

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 02.09.15.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 03.03.17 Bulletin 17/09.

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

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : PARZY BENJAMIN — FR.

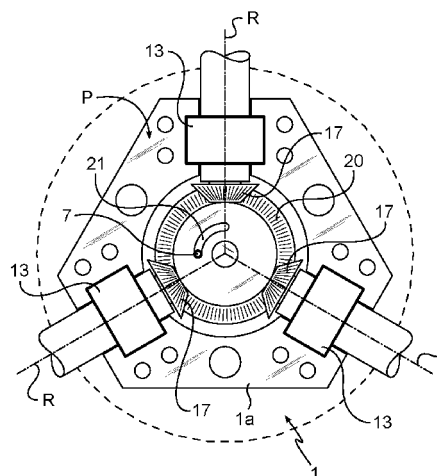
⑦② Inventeur(s) : PARZY BENJAMIN.

⑦③ Titulaire(s) : PARZY BENJAMIN.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BOETTCHER.

⑤④ HELICE AERIEENNE A PALES LIBREMENT PIVOTANTES.

⑤⑦ L'invention concerne une hélice aérienne comportant un moyeu central apte à être accouplé à un organe d'entraînement en rotation selon un axe de rotation, le moyeu portant une pluralité de pales (10) montées librement à pivotement sur le moyeu autour d'axes sensiblement radiaux (R), dans laquelle, chacune des pales comporte un appendice aérodynamique (15) fixe en vol conformé pour stabiliser aérodynamiquement la pale autour de son axe de pivotement à une incidence d'équilibre (α) proche d'une incidence de meilleure finesse, les pales ayant une plage de pivotement suffisante pour permettre cette stabilisation aérodynamique lorsque l'hélice est entraînée en rotation.



L'invention concerne une hélice aérienne à pales librement pivotantes entraînable par un moteur, notamment pour aéronefs, hydroglisseurs...

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

5 Les hélices comportent un moyeu portant une pluralité de pales. Les pales sont soit montées fixes sur le moyeu, soit montées pivotantes sur le moyeu selon des axes radiaux, de sorte que leur orientation angulaire ou pas soit modifiable.

10 L'invention vise plus particulièrement les hélices aériennes entraînées en rotation par un moteur. On distingue ainsi les hélices à pas fixe, les hélices à pas fixe mais réglable au sol, et les hélices à pas variable en vol.

15 Les hélices à pas fixe ont le mérite de la simplicité, mais ne peuvent être optimisées que pour un régime de vol particulier. On trouve ainsi des hélices à pas fixe optimisées pour la croisière (grand pas), mais qui pénalisent les performances de décollage et de montée, ou au contraire des hélices à pas fixe optimisées
20 pour le décollage et la montée (petit pas), mais qui pénalisent les performances de croisière.

Il existe également des hélices à pas fixe réglable au sol qui permettent d'adapter le régime de
25 l'hélice à un aéronef et aux circonstances d'utilisation de celui-ci. Pour ce faire, les pales sont ajustables angulairement autour d'axes radiaux. Ainsi, si l'on prévoit un long voyage, il sera judicieux d'augmenter le pas des pales pour privilégier les performances de croisière. Au
30 contraire, si l'aéronef est utilisé uniquement pour faire

des tours de piste ou est amené à décoller d'altiports, il sera judicieux de diminuer le pas des pales.

L'idéal est cependant de pouvoir adapter le pas des pales en vol. Pour ce faire, il est connu des hélices à pas variable dont les pales sont montées pivotantes sur le moyeu selon des axes radiaux, un mécanisme de variation de pas permettant d'adapter le pas des pales en fonction du régime de vol pour les faire fonctionner, autant que faire se peut, à une incidence proche de l'incidence de meilleure finesse à chaque régime de vol. On rappelle ici que la finesse d'une pale est le rapport entre la portance et la traînée développée par la pale pour une incidence donnée. L'incidence de la pale est l'angle que fait une corde de référence de la pale avec la direction de la vitesse aérodynamique locale. Les mécanismes de variation de pas agissent en général sur le pied des pales pour orienter celles-ci, soit sélectivement dans l'une de deux positions angulaires extrêmes (petit pas, grand pas), soit continument entre ces deux positions. Ils font appel à diverses technologies (hydraulique, électrique, deux positions, automatique, vitesse constante...) Ces mécanismes de variation de pas compliquent singulièrement le moyeu de l'hélice, et souvent, introduisent une commande supplémentaire à gérer par le pilote. En outre, ces hélices nécessitent un entretien accru, et sont significativement plus onéreuses et plus lourdes que les hélices à pas fixe.

On connaît également, du document FR546394 une hélice à pas variable dont les pales sont montées libres en pivotement autour d'un axe de pivotement radial, l'orientation angulaire autour de l'axe de pivotement

étant réglée aérodynamiquement au moyen d'un volet de bord de fuite dont le braquage est ajustable en vol par une commande centrale. La libre rotation des pales permet l'adaptation quasi- instantanée des pales aux conditions
5 de vol transitoires (notamment en cas de rafales). En outre, la pale ne transmet aucun moment de torsion vers le moyeu. Enfin, la pale se cale d'elle-même à son incidence d'équilibre, qui dépend du braquage du volet. Cependant, il reste à prévoir un mécanisme centralisé de
10 braquage des volets des pales non décrit qui, bien que nécessitant beaucoup moins de puissance que les mécanismes à pas variable agissant sur les pieds de pales, présente les mêmes inconvénients que ceux-ci. Qui plus est, un tel mécanisme doit laisser les pales libres de
15 pivoter autour de leur axe de pivotement, ce qui en complexifie sa conception.

Dans le domaine maritime, on connaît des hélices à pales librement pivotantes, par exemple les hélices Variprop ou Autostream de la société allemande SPW. Les
20 pales sont liées en pivotement par une roue dentée centrale qui coopère avec des pignons coniques de pied de pale. Les pales (qui sont très peu vrillées, voire planes) se mettent collectivement en drapeau lors que le moteur est à l'arrêt. Cependant, lors des phases motori-
25 sées, les pales pivotent jusqu'à être arrêtées par une butée de pas qui définit une position angulaire des pales unique, de sorte que l'hélice fonctionne comme une hélice à pas fixe. Sur les hélices Kiwiprops de la société néo-zélandaise Kiwi Feather Props, les pales sont indépen-
30 dantes en pivotement et peuvent donc s'orienter individuellement. Cependant, leur orientation lors des phases

motorisées est également déterminée mécaniquement par une butée de pas. Ces hélices ont donc un régime de fonctionnement restreint.

OBJET DE L'INVENTION

5 Il existe donc un besoin pour une hélice aérienne d'un rendement étendu à tous les régimes de vol mais restant simple, de maintenance et de coût réduit.

PRESENTATION DE L'INVENTION

10 En vue de la réalisation de ce but, on propose une hélice pour aéronef comportant un moyeu central définissant un axe de rotation de l'hélice, le moyeu portant une pluralité de pales montées librement à pivotement sur le moyeu autour d'axes sensiblement radiaux, dans laquelle, selon l'invention, chacune des pales comporte un
15 appendice aérodynamique fixe en vol conformé pour stabiliser aérodynamiquement la pale autour de son axe de pivotement à une incidence d'équilibre proche d'une incidence de meilleure finesse, les pales ayant une plage de pivotement suffisante pour permettre cette stabilisation
20 aérodynamique lorsque l'hélice est entraînée en rotation.

Ainsi, l'appendice aérodynamique génère autour de l'axe de pivotement de la pale un moment qui contre le moment généré par le corps de la pale de sorte que la pale s'oriente d'elle-même vers son incidence
25 d'équilibre, de façon purement automatique et passive. Aucune commande n'est nécessaire. En outre la plage de pivotement permet à chaque pale de fonctionner à son incidence d'équilibre à tous les régimes de vol motorisés.

L'hélice de l'invention, bien que légèrement plus
30 complexe qu'une hélice à pas fixe, reste cependant particulièrement simple en comparaison des hélices pour aéro-

nef à pas variable de l'art antérieur puisqu'elle ne nécessite aucun mécanisme de commande de pas.

Selon un aspect particulier de l'invention, l'hélice est équipée de butées empêchant les pales de pivoter au-delà d'une incidence de portance nulle lorsque l'hélice n'est pas entraînée en rotation, assurant ainsi la mise en drapeau automatique lorsque le moteur est arrêté. En effet, si les pales pouvaient pivoter librement jusqu'à leur incidence de meilleure finesse alors que le moteur entraînant l'hélice est arrêté, les pales se mettraient à produire un couple ayant tendance à faire tourner l'hélice et donc le moteur en sens inverse du sens habituel d'entraînement, ce qui peut générer une traînée d'hélice importante. En bloquant le pivotement des pales à l'incidence de portance nulle, l'hélice ne peut se mettre en rotation en sens inverse, et un frein de faible puissance suffit pour bloquer l'hélice en rotation si le moteur arrêté ne génère pas de couple de freinage suffisant. Qui plus est, l'incidence de portance nulle correspond sensiblement à l'incidence de traînée minimale, ce qui minimise la traînée de l'hélice.

Selon un autre aspect particulier de l'invention, l'appendice aérodynamique est porté en tête de pale. L'appendice aérodynamique est ainsi situé dans une zone de forte vitesse tangentielle amplifiant son efficacité aérodynamique de sorte qu'une surface réduite suffit. De plus, placé en extrémité de pale, il engendre une répartition de portance favorable diminuant la traînée induite de la pale.

Bien entendu, il est judicieux d'équilibrer chacune des pales autour de son axe de pivotement, en plus

d'équilibrer l'hélice entière autour de son axe de rotation.

DESCRIPTION DES FIGURES

5 L'invention sera mieux comprise à la lumière de la description qui suit d'un mode de réalisation particulier de l'invention, en référence aux figures des dessins annexés, parmi lesquelles :

- La figure 1 est une vue en perspective éclatée d'une hélice tripale à pales librement pivotantes selon
10 l'invention et pourvue d'une synchronisation des pales ;

- La figure 2 est une vue de face de l'hélice de la figure 1, une partie du moyeu étant été omise pour plus de clarté ;

- La figure 3 est une vue d'une pale de l'hélice de la figure 1, munie de son appendice aérodynamique ;
15

- Les figures 4A à 4C sont des schémas illustrant la pale de la figure 3 en bout dans divers régimes de vol ;

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION

20 PARTICULIER DE L'INVENTION

L'hélice illustrée sur les figures tourne autour d'un axe de rotation X et comporte un moyeu 1 recevant une pluralité de pales 10 montées à pivotement sur le moyeu 1 selon des axes de pivotement radiaux R s'étendant
25 dans un plan P perpendiculaire à l'axe de rotation X . Le moyeu 1 comporte un support arrière 1a et un support avant 1b accouplés l'un à l'autre selon un plan de joint confondu avec le plan P. Les supports 1a, 1b définissent des cavités 2 cylindriques dont les axes géométriques
30 sont les axes de pivotement radiaux R. Les supports 1a, 1b sont assemblés par des boulons 3 s'étendant parallèle-

ment à l'axe X. Ils comportent par ailleurs des orifices 4 traversants pour le passage de tirants de solidarisation du moyeu 1 à la platine d'un arbre moteur pour l'entraînement de l'hélice en rotation.

5 Chacune de pales 10 comporte un corps 11 allongé de forme aérodynamique s'étendant entre un pied 12 portant un palier 13 et une tête 14 recevant un appendice aérodynamique 15.

10 Le corps 11 comporte des sections transversales en forme de profils aérodynamiques (par exemple des profils Clark Y) adaptés à générer une force aérodynamique FA dont la projection sur l'axe de rotation X contribue à la traction développée par l'hélice lors de sa rotation. La position angulaire de ces sections autour de l'axe de
15 pivotement varie continuellement de sorte que le corps de pale est vrillé.

 Le palier 13 est choisi de tout type permettant un libre pivotement de la pale autour de son axe de pivotement avec un frottement réduit, tout en reprenant efficacement les efforts que transmet la pale lors du fonctionnement de l'hélice, notamment, l'effort de traction dû à l'accélération centrifuge et la flexion due à l'effort aérodynamique s'exerçant sur la pale. On pourra
20 par exemple utiliser un palier à billes, à rouleaux, à aiguilles. La libre rotation de la pale autour de son axe de pivotement empêche toute transmission de torsion entre la pale et le moyeu.

 Pour assurer la stabilité aérodynamique de la pale autour de son axe de pivotement, le foyer aérodynamique F du corps de pale n'est pas sur l'axe de pivotement R, mais est décalé en arrière de celui-ci (par référé-
30

rence à l'écoulement aérodynamique autour de la pale)
d'une distance b , de sorte que l'effort aérodynamique
portant FA créant un moment avec un bras de levier b qui
s'ajoute au moment aérodynamique M s'exerçant sur la pale
5 pour ramener son incidence vers une incidence de dépor-
tance. L'appendice aérodynamique 15 est conformé pour
générer un effort aérodynamique déportant FA' avec un
bras de levier b' plus important que le bras de levier b .
L'appendice aérodynamique 15 crée donc un moment de pivo-
10 tement adverse. L'incidence d'équilibre α de la pale est
atteinte lorsque ces moments s'égalisent en valeur abso-
lue. Cet équilibre est stable.

L'appendice aérodynamique 15 se situe en tête de
pale, dans une région de vitesse tangentielle v_t maxi-
15 male, de sorte qu'il bénéficie d'une efficacité aérodyna-
mique accrue (celle-ci augmente avec le carré de la vi-
tesse). En outre, le bras de levier b peut être choisi
assez faible, de sorte que l'effort déportant FA' que
l'appendice doit générer est lui-même faible. L'équilibre
20 et sa stabilité peuvent donc être obtenus avec un effort
adverse FA' modeste, bien inférieur à l'effort FA généré
par le corps de pale.

En outre, cette déportance limitée en extrémité
de pale a pour effet de modifier la répartition de por-
25 tance le long de la pale dans un sens tendant à diminuer
la traînée induite de la pale, ce qui est particulière-
ment favorable.

Pour illustrer le fonctionnement de l'hélice de
l'invention, La figure 4A correspond au point fixe avant
30 décollage. La vitesse apparente V est égale à la vitesse
tangentielle V_t . L'hélice tourne à son régime maximal,

mais l'aéronef est encore immobile. La pale est à son incidence d'équilibre α , et donc à un pas minimal (angle ϕ , ici égal à l'incidence d'équilibre α), permettant à l'hélice de développer une traction maximale, pour un couple résistant réduit.

La figure 4B correspond au régime de croisière. L'aéronef avance à la vitesse V_x . La vitesse apparente V est égale à la somme vectorielle de la vitesse tangentielle V_t et la vitesse d'avancement V_x . La pale est à son incidence d'équilibre α , et donc à un pas de croisière ϕ plus important que le pas minimal.

La figure 4C correspond à un cas d'arrêt moteur en vol. La vitesse apparente V est égale à la vitesse d'avancement V_x . La pale tend à pivoter vers son incidence d'équilibre, mais est arrêtée par une butée B du moyeu à son incidence de portance nulle. Cette position est stable puisque, sans cette butée, la pale continuerait à pivoter vers son incidence d'équilibre (illustrée en pointillés) au-delà de l'incidence de portance nulle. On assure ainsi une mise en drapeau automatique.

Bien entendu, on aura intérêt à faire en sorte que l'incidence d'équilibre α de la pale soit proche de l'incidence de meilleure finesse de la pale, de façon à maximiser son efficacité aérodynamique.

Lorsque l'axe de rotation X présente une incidence par rapport à la direction de la vitesse de l'aéronef, les pales subissent une -légère- variation cyclique de la vitesse prise dans le plan de chaque section, et donc une légère variation de direction de cette vitesse dans ledit plan. En l'absence de synchronisation, dans une situation où les pales sont librement pivotantes

et indépendantes, les pales vont donc avoir tendance à battre -très légèrement- en pivotement entre ces deux positions. Cette tendance est atténuée par les frottements du palier, qui s'ils sont faibles, ne sont pas nuls, ainsi que par l'amortissement aérodynamique s'exerçant sur les pales. Si l'on a pris la précaution d'équilibrer les pales autour de leur axe de pivotement R, ce battement n'engendrera aucun effet inertiel déstabilisateur.

On peut cependant vouloir empêcher ce battement en synchronisant les pales entre elles pour qu'elles pivotent ensemble et simultanément d'une même quantité. Ainsi, une pale qui serait entraînée à pivoter dans un sens pour adapter son incidence serait empêchée par une pale qui serait entraînée en sens inverse. Un exemple de mécanisme de synchronisation est illustré à la figure 4. Celui-ci comprend des pignons coniques 17 solidaires des pales et montés sous le pied des pales coaxialement à leur axe de pivotement. Les pignons coniques 17 des pales coopèrent avec une roue dentée de synchronisation 20 montée tournante sur le moyeu selon l'axe X. La roue dentée 20 solidarise les pales en rotation et impose à toutes les pales un mouvement de pivotement uniforme et simultané.

Selon un aspect particulier de l'invention, le moyeu 1 comporte un doigt 7 engagé dans une lumière 21 en arc de cercle de la roue dentée 20. Le doigt 7 limite ainsi le débattement en pivotement des pales, et coopère avec l'une des extrémités de la lumière 21 pour définir la butée B de mise en drapeau des pales illustrée à la figure 4C.

On remarquera que les efforts de synchronisation à transmettre sont faibles, et que les pignons et la roue dentée illustrés peuvent être réalisés en une matière synthétique légère ne nécessitant pas de graissage.

5 Les pales pivotent donc d'elles-mêmes pour atteindre leur incidence d'équilibre dans une plage étendue de régimes de vol motorisés. En particulier, des rafales peuvent perturber localement l'écoulement autour des pales. Celles-ci répondent en pivotant rapidement à la
10 traversée de la rafale, puis reprennent leur incidence initiale, ce qui diminue de façon significative les contraintes de rafale, et donc contribue à diminuer notablement la fatigue des pales.

L'invention n'est pas limitée à ce qui vient
15 d'être décrit, mais englobe au contraire toute variante entrant dans le cadre défini par les revendications. En particulier, bien que les pales illustrées ici présentent un appendice aérodynamique en tête de pale pour assurer la stabilisation, cet appendice aérodynamique pourra
20 prendre d'autres formes et être disposé sur la pale à un autre endroit, par exemple le long du bord de fuite de la pale.

En outre, l'appendice aérodynamique, bien qu'il soit fixe en vol, peut être prévu réglable au sol afin
25 d'ajuster l'incidence d'équilibre. En particulier, l'appendice aérodynamique peut être un composant distinct rapporté de façon réglable sur le corps de la pale, ce qui peut faciliter la fabrication de la pale.

Enfin, la butée de mise en drapeau n'est pas né-
30 cessaire si le moteur est capable soit de contrer le couple de rotation inverse engendré par l'hélice, soit de

la laisser tourner en moulinet, dans le sens inverse du sens de rotation habituel (fonctionnement en générateur). Bien entendu, la trainée globale de l'hélice s'en trouve augmentée.

REVENDECATIONS

1. Hélice aérienne comportant un moyeu central (1) apte à être accouplé à un organe d'entraînement en rotation selon un axe de rotation (X) , le moyeu portant une pluralité de pales (10) montées librement à pivotement sur le moyeu autour d'axes sensiblement radiaux (R), dans laquelle, selon l'invention, chacune des pales comporte un appendice aérodynamique (15) fixe en vol conforme pour stabiliser aérodynamiquement la pale autour de son axe de pivotement à une incidence d'équilibre (α) proche d'une incidence de meilleure finesse, les pales ayant une plage de pivotement suffisante pour permettre cette stabilisation aérodynamique lorsque l'hélice est entraînée en rotation.

2. Hélice selon la revendication 1, dans lequel l'appendice aérodynamique (15) s'étend en tête de pale et est adapté à créer un effort déportant.

3. Hélice selon la revendication 1, dans lequel chaque pale comporte un palier (13) en pied de pale à billes, aiguilles ou rouleaux.

4. Hélice selon la revendication 1, dans lequel le moyeu comporte une butée (B ;7) pour arrêter chaque pale à une incidence de portance nulle lorsque l'hélice n'est pas entraînée en rotation.

5. Hélice selon la revendication 1, comportant un mécanisme de synchronisation des pales (17,20) pour forcer toutes les pales à tourner uniformément et simultanément.

6. Hélice selon la revendication 5, dans lequel le mécanisme de synchronisation des pales comporte une roue centrale (20) de synchronisation montée à rotation

sur le moyeu selon l'axe de rotation (X) de l'hélice et coopérant avec des pignons (17) chacun solidaires de l'une des pales.

5 7. Hélice selon la revendication 6, dans laquelle le moyeu porte un doigt qui est engagé dans une lumière de la roue centrale de synchronisation pour définir une butée de mise en drapeau de l'hélice.

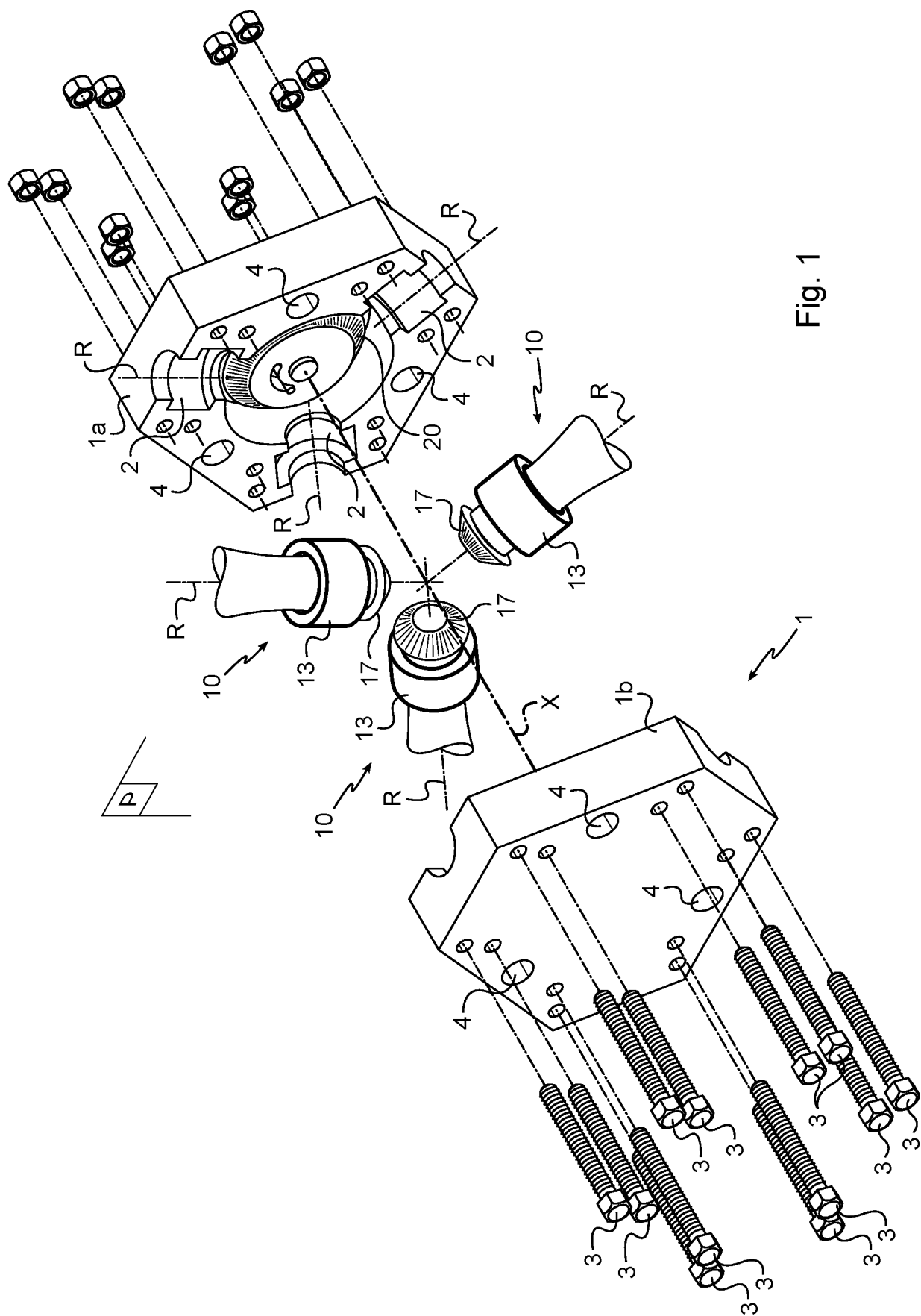


Fig. 1

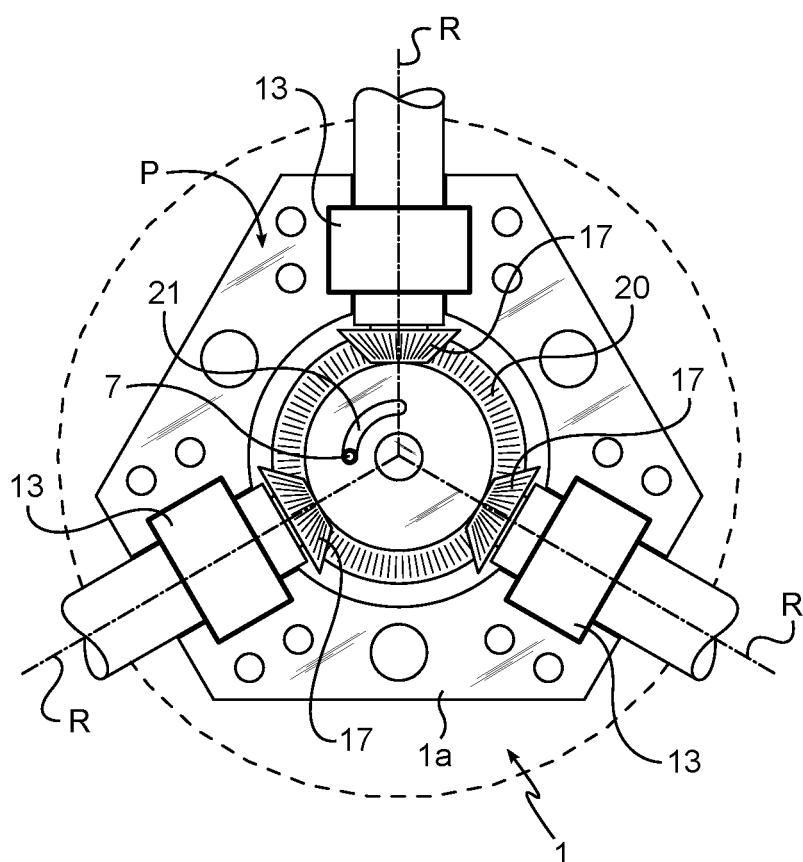


Fig. 2

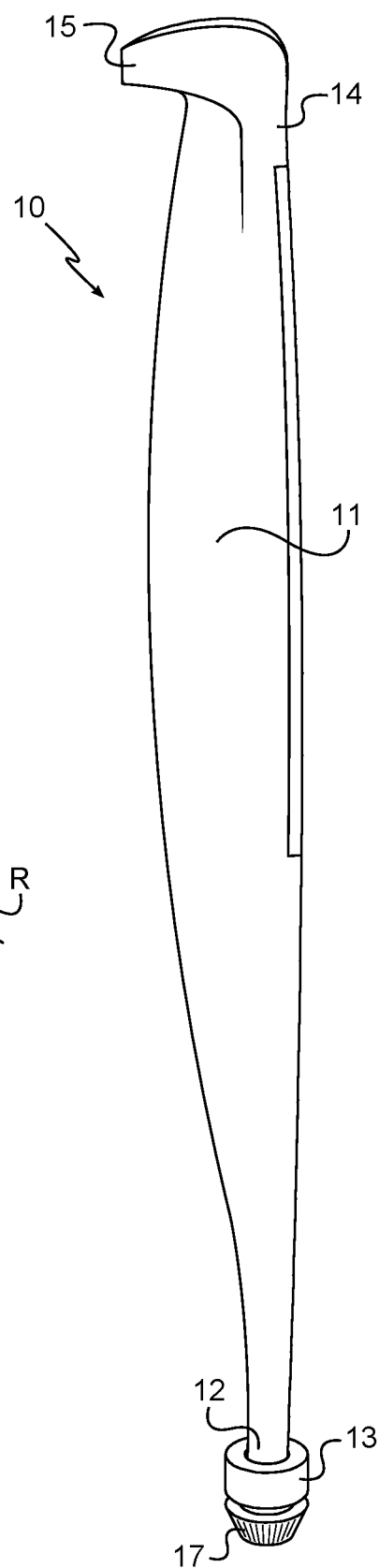
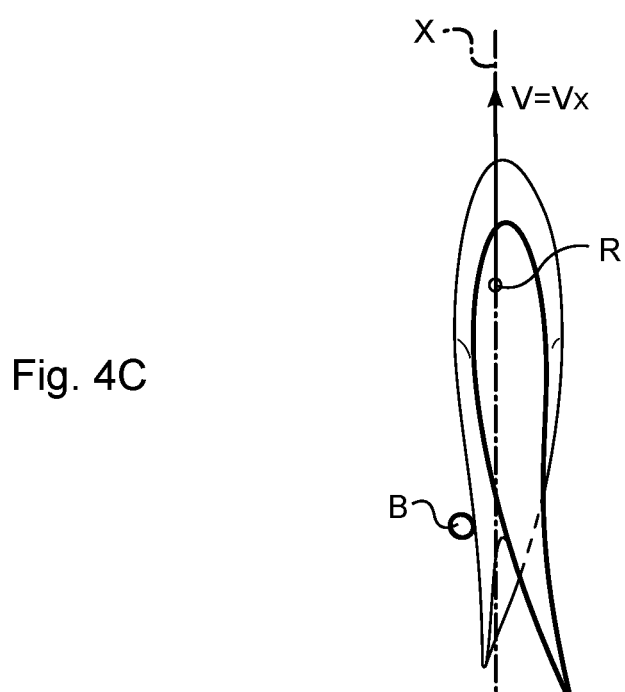
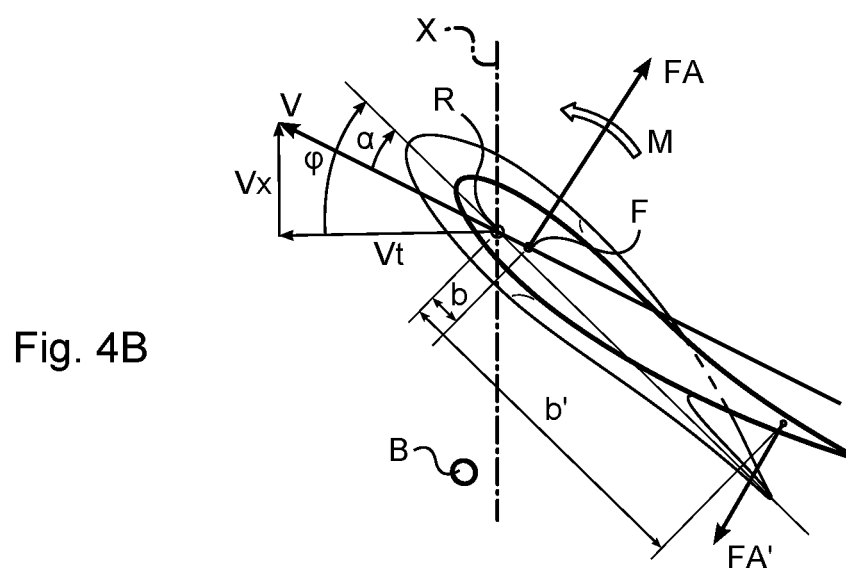
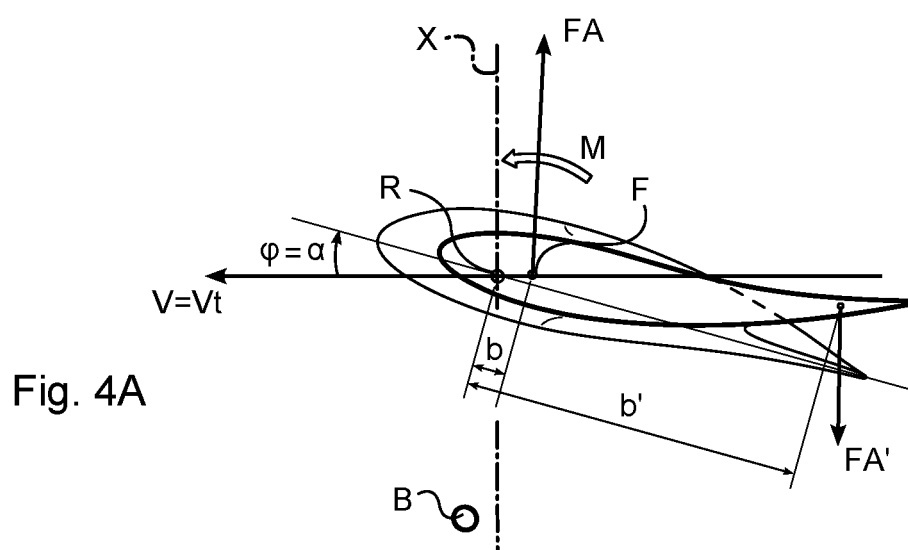


Fig. 3





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 814426
FR 1558140

[illegible]

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1558140 FA 814426**

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 **01-07-2016**

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
US 1931710	A	24-10-1933	AUCUN	
FR 887526	A	16-11-1943	AUCUN	
FR 433055	A	23-12-1911	AUCUN	
FR 859700	A	24-12-1940	AUCUN	
FR 546394	A	08-11-1922	AUCUN	