vent, les pales 1,2, vers le vent dont le sens est représenté par des flèches XX'. Le système anti-rafales comporte un moyen 4 fixé sur l'arbre récepteur 3, recevant les pieds de pales sur les supports articulés 5,6, munis chacun d'un
- 35 levier 7,8, sur lequel s'appuie l'amortisseur 9 qui sera décrit plus en détail sur la fig.8.
- La fig.2 montre les pales soumises à un vent progressif en fonctionnement normal, les pales se rapprochent de leur alignement, l'amortisseur 9 se comprime légèrement et se déplace vers une position de résistance minimale
- 40 en réduisant la longueur du bras de levier agissant sur les pieds de pales.

La fig.3 montre les pales soumises à une forte rafale dans l'axe. Le point d'appui de l'amortisseur 9 sur les leviers d'articulation des pieds de pales se rapproche du moyeu, ce qui permet une plus grande inclinaison des pales qui peut aller jusqu'à environ 20°.

La figure 4 montre les pales soumises à une violente rafale avec un changement brutal d'orientation. Le point d'appui de l'amortisseur sur le levier 8 glisse vers le fond de sa lumière (voir les fig. suivantes 8,9,) et reporte l'effort de la pale de droite 2 vers la pale gauche 1, limitant ainsi le déséquilibre de pression et évitant une fatigue excessive de l'axe pendant la période d'orientation de l'ensemble dans le vent. Les pieds de pale sont protégés du fait de ce type de montage articulé 5 grâce à la différence de longueur du bras de levier résultant de la position variable du point d'appui de l'amortisseur, l'effort transmis de la pale 2 sur la pale 1 est amplifié du fait de l'inégalité du rapport des bras de levier entre les deux pieds de pale, le choc de la rafale est absorbé en grande partie par l'amortisseur qui contribue à accélérer la réorientation des pales au vent.

La fig.5 montre l'emplacement de la dérive, en aval du pylône, dans la zone inutilisée hors de la surface balayée par les pales, non soumise au couple giratoire de l'hélice.

La fig.6, montre une vue de côté de l'emplacement de la dérivo 10 sur un moteur éolien selon l'invention avec son pylône 11, son multiplicateur de vitesse 12 et son alternateur 13.

La fig.7 montre pour mémoire l'angle d'incidence des pales.

Les fig. 8,9,10, montrent un mode de réalisation de la fixation du pied de pale avec son angle d'incidence. Les supports 5 et 6 des pieds de pale 1,2, sont articulés en 15,16, sur le moyeu 4. Des vis 17,18, fixent en même temps les leviers 7,8, les pieds de pale 1,2, sur les supports 5,6, les leviers 7,8, sont coupés dans un profilé en cornière, ils comportent une lumière 19,20, dans laquelle est engagée la tige 21 de l'amortisseur 9 constitué par deux ressorts 22,23 en appui sur les fourreaux coulissants 24,25, et sur la rondelle guide 26 immobilisée au milieu du tube 27 par une goupille 28. L'extrémité sphérique des fourreaux 24,25, est en appui sur l'intérieur des leviers 7,8, de part et d'autre des lumières 19,20. L'amortisseur est maintenu sur les leviers par des rondelles sphériques 29,30, arrêtées par des goupilles 31,32.

- 5 -

La fig.11 montre, vue en bout, la fixation des pieds de pale 1,2, donnant directement l'angle d'incidence 33 sur les pieds de pale. Cet angle est de l'ordre de  $8^{\circ}$  par rapport à la face arrière 4A du moyeu 4, il est obtenu par un fraisage en biais sur le dessus 5A,6A, des supports 5,6, articulés dans un logement fraisé sur le moyeu 4. En perçant le trou de passage de l'axe d'articulation 15,16, en biais, parallèlement aux faces biaises 5a,6a, du support 5,6, comme sur la fig.12, on accroît la rapidité de réponse de l'articulation du pied de pale. Grâce aux lumières 19, 20, et au mode de réalisation de l'amortisseur, on obtient, de manière extrêmement simple et peu onéreuse, des leviers à rayon variable, fonction de la position du vent.

Les fig.13 et 14 montrent un exemple de réalisation de pales larges par modules comportant une plaque 35 en matière plastique de la longueur de la pale à réaliser et un profil de forme 36 également en matière plastique, obtenu par thermoformage par longueurs mises bout à bout, collées aux extrémités 37,38, arrondi ensuite côté 37 et poncé à angle aigu 38. Les deux parties 35,36 sont fixées entre elles par des vis à tête fraisée 39 sur un profilé tubulaire de section rectangulaire 40 en alliage léger qui constitue le pied de pale fixé lui-même sur son support articulé. On voit mieux en coupe sur la fig.13 la fixation des éléments de pales. Des entretoises tubulaires taraudées 41 sont glissées dans le profilé 40 pour recevoir les vis de fixation 39 de chaque côté.

Les hélices bipale de grande largeur facilitent le démarrage et l'accrochage de l'hélice aux basses vitesses du vent sans altération de rendement par accroissement de trainée aéro-dynamique qui est la conséquence inévitable de la multiplication du nombre de pales généralement utilisées pour obtenir ce résultat.

Les fig.15 et 16 montrent un exemple d'amortisseur selon l'invention utilisable avec trois pales et extrapolable à un nombre supérieur de pales. Il comporte un moyeu 43 prévu pour recevoir trois pieds de pale de façon identique aux fig. 10,11 et 12 et partiellement aux fig.8,9, Les n° de repère de ces figures ont été repris. Le point milieu de l'amortisseur anti-rafales est réalisé au moyen d'un chapeau 43 monté sur une double rotule constituée par une bille taraudée 44 dans laquelle est vissée une tige 45 terminée par une bille 46 fixée sur l'arbre récepteur 47 au moyen d'une bague 48 vissée sur l'extrémité de l'arbre 47 et arrêtée par un écrou 49. Le moyeu 50 est déporté pour donner suffisamment de longueur à la double rotule permettant le déplacement de l'amortisseur en cas de rafales hors de l'axe.

- 6 -

La tige 51 de chacun des trois amortisseurs 52 est articulée en chape 53 sur le chapeau de rotule 43 et engagée dans la lumière 19 du levier articulé 7,8, fixé sur le pied de pale correspondant 54,55,56, un ressort

5 57 absorbe les efforts sur les pieds de pale comme décrit sur la fig.8. Le renvoi de l'effort sur une ou deux pales s'effectue de la même façon que décrite précédemment en se composant, par exemple les amortisseurs des pieds de pales 55,56, agissant simultanément sur le pied de pale 54 par l'intermédiaire de son amortisseur. Lorsqu'un pied de pale est solli-

10 cité, il pousse avec un effort démultiplié par effet de genouillère sur les deux autres pieds de pale.

Les fig.17,18, montrent un exemple d'éoliennes montées sur un chateau d'eau 58 juste en dessous du réservoir 59 pour utiliser l'effet d'accélération de l'air dû à la colonne centrale, pour doubler la puissance, faire

15 l'économie d'un pylone et bénéficier de l'effet d'accélération.

Ces doubles éoliennes peuvent par exemple alimenter électriquement l'installation de pompage et fournir de l'énergie électrique au voisinage. Ces deux éoliennes se déplacent sur un rail double 60 au moyen de galets de roulement 61,62, fixés sur un châssis 63, l'effort de balancement est

20 absorbé par deux galets 64,65, se déplaçant à cheval sur un rail 66 fixé sur la colonne/<sup>58</sup>supportant le réservoir 59. Lorsque le vent devient prépondérant sur l'une des deux éoliennes, elle tend à reculer en tirant sur les câbles 67,68, accrochés à un chariot 69 disposé entre les éoliennes et se déplaçant sur le rail accroché au réservoir, cela jusqu'à ce que

25 l'équilibre entre les deux éoliennes soit atteint. Le système fonctionne en recherche continue de cet équilibre.

Compte tenu de l'accélération du vent produite par la colonne du chateau d'eau, qui est presque toujours inégale sur la surface balayée, les pales tourneront presque en permanence sur un plan plus ou moins voilé.

30 Il ne serait pas possible d'utiliser des moteurs éoliens non équipés d'un système anti-rafale car ils seraient rapidement détruits par les efforts anormaux quasi permanents qu'ils auraient à supporter.

Bien entendu on peut monter ce moteur éolien de façon traditionnelle en

35 amont du pylône, mais ce montage lui ferait perdre une partie de ses avantages, notamment d'auto-orientation, il faudrait rajouter un bras support de dérive, donc un poids supplémentaire.

## R E V E N D I C A T I O N S :

- 1 - Moteur éolien à système anti-rafales intégré comportant au moins deux pales fixées sur un moyeu solidaire d'un arbre récepteur caractérisé en ce que chaque pale (1,2) est fixée sur un bloc support (5,6) articulé perpendiculairement à l'axe des pales sur un moyeu (4) solidaire de l'arbre récepteur (3), chaque support (5,6,) reçoit en outre un levier (7,8) à rayon variable coopérant avec un amortisseur anti-rafales (9).
- 2 - Moteur selon 1, caractérisé en ce que le levier à rayon variable (7,8) de chaque pied de pale, solidarisé au bloc support, comporte une lumière (19,20) sur une aile perpendiculaire à la pale, ladite lumière coopère avec la tige (21) de l'amortisseur (9).
- 3 - Moteur selon 1, caractérisé en ce que le support articulé est un bloc (5,6) disposé dans un logement du moyeu (4) et articulé sur celui-ci au moyen d'un axe (15,16) et en ce que la partie supérieure dudit bloc (5a,6a) est parallèle à l'axe d'articulation et parallèle à la base (4a) du moyeu.
- 4 - Moteur selon 1,3, caractérisé en ce que la partie supérieure (5a,6a) du support articulé présente une pente (33) de l'ordre de 8° par rapport à la face inférieure (4a) du moyeu.
- 5 - Moteur selon 1,3 et 4, caractérisé en ce que l'axe d'articulation (15,16) du support articulé (5,6) est parallèle à la face inclinée (5a,6a).
- 6 - Moteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les pales sont réalisées par longueur d'éléments modulaires (36) obtenus par thermoformage d'une feuille de matière plastique, lesdits éléments (36) sont assemblés par collage en bordure sur une plaque (35) également en matière plastique pouvant faire toute la longueur de la pale, les deux parties (35,36) sont ensuite vissées sur un profilé de section rectangulaire tubulaire en alliage léger (40) qui constitue le pied de pale fixé sur son support articulé.



8.

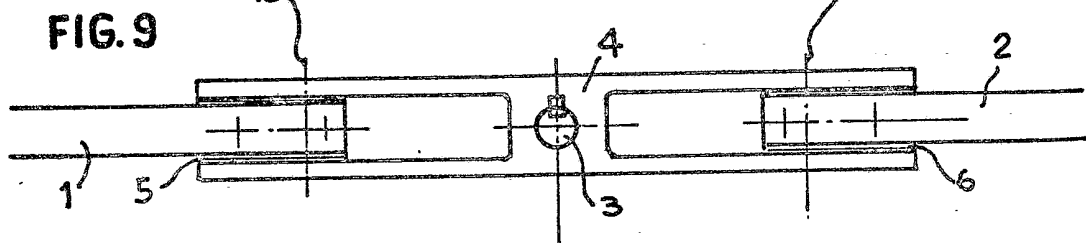
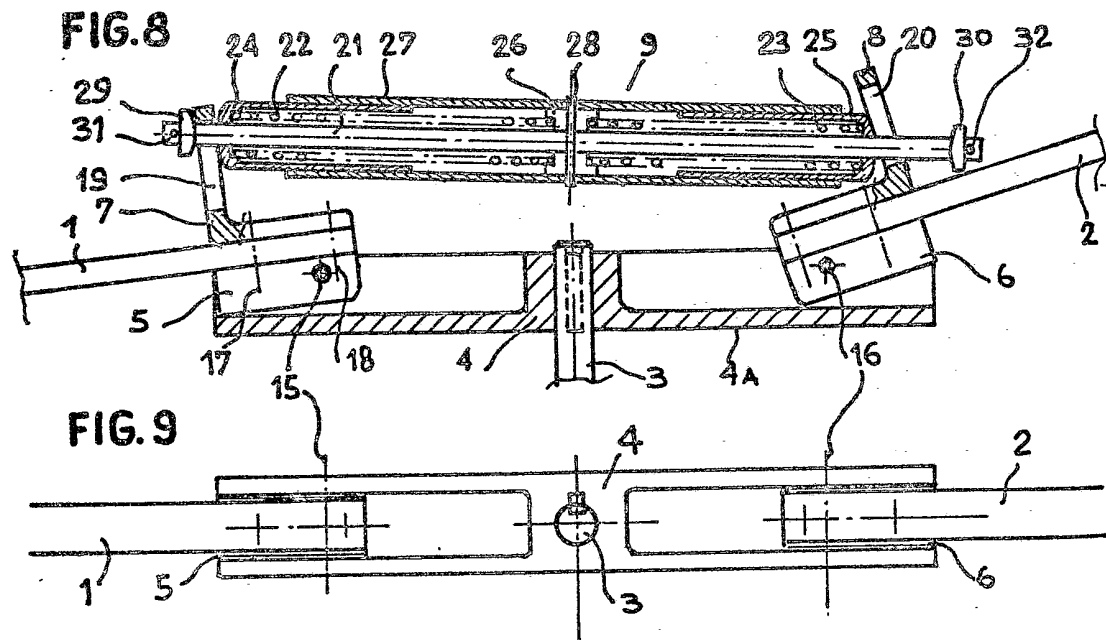
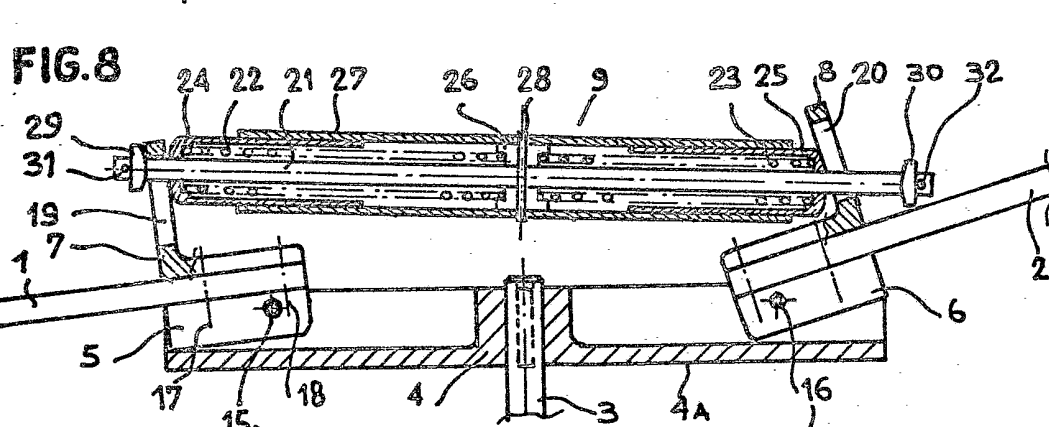
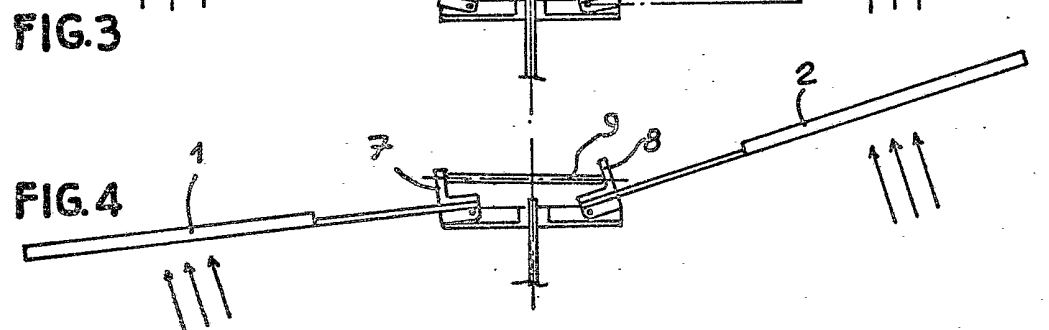
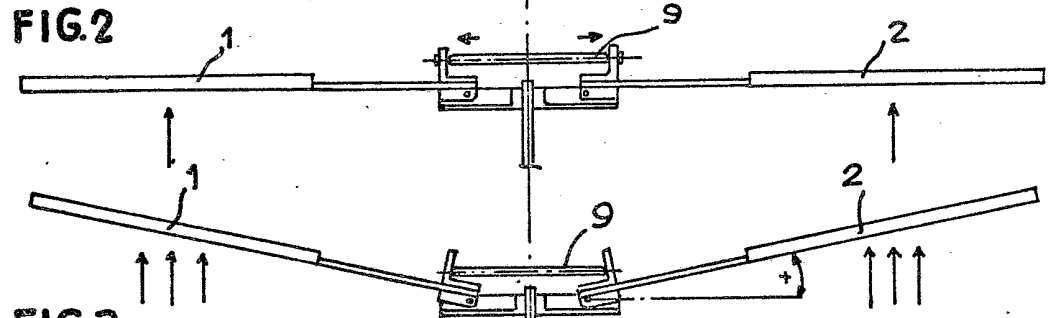
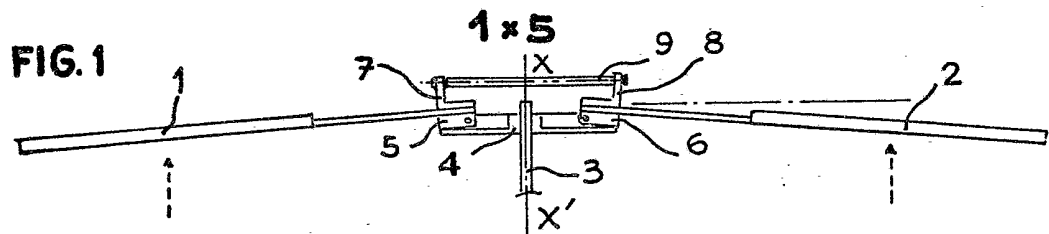
- 7 - Moteur selon 1, caractérisé en ce que l'amortisseur anti-rafales pour une hélice à trois pales ou plus, comporte une double rotule montée préférablement sur le bout d'arbre récepteur (47) et coiffée d'un chapeau
- 5 (43) recevant en chape les tiges (51) de chacun des amortisseurs en appui sur les leviers (7,8) des pieds de pale correspondants.

- 8 - Moteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est monté sur un chateau d'eau faisant office de
- 10 pylone, sous le réservoir, en coopération avec un second moteur éolien situé diamétralement opposé, se déplaçant sur des rails circulaires en recherche couplée d'équilibre au vent au moyen de câbles (67,68) les réunissant, disposés entre les deux moteurs et fixés sur un chariot (69) se déplaçant sur un rail circulaire fixé sous le réservoir (59).

15

20

25



2 x 5

FIG.5

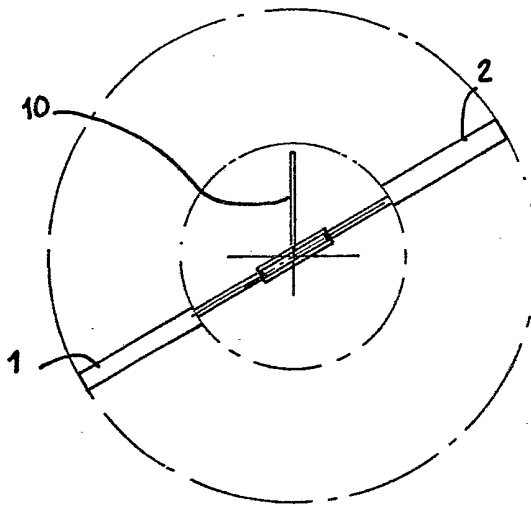


FIG.6

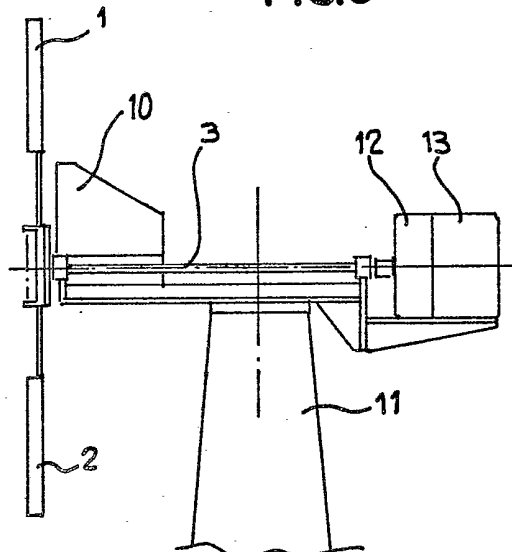
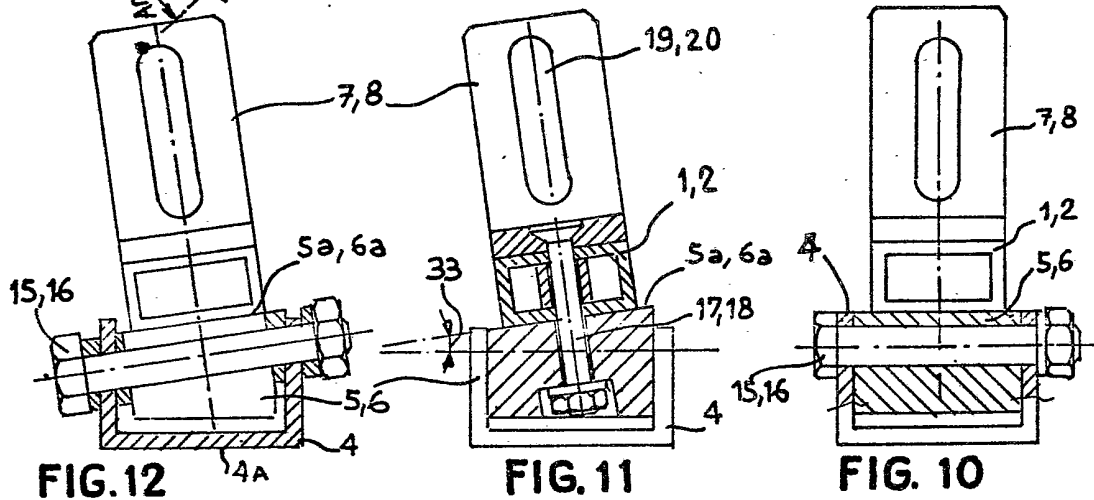
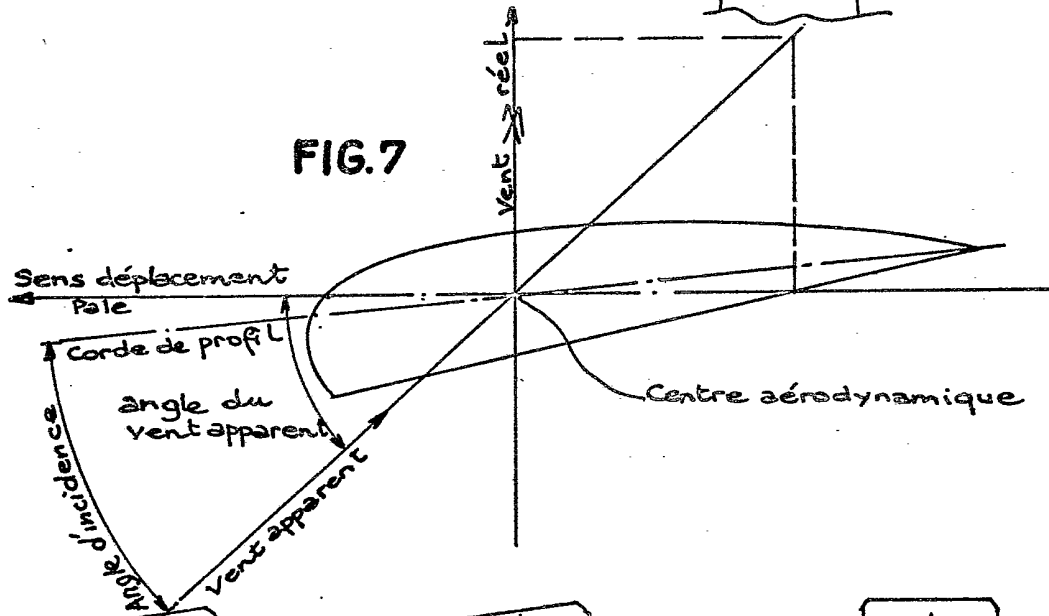


FIG.7



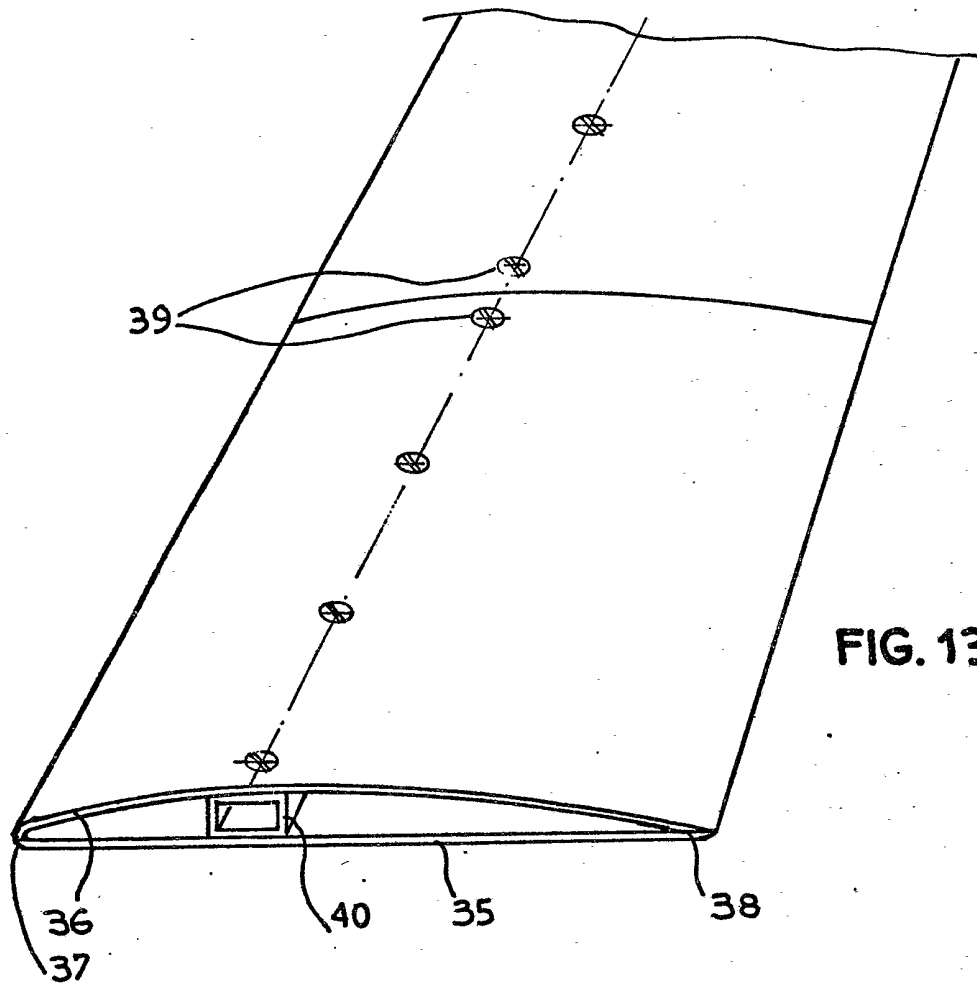
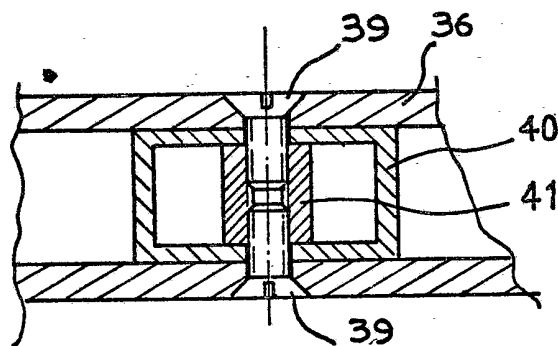
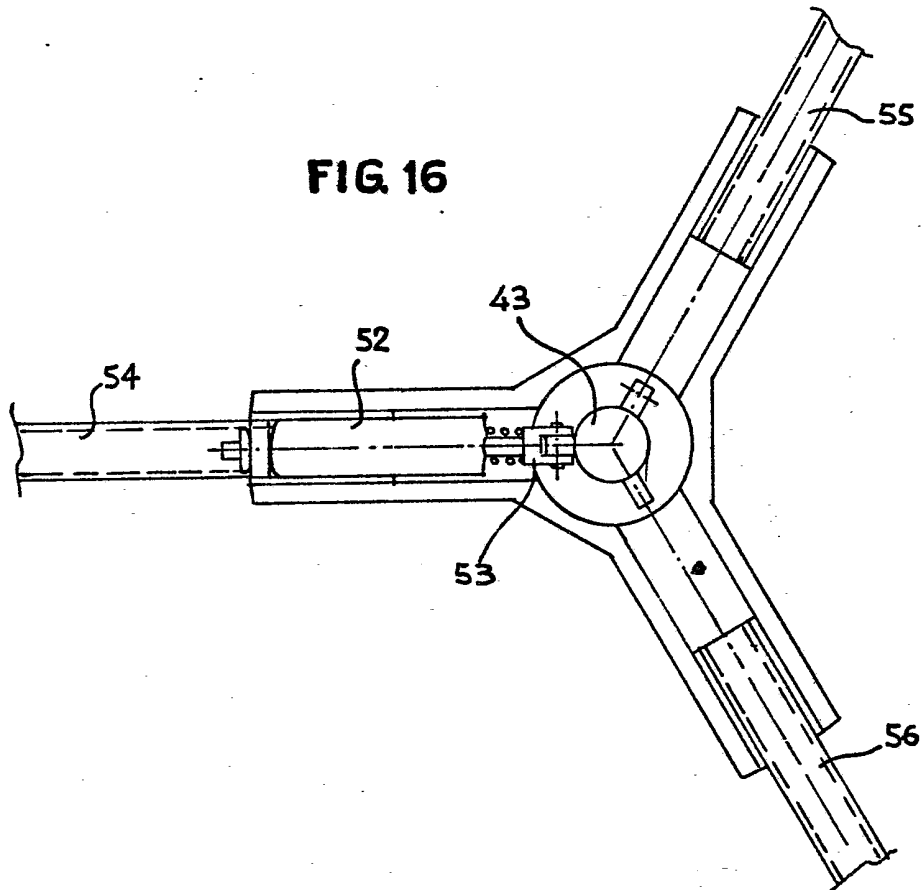
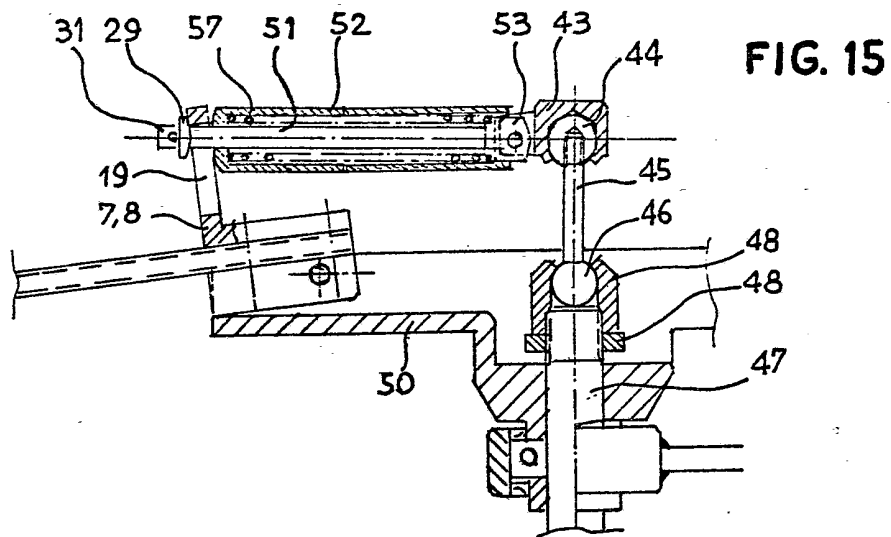
$3 \times 5$ 

FIG. 13

FIG. 14



**4 x 5**

5 x 5

