

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 851 932

②① N° d'enregistrement national : **03 02675**

⑤① Int Cl⁷ : A 63 H 17/39, A 63 H 27/133

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 04.03.03.

③① Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 10.09.04 Bulletin 04/37.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : *PIEDNOIR JEAN MARIE — FR.*

⑦② Inventeur(s) : *PIEDNOIR JEAN MARIE.*

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : *NONY & ASSOCIES.*

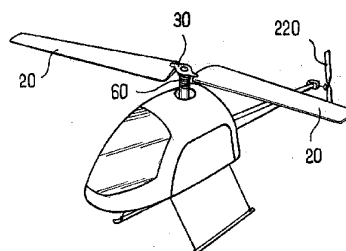
⑤④ DISPOSITIF PERMETTANT DE MODIFIER L'ORIENTATION DE LA POUSSEE D'UN ROTOR D'AERONEF,
NOTAMMENT DE MODELE REDUIT D'HELICOPTERE.

⑤⑦ La présente invention concerne un dispositif permet-
tant de modifier l'orientation de la poussée d'un rotor d'aé-
ronef, ce rotor comportant:

- un ensemble rotatif comportant deux pales (20) reliées
par un moyeu (30),
- un support rotatif sur lequel peut être monté le moyeu
avec une possibilité d'orientation autour d'un axe de pivote-
ment de manière à modifier l'angle d'incidence des pales,
- un arbre d'entraînement en rotation dudit support rota-
tif,

ce dispositif pouvant se caractériser par le fait qu'il com-
porte en outre:

- au moins un aimant permanent solidaire de l'ensemble
rotatif,
- au moins une bobine (60) disposée de manière à créer,
lorsque alimentée par un courant électrique, un champ ma-
gnétique interagissant avec l'aimant, de façon à créer un
couple permettant de faire tourner l'ensemble rotatif autour
de l'axe de pivotement et de modifier l'angle d'incidence des
pales.



FR 2 851 932 - A1



La présente invention concerne les dispositifs permettant de modifier l'orientation de la poussée d'un rotor d'aéronef, notamment d'un hélicoptère.

L'invention s'adresse plus particulièrement mais non exclusivement au domaine de l'aéromodélisme et aux hélicoptères radiocommandés de petite taille dont le rotor principal est entraîné en rotation par un moteur électrique. Le rotor de ces hélicoptères comporte deux pales reliées par un moyeu pouvant librement pivoter autour d'un axe de rotation perpendiculaire à celui de l'arbre d'entraînement. Pour exercer un couple sur cet ensemble afin d'agir sur l'incidence des pales en fonction des pas cycliques latéraux et longitudinaux souhaités, le rotor est muni d'une barre de Bell, laquelle comporte à ses extrémités des palettes. L'incidence de ces dernières est commandée par des biellettes solidaires, par l'intermédiaire de liaisons à rotules, d'un plateau cyclique supérieur. Celui-ci repose sur un roulement porté par un plateau cyclique inférieur dont l'orientation, relativement à l'axe de l'arbre d'entraînement, peut être modifiée au moyen de deux servomoteurs. Un tel dispositif de commande est relativement complexe et rend les hélicoptères radiocommandés fragiles, coûteux, et complexes à construire.

Il est connu par ailleurs à titre expérimental de modifier l'orientation des pales d'un rotor au moyen d'actuateurs piézoélectriques disposés entre les pales et le moyeu. Ces actuateurs nécessitent une alimentation en courant électrique par des contacts tournants, ce qui peut poser des problèmes de fiabilité.

Il existe par conséquent de longue date un besoin pour simplifier les dispositifs permettant de modifier l'orientation de la poussée du rotor, afin notamment de permettre une commercialisation à grande échelle et à moindre coût d'hélicoptères radiocommandés.

L'invention a ainsi pour objet, selon un premier de ses aspects, un dispositif permettant de modifier l'orientation de la poussée d'un rotor d'aéronef, ce rotor comportant :

- un ensemble rotatif comportant deux pales reliées par un moyeu,
 - un support rotatif sur lequel peut être monté le moyeu avec une possibilité d'orientation autour d'un axe de pivotement de manière à modifier l'angle d'incidence des pales,
 - un arbre d'entraînement en rotation dudit support rotatif,
- ce dispositif pouvant se caractériser par le fait qu'il comporte en outre :
- au moins un aimant permanent solidaire de l'ensemble rotatif,

- au moins une bobine disposée de manière à créer, lorsque alimentée par un courant électrique, un champ magnétique interagissant avec l'aimant, de façon à créer un couple permettant de faire tourner l'ensemble rotatif autour de l'axe de pivotement et de modifier l'angle d'incidence des pales.

5 L'invention permet de fabriquer un rotor ayant une structure particulièrement simple et de contrôler l'incidence des pales sans utiliser de servomoteur ; la fiabilité du rotor s'en trouve considérablement augmentée et son prix diminué. En outre, l'invention permet de fabriquer un hélicoptère radiocommandé plus léger, donc avec davantage d'autonomie ou moins dangereux à utiliser.

10 Le dispositif selon l'invention peut comporter une ou plusieurs bobines et la ou les bobines utilisées peuvent comporter un noyau en matériau magnétique, le cas échéant, afin de canaliser les lignes de champ. Cette ou ces bobines peuvent être fixes relativement à un châssis supportant le moteur utilisé pour entraîner l'arbre d'entraînement en rotation.

Dans le cas de l'utilisation d'une bobine unique, celle-ci présente de préférence
15 un axe sensiblement parallèle à celui de l'arbre d'entraînement.

Dans le cas de l'utilisation de plusieurs bobines, celles-ci comportent de préférence des axes sensiblement parallèles à un plan perpendiculaire à l'axe de l'arbre d'entraînement. Ces bobines peuvent notamment avoir des axes, de préférence sensiblement sécants, faisant entre eux des angles de 90° dans le cas de l'utilisation de
20 deux ou de quatre bobines ou de 120° dans le cas de l'utilisation de trois bobines. Un plus grand nombre de bobines peut être utilisé, le cas échéant.

Dans une réalisation particulière, le dispositif comporte ainsi quatre bobines associées par paires, deux bobines d'une même paire ayant sensiblement le même axe, l'angle entre les axes des deux paires étant sensiblement de 90° . Deux bobines d'une même
25 paire définissent entre elles un espace dans lequel ledit au moins un aimant permanent peut être disposé, de façon à être exposé au champ magnétique créé par les bobines. Deux bobines d'une même paire sont avantageusement reliées électriquement entre elles en série de manière à ce que les champs magnétiques s'ajoutent.

La ou les bobines peuvent être fixées sur un support traversé par l'arbre
30 d'entraînement, ce support comportant par exemple un tronçon de tube, lequel peut servir de logement le cas échéant à au moins un roulement, par exemple à billes, à l'intérieur

duquel est monté l'arbre d'entraînement. Ce support peut être solidaire d'un châssis sur lequel est fixé au moins un moteur électrique d'entraînement du rotor.

Lorsque plusieurs bobines sont utilisées, celles-ci peuvent être supportées par une même pièce, laquelle peut être réalisée par exemple par moulage de matière plastique ou dans tout autre matériau amagnétique. Cette pièce peut comporter, dans un exemple de réalisation, une partie annulaire centrale traversée par l'arbre d'entraînement et à sa périphérie des dents servant chacune de noyau à une bobine. Les dents peuvent être, le cas échéant, terminées à l'extrémité opposée à la partie centrale annulaire par une tête de retenue des bobines. Ces bobines peuvent être bobinées directement sur les dents. En variante, les dents peuvent recevoir des bobines préfabriquées. Les bobines peuvent être fixées sur les dents par tout moyen connu, par exemple par collage ou, dans le cas d'une pièce en matière plastique, par bouterollage de l'extrémité des dents. Les bobines peuvent encore être fixées sur les dents par encliquetage, par exemple.

La ou les bobines peuvent comporter par exemple entre 50 et 1000 spires, étant réalisées avec du fil émaillé dont le diamètre peut être par exemple compris entre 0,03 et 0,2 mm.

Le moyeu peut être agencé de manière à permettre la fixation d'au moins un aimant avec l'axe polaire de celui-ci orienté sensiblement perpendiculairement à l'axe de l'arbre d'entraînement lorsque les pales sont au neutre, c'est-à-dire lorsque le rotor génère une poussée dans une direction sensiblement parallèle à l'axe de l'arbre d'entraînement. Une telle disposition dudit au moins un aimant peut être préférée lorsque l'on utilise une bobine dont l'axe est sensiblement parallèle à celui de l'arbre d'entraînement, étant de préférence confondu avec celui-ci. Ledit au moins un aimant peut alors se loger à l'intérieur de la bobine. En variante, deux aimants disposés à l'extérieur de la bobine, par exemple sensiblement à mi-longueur de celle-ci, peuvent être utilisés.

Dans une autre réalisation particulière, le moyeu peut être agencé de manière à permettre la fixation d'au moins un aimant avec l'axe polaire de cet aimant sensiblement parallèle à celui de l'arbre d'entraînement. Une telle disposition peut être utilisée notamment lorsque le dispositif comporte une bobine dont l'axe est sensiblement coaxial avec l'arbre d'entraînement et que le ou les aimants sont extérieurs à la bobine, et notamment que l'on utilise deux aimants disposés au-dessus de celle-ci de façon excentrée.

Lorsque le dispositif comporte plusieurs bobines dont les axes sont non parallèles à celui de l'arbre d'entraînement, le moyeu peut être agencé de manière à permettre la fixation dudit au moins un aimant avec l'axe polaire de celui-ci sensiblement parallèle à l'axe de l'arbre d'entraînement lorsque les pales sont au neutre. Une telle
5 disposition dudit au moins un aimant convient tout particulièrement à l'utilisation d'au moins deux bobines ayant leurs axes sensiblement perpendiculaires à celui de l'arbre d'entraînement ou à l'utilisation de deux paires de bobines, comme indiqué ci-dessus.

Le support sur lequel est monté le moyeu peut comporter une chape à l'intérieur de laquelle est engagé au moins partiellement le moyeu.

10 Dans une réalisation particulière, le rotor comporte deux aimants disposés avec un écartement entre eux pour permettre le passage d'un axe par lequel le moyeu est articulé sur la chape.

Dans une autre réalisation particulière, le support comporte un tube dans lequel est engagé un axe par lequel le moyeu est articulé sur le support. Le moyeu peut alors
15 comporter, par exemple, deux aimants sur une face, ces aimants étant excentrés par rapport à l'arbre d'entraînement et situés au-dessus d'une bobine coaxiale à l'arbre d'entraînement.

Dans une autre réalisation encore, le support est agencé pour permettre une fixation par encliquetage du moyeu dessus. Le support peut notamment comporter au moins deux pattes élastiquement déformables et un logement pour un axe du moyeu,
20 lesdites pattes étant agencées pour retenir l'axe dans le logement. Ce dernier peut être réalisé de manière à permettre une rotation de l'axe relativement au support. En variante, le moyeu peut comporter un tube traversé intérieurement par un axe, et c'est le tube qui est agencé pour s'encliqueter dans le logement du support, ce tube étant alors fixe par rapport au support.

25 Une fixation par encliquetage du moyeu sur son support est avantageuse car elle simplifie la fabrication du rotor et peut permettre en outre, le cas échéant, une désolidarisation plus facile du moyeu en cas de crash de l'aéronef, réduisant ainsi les risques d'endommagement du rotor.

Le rotor peut comporter, le cas échéant, un mécanisme de réglage du pas
30 collectif, par exemple un mécanisme comportant des biellettes reliées d'une part aux pales et, d'autre part, directement ou indirectement, à un organe de réglage du pas collectif,

mobile par rapport à l'axe de l'arbre d'entraînement, cet organe de réglage pouvant être actionné par un servomoteur.

Le rotor peut comporter un système de stabilisation gyroscopique qui peut être de tout type connu en soi, comportant par exemple une barre de Bell ou des masselottes en avant du centre de gravité des pales, eu égard au sens de rotation du rotor. Ces masselottes peuvent par exemple être présentes sensiblement au niveau du bord d'attaque des pales, étant intégrées à celles-ci.

Le dispositif de commande peut comporter un dispositif de contrôle permettant de contrôler le courant électrique dans la ou les bobines de façon à obtenir les commandes du pas cyclique latéral et du pas cyclique longitudinal souhaitées.

Le dispositif de contrôle peut comporter au moins un capteur apte à délivrer une information relative à la position angulaire de l'ensemble rotatif autour de l'axe de l'arbre d'entraînement. Ce capteur peut être par exemple un capteur optique, capacitif ou magnétique. L'information concernant la position qu'il délivre peut être utile dans le cas où le dispositif de commande ne comporte qu'une seule bobine coaxiale à l'arbre d'entraînement. Dans le cas où le dispositif de commande comporte plusieurs bobines, le capteur de position peut ne pas exister.

L'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un dispositif de contrôle destiné à être relié à une ou plusieurs bobines permettant d'exercer un champ magnétique sur au moins un aimant tournant avec un rotor comportant au moins deux pales reliées par un moyeu, ce dispositif de contrôle étant agencé pour délivrer à la ou aux bobines un courant déterminé de manière à ce que l'interaction entre le champ magnétique produit par la ou les bobines et le ou les aimants génère un couple permettant de modifier l'orientation de la poussée du rotor de façon sélective.

Ce dispositif de contrôle peut éventuellement comporter un capteur de position apte à délivrer un signal prédéfini lorsque le rotor passe par une position angulaire prédéterminée. Dans ce cas, le dispositif de contrôle peut être agencé pour mesurer la durée d'une révolution du rotor et déterminer au moins un intervalle de temps pendant lequel un courant doit être envoyé dans au moins une bobine en fonction d'une consigne.

Le dispositif de contrôle peut encore être agencé pour alimenter au moins deux bobines non coaxiales, notamment deux bobines ayant leurs axes disposés à 90° l'un de l'autre, et être dépourvu de capteur de position.

L'invention s'applique tout particulièrement à la réalisation d'un hélicoptère radiocommandé, notamment un hélicoptère dont le rotor principal est entraîné par un moteur électrique. Le rotor de queue peut être entraîné par ce moteur électrique grâce à une transmission mécanique ou par un moteur électrique indépendant. L'hélicoptère peut
5 encore être, par exemple, à double rotor principal, les deux rotors étant contrarotatifs.

L'invention s'applique encore, selon un autre de ses aspects, à la réalisation d'un avion radiocommandé, le rotor étant par exemple disposé à l'avant de l'appareil ou sur une aile ou utilisé en mode propulsif à l'arrière de l'appareil. La modification de l'orientation de la poussée peut permettre de réaliser l'avion sans gouverne de direction ou
10 de profondeur, par exemple.

L'invention s'applique encore à un avion convertible ou à un dirigeable.

L'avion convertible peut comporter par exemple un actuateur permettant de modifier l'orientation de l'arbre d'entraînement relativement à l'axe longitudinal de l'aéronef, de façon à permettre un décollage et un atterrissage vertical.

15 L'aéronef peut être équipé, le cas échéant, d'au moins une caméra.

L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de mise en œuvre non limitatifs de celle-ci, et à l'examen du dessin annexé, sur lequel :

- la figure 1 représente de manière schématique et partielle, en perspective,
20 un exemple de rotor et de dispositif de commande,
- la figure 2 représente isolément, de manière schématique, l'extrémité supérieure de l'arbre d'entraînement de la figure 1 et la bobine,
- la figure 3 est une vue de dessous, schématique, du moyeu de la figure 1,
- la figure 4 représente de manière schématique, en perspective, une variante
25 de réalisation du moyeu,
- la figure 5 est une vue de côté, avec arrachement, d'une autre variante de réalisation,
- la figure 6 est une coupe schématique et partielle selon VI-VI de la figure 5,
- la figure 7 représente isolément l'extrémité supérieure de l'arbre
30 d'entraînement de la figure 5,
- la figure 8 représente de manière schématique l'installation électronique,
- la figure 9 représente de manière schématique le dispositif de contrôle,

- les figures 10 à 12 sont des schémas temporels illustrant différentes possibilités de commander le rotor, parmi d'autres,
- les figures 13 à 15 sont des vues schématiques illustrant d'autres agencements de bobines et d'aimants,
- 5 - la figure 16 est une variante du dispositif de contrôle dans le cas de l'utilisation de plusieurs bobines comme sur les figures 13 à 15,
- la figure 17 est une vue éclatée schématique représentant notamment une pièce de support des bobines,
- les figures 18 et 19 illustrent des modes de fixation, parmi d'autres, des
10 bobines sur la pièce de support de la figure 17,
- les figures 20 et 21 représentent de manière schématique une extrémité d'arbre d'entraînement permettant une fixation par encliquetage du moyeu, la figure 21 étant une vue selon la flèche XXI de la figure 20,
- la figure 20A est une vue analogue à la figure 20, représentant une variante
15 de réalisation,
- la figure 22 représente de manière partielle et schématique une variante de réalisation du moyeu,
- la figure 23 illustre de manière schématique et partielle un exemple de réalisation d'un mécanisme de commande du pas collectif,
- 20 - la figure 24 représente de manière schématique une pale comportant une masselotte,
- la figure 25 représente de manière schématique une variante de réalisation d'un système de stabilisation gyroscopique, comportant une barre de Bell,
- la figure 26 représente de manière schématique un hélicoptère équipé d'un
25 dispositif de commande selon l'invention, et
- la figure 27 représente de manière schématique un avion équipé d'un dispositif de commande selon l'invention.

On a représenté à la figure 1 un rotor 10 d'aéronef comportant d'une part un arbre d'entraînement 11 entraîné en rotation par un moteur électrique 12 autour d'un axe R
30 par l'intermédiaire d'un réducteur 13 et d'autre part un ensemble rotatif produisant la poussée, comportant deux pales 20 reliées par un moyeu 30, ce dernier pouvant pivoter autour d'un axe P perpendiculaire à l'axe R, de façon à modifier l'angle d'incidence des

pales. L'augmentation de l'angle d'incidence d'une pale 20 se traduit par une diminution de la même valeur de l'angle d'incidence de l'autre pale 20, et vice versa. En position neutre des pales 20, l'orientation du vecteur poussée est sensiblement coaxiale à l'axe R.

L'arbre d'entraînement 11 peut être muni en extrémité, comme on peut le voir
5 sur la figure 2, d'un tube 50 d'axe P, destiné à recevoir un axe 31 du moyeu 30, ce dernier étant représenté partiellement à une échelle agrandie sur la figure 3.

Dans l'exemple considéré, une bobine 60 est portée par un support 70 solidaire du châssis 80 de l'aéronef, ce support 70 étant traversé par l'arbre d'entraînement 11. La bobine 60 est reliée à un dispositif de contrôle 90, lui-même relié à un récepteur 100 qui
10 transmet au dispositif de contrôle 90 des informations reçues d'un émetteur non apparent sur la figure 1 mais représenté de manière schématique à la figure 8.

On a représenté à la figure 3 la face du moyeu 30 disposée en regard de la bobine 60. Le moyeu 30 comporte sur cette face deux aimants permanents 110 et 111 constitués dans l'exemple considéré chacun par un disque dont les grandes faces
15 définissent les pôles sud et nord de l'aimant.

L'aimant 110 a par l'exemple son pôle nord apparent et l'aimant 111 son pôle sud apparent. Les aimants 110 et 111 sont excentrés relativement à l'axe R et à la bobine 60, et sont exposés au champ magnétique produit par celle-ci lorsqu'elle est alimentée en courant par le dispositif de contrôle 90. L'interaction entre les aimants 110 et 111 et ce
20 champ magnétique produit un couple autour de l'axe P qui tend à modifier l'angle d'incidence des pales 20. En choisissant le moment où un courant électrique parcourt la bobine 60, on peut agir de manière sélective sur l'ensemble rotatif, comme cela sera expliqué plus loin.

On peut apporter diverses modifications au moyeu et à la disposition des
25 aimants sans sortir du cadre de la présente invention.

Dans l'exemple de la figure 3, les axes polaires de chacun des aimants 110 et 111 sont orientés sensiblement parallèlement à l'axe R lorsque les pales 20 sont au neutre.

Dans la variante illustrée à la figure 4, les axes polaires M des aimants sont sensiblement perpendiculaires aux axes R et P. Les aimants 110 et 111 peuvent être fixés
30 par exemple comme illustré sur des montants 33 du moyeu, ces montants 33 étant disposés de manière à ce que les aimants 110 et 111 se situent par exemple sensiblement à mi-

longueur de la bobine 60 et de chaque côté de celle-ci, pour être exposés au flux magnétique qui sort d'une face de la bobine pour rejoindre l'autre face.

On peut encore, comme illustré aux figures 5 à 7, disposer les aimants 110 et 111 de manière à ce que leur axe polaire M soit perpendiculaire aux axes R et P, à l'intérieur de la bobine 60.

L'arbre 11 est muni dans l'exemple de ces figures à son extrémité d'une chape 120 qui comporte deux montants 121 et 122 pourvus chacun d'un perçage 123 pour le passage d'un axe 124 qui permet d'articuler le moyeu 30 sur la chape 120 autour de l'axe P.

L'axe 124 est engagé dans un tube 135 solidaire du moyeu 30. Ce dernier comporte deux branches 131 reliant les pales à une partie centrale 132 qui se prolonge vers le bas et supporte les aimants 110 et 111, le pôle nord N de l'un de ces aimants étant face au pôle sud S de l'autre aimant, de manière à ce que les champs magnétiques générés par ces aimants s'ajoutent. Un espace 137 est formé entre ces aimants pour le passage du tube 135, ce dernier étant plus court que l'intervalle existant entre les montants 121 et 122 de la chape.

Dans l'exemple des figures 5 à 7, lorsqu'un courant électrique parcourt la bobine 60, les aimants 110 et 111 tendent à s'aligner avec les lignes de champ à l'intérieur de la bobine 60. Selon le sens du courant, on peut exercer un couple sur les aimants 110 et 111 qui tend à faire tourner le moyeu 130 autour de l'axe P.

L'aéronef peut être équipé, comme on le voit sur la figure 8, outre le dispositif de contrôle 90 et le récepteur 100, d'un variateur 101 permettant de faire varier la vitesse de rotation du moteur 12 et, dans le cas d'un hélicoptère, d'un servomoteur 103 ou d'un moteur auxiliaire relié au rotor d'anticouple. Ce servomoteur 103 peut être relié au récepteur 100 par l'intermédiaire d'un gyroscope 104, le cas échéant.

L'émetteur comporte par exemple deux manches 106 et 107 permettant de commander respectivement le pas cyclique longitudinal et le pas cyclique latéral.

Le dispositif de contrôle 90 comporte, dans l'exemple considéré, deux microcontrôleurs et des transistors de puissance commandés par les microcontrôleurs pour envoyer des impulsions de courant à la bobine 60.

L'un des microcontrôleurs est utilisé par exemple pour décoder les informations reçues du récepteur 100 afin de déterminer quelles sont les consignes concernant le pas cyclique longitudinal et le pas cyclique latéral.

5 L'autre microcontrôleur peut être agencé pour envoyer des impulsions de courant dans la bobine 60 au bon moment, de façon à créer un couple sur le moyeu provoquant la modification souhaitée du vecteur poussée.

10 Le dispositif de contrôle 90 peut comporter un circuit à boucle de verrouillage de phase qui permet à tout instant de connaître la position angulaire du rotor. Un capteur de position 91 peut envoyer, comme illustré à la figure 9, un signal à chaque passage du rotor par une position de référence. Ce capteur de position 91 peut comporter par exemple un capteur magnétique et le rotor un aimant 92 fixé sur un disque 93 tournant avec l'arbre 11, comme représenté à la figure 1.

15 Le dispositif de contrôle 90 peut comporter un oscillateur asservi en fréquence par les signaux du capteur de position 91, qui oscille à un multiple N de la fréquence de rotation de l'arbre, et permet de découper la durée de chaque tour en N intervalles de temps.

20 Lors de la rotation du rotor, chaque intervalle de temps définit un intervalle angulaire en ° égal à $360/N$. Ainsi, au $n^{\text{ième}}$ intervalle de temps depuis le passage à la position de référence, la position angulaire du rotor est dans la $n^{\text{ième}}$ tranche à partir de la tranche correspondant à la position de référence.

La durée d'une révolution peut être partagée en quatre secteurs égaux, comme on peut le voir sur les figures 10 à 12.

25 On suppose sur la figure 10 que la durée de chaque tour est partagée en quatre secteurs égaux s_1 à s_4 . La durée du parcours de chaque secteur est le quart de la durée d'une révolution. La commande est effectuée à partir de deux consignes C_x et C_y , l'axe X coupe les secteurs s_1 et s_3 , tandis que l'axe Y coupe les secteurs s_2 et s_4 .

La position angulaire t_0 correspond au passage du rotor par la position de référence, détectée au moyen du capteur 91.

30 On suppose que l'orientation de l'axe polaire M du ou des aimants et le sens du courant dans la bobine 60 sont tels qu'une impulsion positive de courant dans la bobine à un intervalle de temps Δt centré sur l'axe X dans le premier secteur s_1 provoque un couple qui tend, par effet gyroscopique, à modifier le vecteur poussée vers l'avant, ce qui permet

par exemple de faire avancer l'hélicoptère. On suppose qu'une impulsion de courant positive dans un intervalle de temps centré sur l'axe Y dans le deuxième cadran permet de modifier l'orientation du vecteur poussée vers la droite. De manière similaire, une impulsion de courant positive dans la bobine 60 dans un intervalle de temps, centré dans
5 l'axe X, dans le troisième secteur s_3 permet d'incliner le vecteur poussée vers l'arrière et centré sur l'axe Y dans le quatrième secteur s_4 vers la gauche.

Afin d'exercer un couple plus ou moins important sur le moyeu 30 pour incliner plus ou moins le vecteur poussée dans la direction souhaitée, on peut faire varier par exemple la largeur Δt de l'impulsion de courant de manière symétrique par rapport à
10 l'axe X ou Y concerné.

L'amplitude de déplacement du manche 106 commandant le pas cyclique longitudinal sur l'émetteur de la radiocommande peut ainsi se traduire par une impulsion de courant plus ou moins longue dans le premier secteur s_1 ou dans le troisième secteur s_3 , selon que le manche est poussé vers l'avant ou vers l'arrière. L'amplitude de déplacement
15 du manche 107 commandant le pas cyclique latéral peut se traduire par une impulsion de courant plus ou moins longue dans les deuxième s_2 ou quatrième s_4 secteurs. On peut également, en variante, faire varier l'amplitude du courant qui est injecté dans la bobine, avec une durée constante pour l'impulsion de courant.

On peut encore faire varier à la fois la durée de l'impulsion et son amplitude ou
20 la découper avec un rapport cyclique variable.

Pour provoquer une inclinaison vers l'avant du vecteur poussée, on peut soit envoyer une impulsion de courant positive dans la bobine dans le premier secteur s_1 , soit envoyer une impulsion de courant négative dans le secteur opposé s_3 , comme illustré à la figure 11.

De préférence, à chaque révolution, on associe à une impulsion de polarité donnée dans l'un des secteurs, une impulsion de polarité opposée dans le secteur diamétralement opposé, comme illustré à la figure 12.

De nombreuses modifications peuvent être apportées aux exemples qui viennent d'être décrits sans que l'on sorte du cadre de la présente invention.

30 On peut par exemple utiliser au moins deux bobines 160 et 161 dont les axes A et B sont contenus dans un plan sensiblement perpendiculaire à l'axe R et au moins un

aimant dont l'axe polaire est sensiblement parallèle à l'axe R, comme illustré à la figure 13.

On peut encore utiliser trois bobines 160, 161 et 162 d'axes respectifs A, B, C, comme représenté respectivement sur la figure 14. Les axes A, B et C sont disposés à 120°
5 les uns des autres.

Sur la figure 15, on a représenté quatre bobines 160, 161, 162 et 163 dont les axes respectifs A, B, C, D sont disposés à angle droit les uns des autres. Dans cette disposition, il est avantageux d'associer les bobines par paires, de manière à ce que leurs champs magnétiques s'ajoutent, le ou les aimants tournant dans l'espace 165 ménagé entre
10 les paires de bobines.

Dans le cas où l'on utilise au moins deux bobines, comme illustré sur les figures 13 à 15, le dispositif de contrôle peut ne plus comporter de capteur de position.

En fonction des consignes C_x et C_y , le dispositif de contrôle envoie dans les bobines un courant qui peut être constant tout au long d'une révolution pour une consigne
15 fixe. Afin de diminuer la consommation d'énergie, on peut également synchroniser l'envoi d'une impulsion de courant dans une bobine avec le passage de l'ensemble rotatif dans une position prédéfinie.

Lorsque l'on utilise au moins deux bobines dont les axes sont contenus dans un plan sensiblement perpendiculaire à l'axe de l'arbre d'entraînement, les bobines sont
20 avantageusement disposées sur une pièce de support 170, qui peut avoir par exemple la forme illustrée à la figure 17 dans le cas de quatre bobines associées par paires.

Ce support comporte une partie centrale annulaire 171 sur laquelle se raccordent quatre dents 172 et pourvues de têtes 173 de retenue des bobines.

Ces têtes 173 peuvent être formées par exemple d'un seul tenant avec le reste
25 de la pièce par moulage ou par injection, auquel cas les conducteurs électriques des bobines peuvent être enroulés directement sur les dents 172.

En variante, les dents avec leurs têtes peuvent être fixées sur la partie annulaire centrale 171 après mise en place des bobines sur les dents ou bobinage de celles-ci sur les dents, les dents 172 pouvant être fixées sur la partie annulaire centrale 171 par collage,
30 soudage, encliquetage ou tout autre moyen de fixation.

Les dents peuvent encore être réalisées sans têtes, puis les bobines être retenues sur les dents 172 par bouterollage de leur extrémité 174, comme illustré à la figure 18. En

variante, comme représenté à la figure 19, les dents peuvent comporter une extrémité 175 agencée pour permettre la fixation par encliquetage des bobines.

La fixation du moyeu sur le reste du rotor peut être effectuée de diverses manières et il peut être avantageux de fixer le moyeu par encliquetage sur son support de
5 façon à faciliter la fabrication du rotor et également, le cas échéant, permettre une désolidarisation des pales et du moyeu du reste du rotor en cas de crash, ce qui peut diminuer le risque d'endommager l'aéronef.

On a illustré aux figures 20 et 21 un exemple de support 180 permettant une fixation du moyeu par encliquetage.

10 Ce support comporte par exemple deux montants 181 et 182 pourvus chacun d'un logement 183 dans lequel peut se fixer par encliquetage une extrémité d'un axe servant de pivot au moyeu ou d'un tube logeant un tel axe.

Chaque montant comporte également au moins une patte élastique 184 qui permet de retenir cet axe ou ce tube dans le logement 183.

15 La figure 20A représente une variante dans laquelle le moyeu comporte des pattes élastiques 184 et l'arbre 11 un axe 195 correspondant.

L'axe qui permet l'articulation du moyeu sur son support peut être, le cas échéant, réalisé d'un seul tenant avec le moyeu 30, comme illustré sur la figure 22. Sur cette dernière, l'axe comporte deux portions 190 qui sont par exemple destinées à se fixer
20 par encliquetage dans les logements 183 précités.

Le cas échéant, le rotor peut comporter une commande du pas collectif, comme illustré à la figure 23.

La commande de pas collectif peut être réalisée de multiples manières et par exemple au moyen d'une tige de commande 201 et d'un ensemble de biellettes 200.

25 Dans l'exemple de la figure 1, l'ensemble rotatif est équipé d'un système de stabilisation gyroscopique comportant deux masselottes 40 en avant du centre de gravité des pales et de leur bord d'attaque 21.

En variante, les masselottes 41 peuvent être intégrées dans les pales, notamment dans leur bord d'attaque, comme illustré à la figure 24.

30 Dans une variante encore, comme illustré à la figure 25, le système de stabilisation gyroscopique peut comporter une barre de Bell 42, laquelle peut être munie en extrémité de palettes 43.

L'invention convient tout particulièrement à la commande de l'orientation du vecteur poussée d'un hélicoptère radiocommandé tel que par exemple celui représenté schématiquement à la figure 26.

5 Un tel hélicoptère comporte outre le rotor principal un rotor de queue 220, lequel peut être entraîné en rotation par le même moteur que le rotor principal ou par un moteur différent.

L'invention s'applique également à la commande de l'orientation du vecteur poussée de l'hélice d'un avion, tel que par exemple celui représenté de façon schématique à la figure 27.

10 On peut apporter de nombreuses modifications aux divers exemples de mise en œuvre de l'invention qui viennent d'être décrits et notamment combiner entre elles les caractéristiques de ceux-ci.

Dans toute la description, y compris les revendications, l'expression « comportant un » doit être comprise comme étant synonyme de « comportant au moins un », sauf si le contraire est spécifié.

15

REVENDICATIONS

1. Dispositif permettant de modifier l'orientation de la poussée d'un rotor d'aéronef, ce rotor comportant :
- 5 - un ensemble rotatif comportant deux pales (20) reliées par un moyeu (30),
- un support rotatif sur lequel peut être monté le moyeu avec une possibilité d'orientation autour d'un axe de pivotement (P) de manière à modifier l'angle d'incidence des pales,
- un arbre (11) d'entraînement en rotation dudit support rotatif,
- 10 ce dispositif pouvant se caractériser par le fait qu'il comporte en outre :
- au moins un aimant permanent (110 ; 111) solidaire de l'ensemble rotatif,
- au moins une bobine (60 ; 160 ; 161 ; 162 ; 163) disposée de manière à créer, lorsque alimentée par un courant électrique, un champ magnétique interagissant avec l'aimant, de façon à créer un couple permettant de faire tourner l'ensemble rotatif autour
- 15 de l'axe de pivotement (P) et de modifier l'angle d'incidence des pales.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comporte une seule bobine (60).
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé par le fait que l'axe de la bobine (60) est sensiblement parallèle à celui (R) de l'arbre d'entraînement (11).
- 20 4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comporte plusieurs bobines (160 ; 161 ; 162 ; 163).
5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé par le fait que les bobines (160 ; 161 ; 162 ; 163) ont des axes (A ; B ; C ; D) sensiblement parallèles à un plan perpendiculaire à l'axe (R) de l'arbre d'entraînement (11).
- 25 6. Dispositif selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisé par le fait qu'il comporte au moins deux bobines dont les axes, de préférence sensiblement sécants, font entre eux un angle de 90°.
7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé par le fait qu'il comporte quatre bobines associées par paires, deux bobines d'une même paire ayant sensiblement le même axe, l'angle entre les axes des deux paires étant sensiblement de 90°.
- 30 8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé par le fait que deux bobines d'une même paire définissent entre elles un espace (165) dans lequel ledit au moins un

aimant permanent peut être disposé, de façon à être exposé au champ magnétique créé par les bobines.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comporte au moins une bobine fixée sur un support traversé par l'arbre d'entraînement.

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comporte plusieurs bobines supportées par une même pièce (170).

11. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé par le fait que ladite pièce comporte une partie annulaire centrale (171) traversée par l'arbre d'entraînement et à sa périphérie des dents (172) servant chacune de noyau à une bobine.

12. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le moyeu (30) est agencé de manière à permettre la fixation d'au moins un aimant avec l'axe polaire de celui-ci orienté sensiblement perpendiculairement à l'axe de l'arbre d'entraînement lorsque les pales sont au neutre.

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé par le fait qu'il comporte une bobine unique (60) et par le fait que ledit au moins un aimant est disposé à l'intérieur de la bobine.

14. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé par le fait qu'il comporte une bobine unique (60) et par le fait qu'il comporte en outre deux aimants disposés à l'extérieur de la bobine, sensiblement à mi-longueur de celle-ci.

15. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le moyeu est agencé de manière à permettre la fixation d'au moins un aimant avec l'axe polaire de cet aimant sensiblement parallèle à celui (R) de l'arbre d'entraînement.

16. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé par le fait qu'il comporte une bobine unique dont l'axe est sensiblement coaxial avec l'arbre d'entraînement et que le ou les aimants sont extérieurs à la bobine.

17. Dispositif selon la revendication 16, caractérisé par le fait qu'il comporte deux aimants disposés au-dessus de la bobine (60) de façon excentrée.

18. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comporte plusieurs bobines dont les axes sont non parallèles à celui de l'arbre d'entraînement, le moyeu étant agencé de manière à permettre la fixation dudit au moins un aimant avec l'axe

polaire de celui-ci sensiblement parallèle à l'axe de l'arbre d'entraînement, lorsque les pales sont au neutre.

19. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le support sur lequel est monté le moyeu comporte une chape à l'intérieur de laquelle est engagé au moins partiellement le moyeu.

20. Dispositif selon la revendication 19, caractérisé par le fait que le rotor comporte deux aimants disposés avec un écartement entre eux pour permettre le passage d'un axe par lequel le moyeu est articulé sur la chape.

21. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le support comporte un tube (50) dans lequel est engagé un axe par lequel le moyeu est articulé sur le support.

22. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le support est agencé pour permettre une fixation par encliquetage du moyeu dessus.

23. Dispositif selon la revendication 22, caractérisé par le fait que le support comporte au moins deux pattes élastiquement déformables (184) et un logement (183) pour un axe du moyeu.

24. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le rotor comporte un mécanisme de réglage du pas collectif.

25. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le rotor comporte un système de stabilisation gyroscopique.

26. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comporte un dispositif de contrôle permettant de contrôler le courant électrique dans la ou les bobines de façon à obtenir les commandes du pas cyclique latéral et du pas cyclique longitudinal souhaitées.

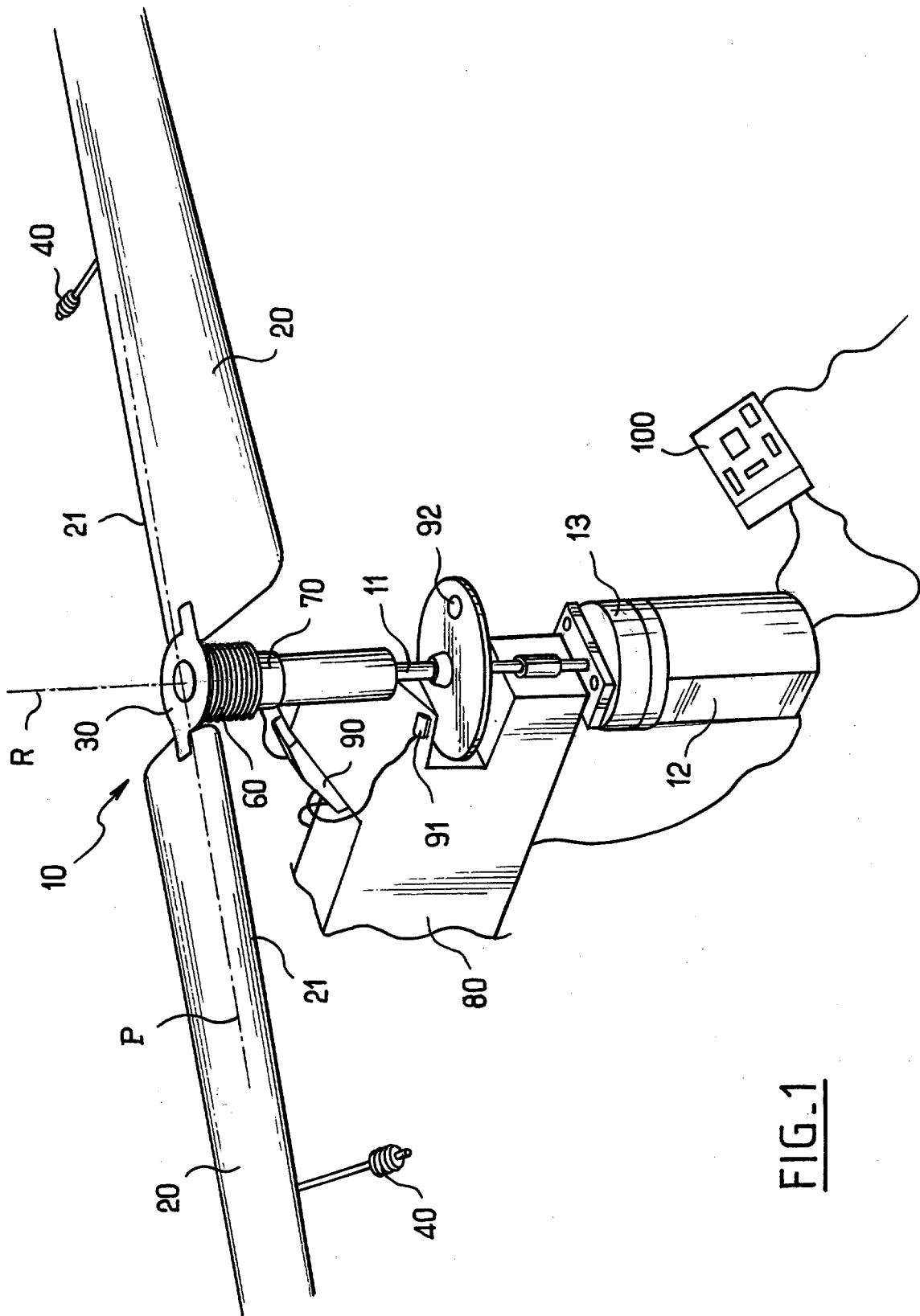
27. Dispositif de contrôle (90) destiné à être relié à une ou plusieurs bobines permettant d'exercer un champ magnétique sur au moins un aimant tournant avec un rotor comportant au moins deux pales reliées par un moyeu, ce dispositif de contrôle étant agencé pour délivrer à la ou aux bobines un courant déterminé de manière à ce que l'interaction entre le champ magnétique produit par la ou les bobines et le ou les aimants génère un couple permettant de modifier l'orientation de la poussée du rotor de façon sélective.

28. Dispositif selon la revendication 27, caractérisé par le fait qu'il comporte un capteur de position (91) apte à délivrer un signal prédéfini lorsque le rotor passe par une position angulaire prédéterminée.

29. Aéronef équipé d'un dispositif de commande tel que défini dans l'une
5 quelconque des revendications 1 à 26.

30. Aéronef selon la revendication 29, caractérisé par le fait qu'il constitue un hélicoptère radiocommandé.

1 / 9

FIG. 1

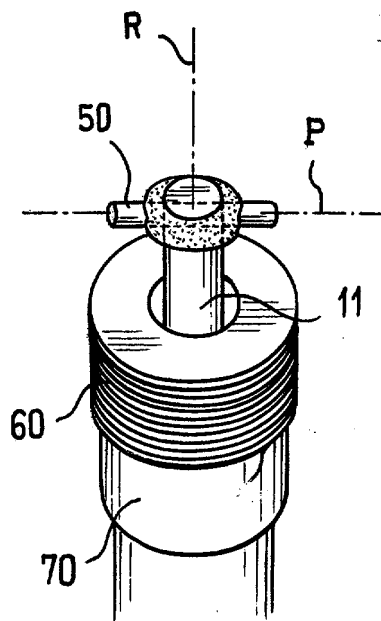


FIG. 2

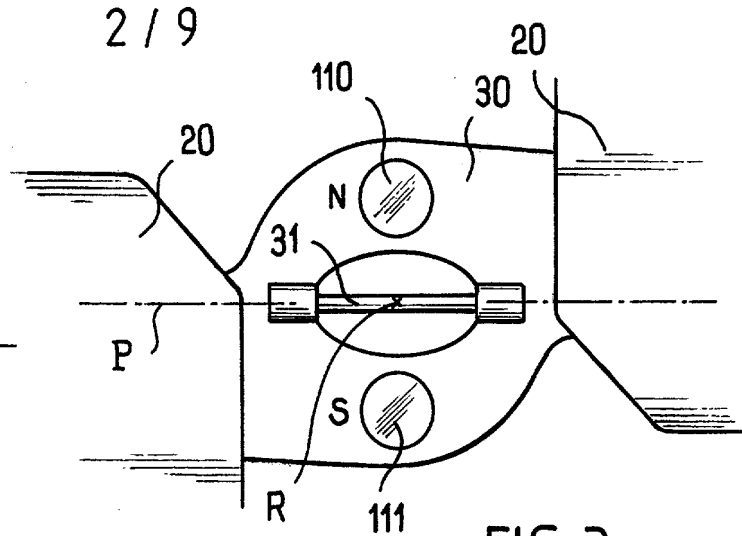


FIG. 3

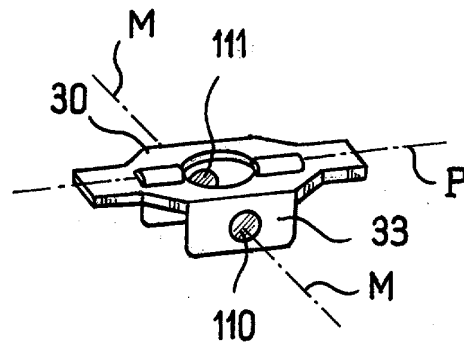


FIG. 4

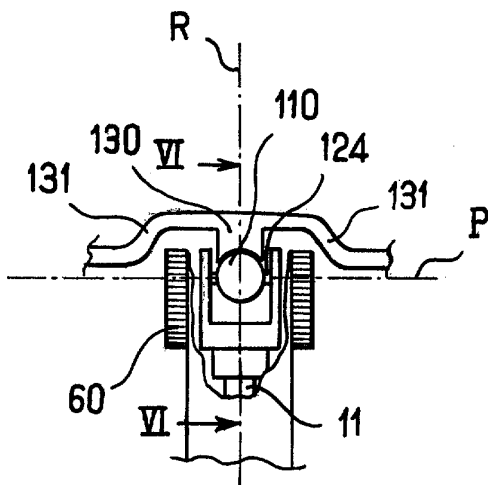


FIG. 5

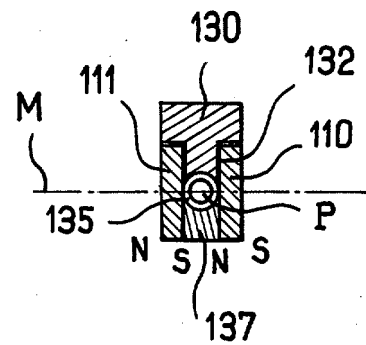


FIG. 6

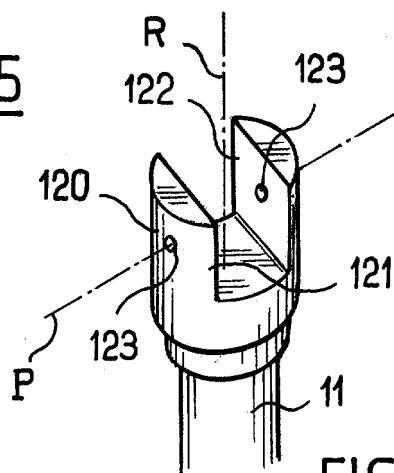
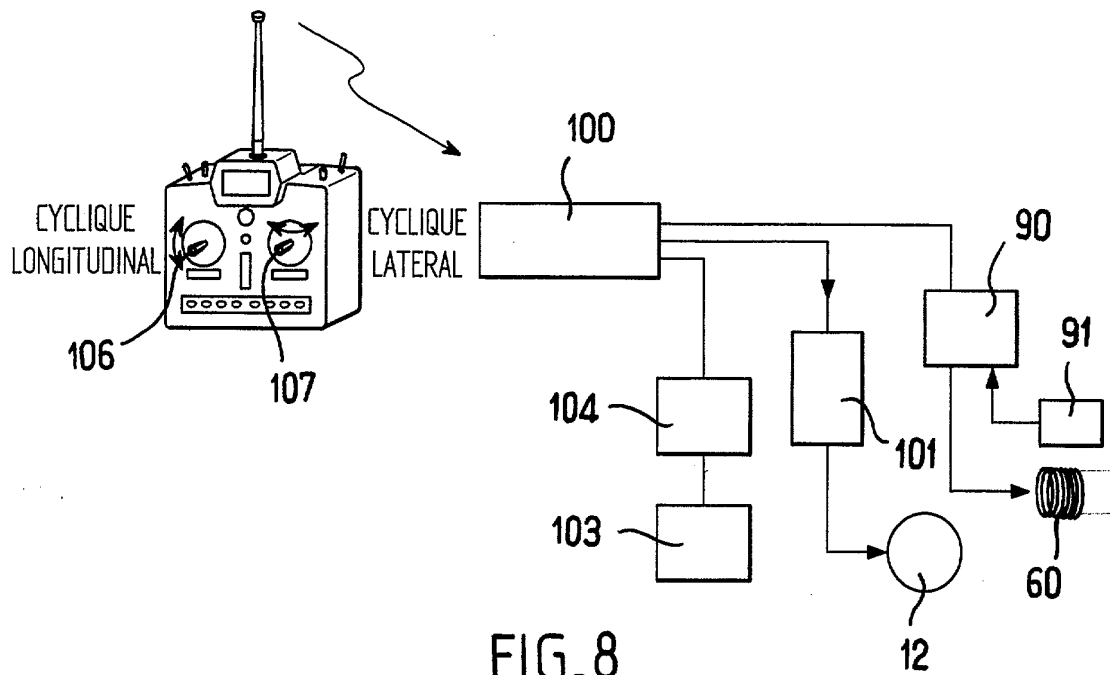
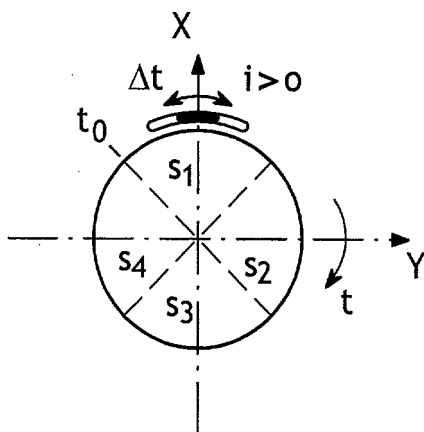
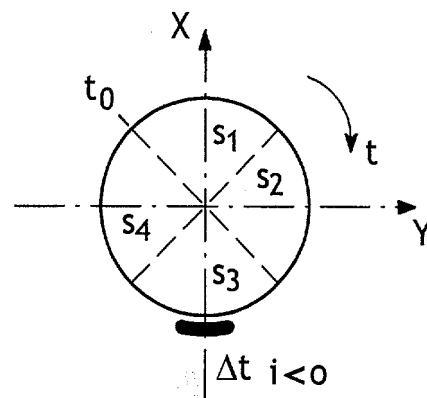
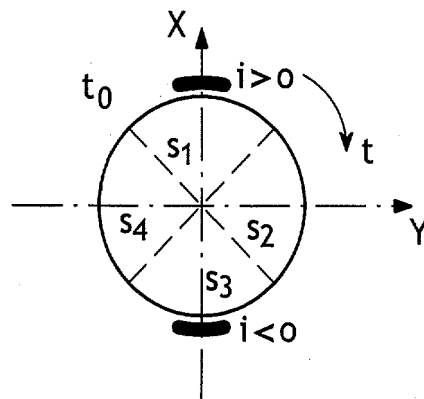
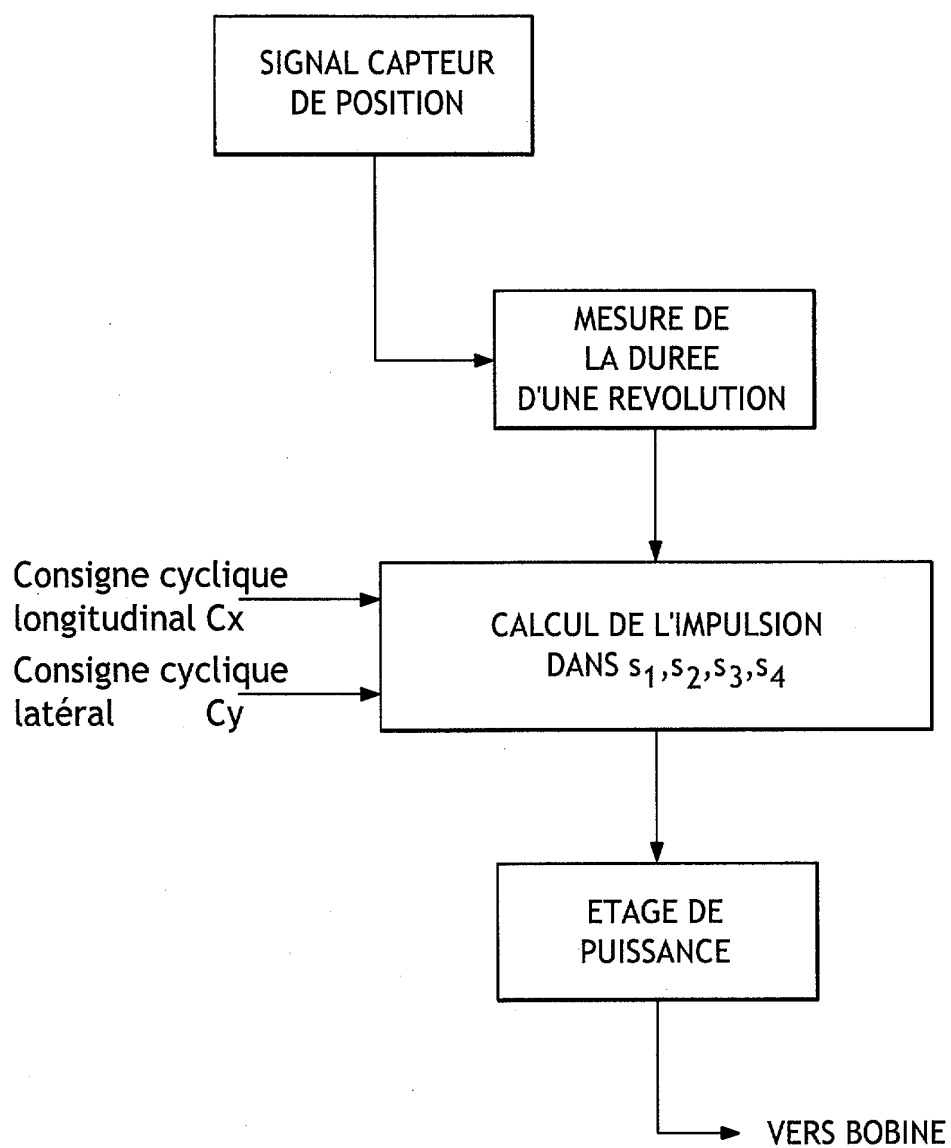


FIG. 7

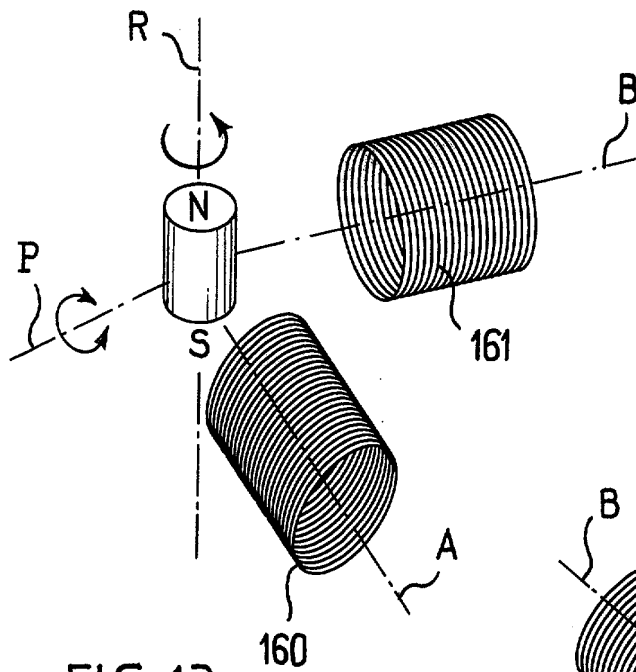
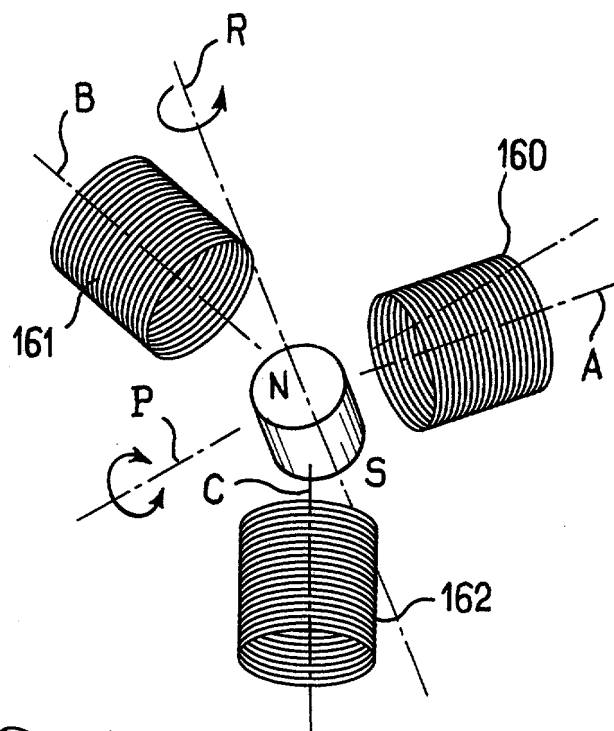
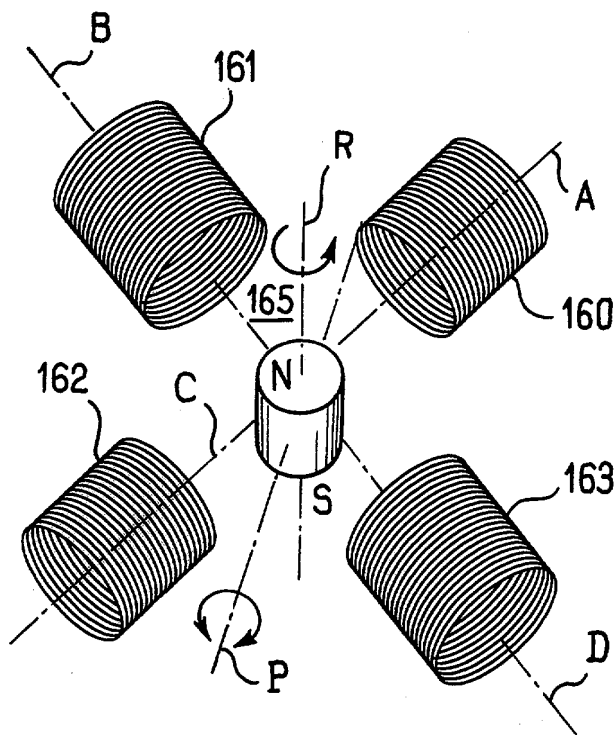
3 / 9

FIG. 8FIG. 10FIG. 11FIG. 12

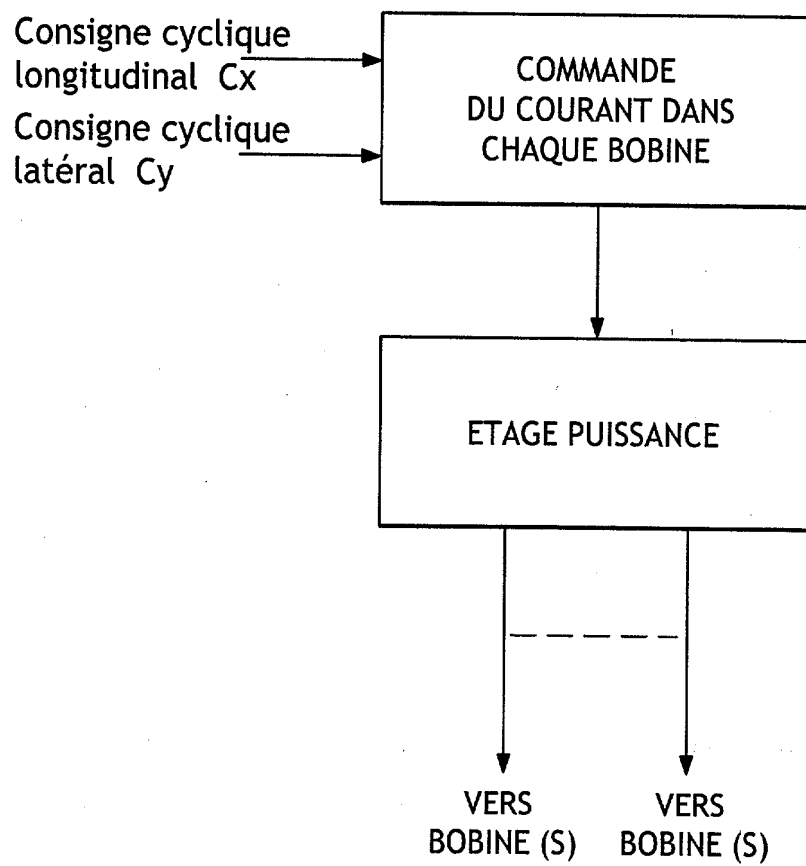
4 / 9

FIG.9

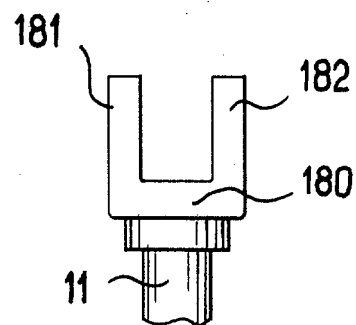
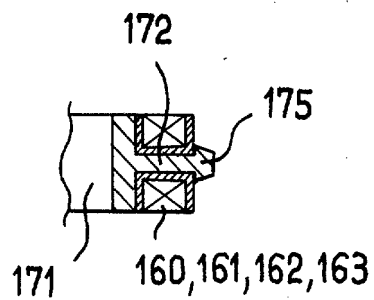
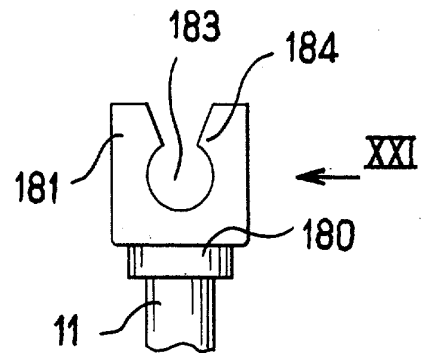
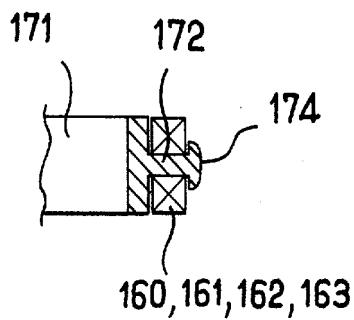
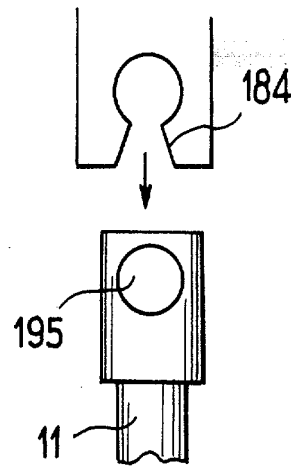
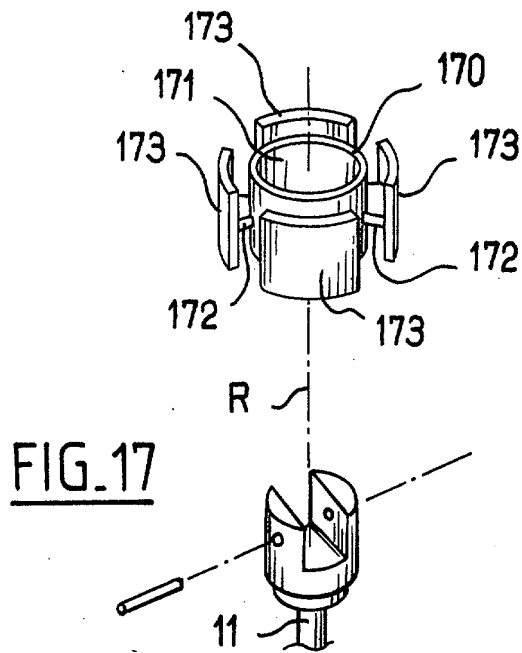
5 / 9

FIG. 13FIG. 14FIG. 15

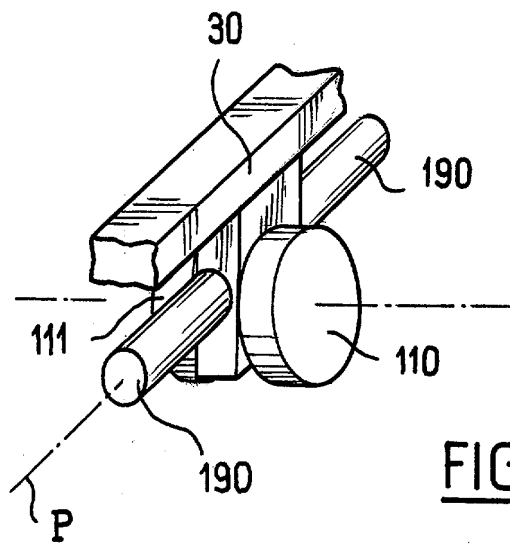
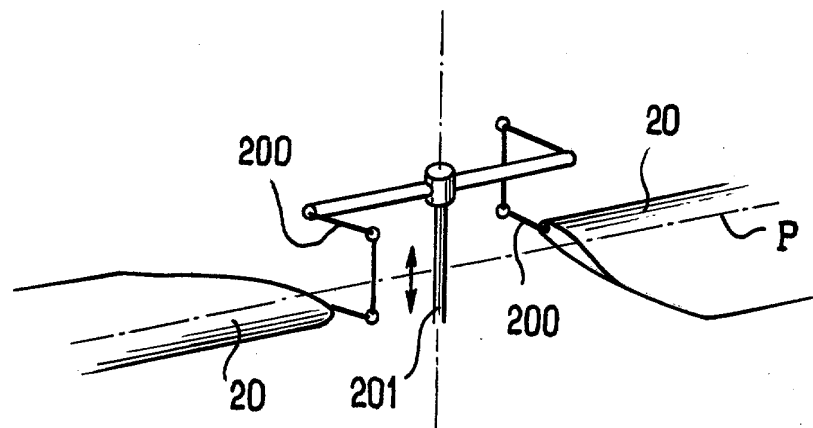
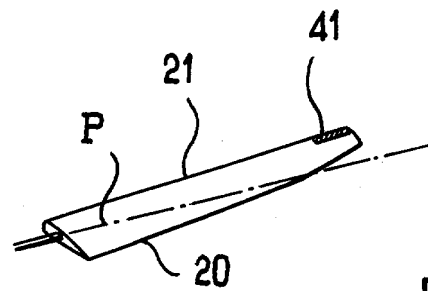
6 / 9

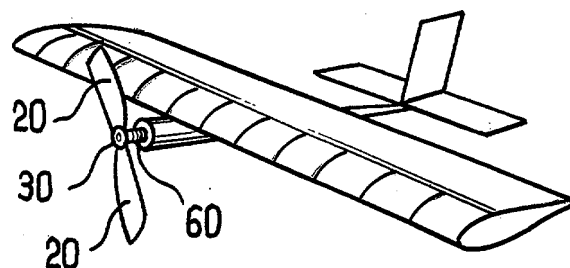
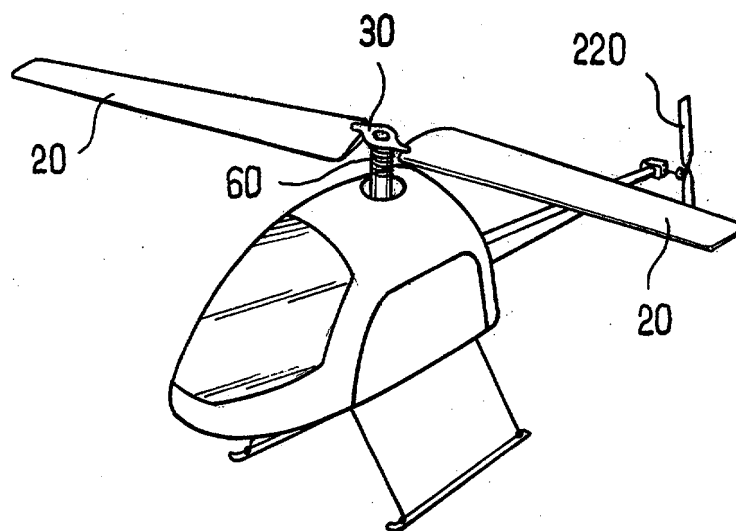
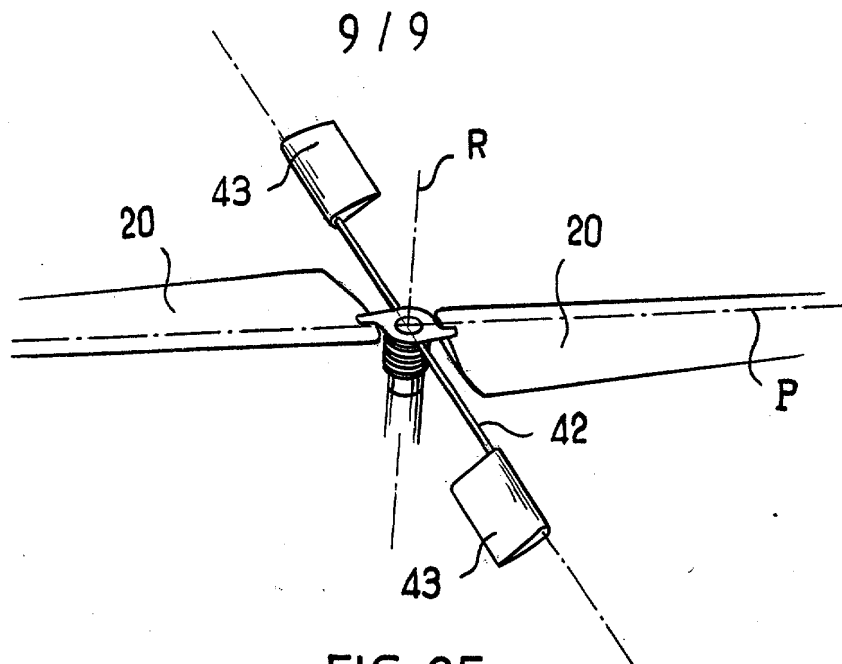
FIG.16

7 / 9



8 / 9

FIG. 22FIG. 23FIG. 24





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 631185
FR 0302675

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 02 070094 A (VOGEL HERIBERT) 12 septembre 2002 (2002-09-12) * page 13, ligne 12 - page 20, ligne 7 * * page 24, ligne 20 - page 25, ligne 24 * * page 27, ligne 5 - page 28, ligne 22 * * figures 1A-1F, 3, 5 *	1-4, 24-30	A63H17/39 A63H27/133
A	US 6 354 536 B1 (TERPAY GREGORY WESTON ET AL) 12 mars 2002 (2002-03-12) * colonne 10, ligne 61 - colonne 11, ligne 52 * * figure 10 *	1, 2, 13	
A	US 4 071 811 A (ARLYLE FLOYD IRWIN) 31 janvier 1978 (1978-01-31) * le document en entier *	27, 28	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.Cl.7)
			A63H B64C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
21 octobre 2003		Pedersen, K	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0302675 FA 631185

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **21-10-2003**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 02070094 A	12-09-2002	DE 10125734 A1	26-09-2002
		DE 20121609 U1	10-04-2003
		WO 02070094 A2	12-09-2002
		WO 02070098 A2	12-09-2002
		EP 1320407 A2	25-06-2003
US 6354536 B1	12-03-2002	CA 2421853 A1	14-02-2002
		EP 1309482 A1	14-05-2003
		WO 0212063 A1	14-02-2002
US 4071811 A	31-01-1978	AUCUN	