

VII. — L'hélice automatique Ratier à deux valeurs de pas

Il y aura bientôt cinq ans que nous présentions ici l'hélice métallique *Ratier* à pas variable en vol (n° 127, p. 407). Nous décrivions alors l'ingénieuse solution de l'ancrage des pales par butée à billes hélicoïdale utilisée pour la première fois.

**MONTAGE DES PALES
PAR BUTÉE A BILLES HÉLICOÏDALE.**

Force centrifuge. — La force centrifuge tend à arracher le pied de pale de son logement. Si donc l'on ancre ce pied non à plat, comme avec un roulement ordinaire, mais par vissage, — et même par vissage sur billes, pour diminuer le frottement — les filets imposeront à la pale une rotation sur elle-même; cette rotation sera dans le sens de l'augmentation du pas ou dans celui de la diminution selon que la vis s'enroulera dans un sens ou dans l'autre.

Par ailleurs, la pale obéira d'autant plus facilement à la contrainte de pivotement que les filets seront plus proches de la verticale.

Couple centrifuge. — La force centrifuge, outre la tendance à l'arrachement, qui est fonction de la masse totale de la pale, donne naissance à un couple dit de torsion de la pale sur elle-même, couple qui dépend de la distribution de cette masse et, par conséquent, de l'évolution des profils, de la courbure de la fibre neutre, etc.

Ce couple a un sens bien déterminé. Pour employer une image aérodynamique, l'hélice tend à se mettre en drapeau au point de vue massique, c'est-à-dire : pour le fonctionnement au point fixe, à disposer le plan moyen de ses pales dans le plan de rotation et, en vol, à le disposer, probablement, suivant le plan tangent à l'hélicoïde décrit. Le couple tend à faire diminuer le pas.

Équilibrage de la force centrifuge par le couple de torsion. — L'ancrage hélicoïdal a permis à *Ratier* d'obtenir, pour un sens et une inclinaison convenables du filet, des composantes égales suivant ce filet, et opposées (fig. 1), de la force centrifuge et du couple de torsion. De cette façon, l'hélice — nous négligeons ici les éléments secondaires du problème : réaction aérodynamique, etc., — se trouve dans une sorte d'équilibre indifférent, et l'on peut commander la rotation des pales sur elles-mêmes avec des efforts faibles, aussi bien pour augmenter le pas que pour le diminuer.

Nous ne pouvons revenir sur l'exposé mathématique très facile à suivre que nous avons fait de cet équilibrage et renvoyons à notre article précité.

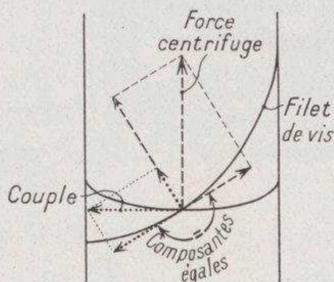


Fig. 1. — Schéma de l'équilibrage des forces dans l'ancrage hélicoïdal d'un pied de pale.

L'interposition de billes entre les chemins que constituent les filets n'ajoute à la réalisation de l'ancrage hélicoïdal qu'un caractère d'élégance mécanique mais ne modifie pas le principe du fonctionnement.

**COMMANDE
AUTOMATIQUE.**

Les variations du pas dans la première hélice *Ratier* étaient commandées par le pilote, au moyen d'un train d'engrenages et de vérins; *Ratier* a ensuite mis au point une commande par moteur électrique, avec très forte démultiplication. Il a enfin réalisé une commande automatique pour enlever au pilote tout souci.

Le nombre des paramètres en fonction desquels l'automatisme peut être recherché, est important : le régime et la puissance, l'altitude, la vitesse. On peut concevoir une commande automatique qui tiendrait compte de ces trois éléments, mais elle serait probablement d'une complication inquiétante.

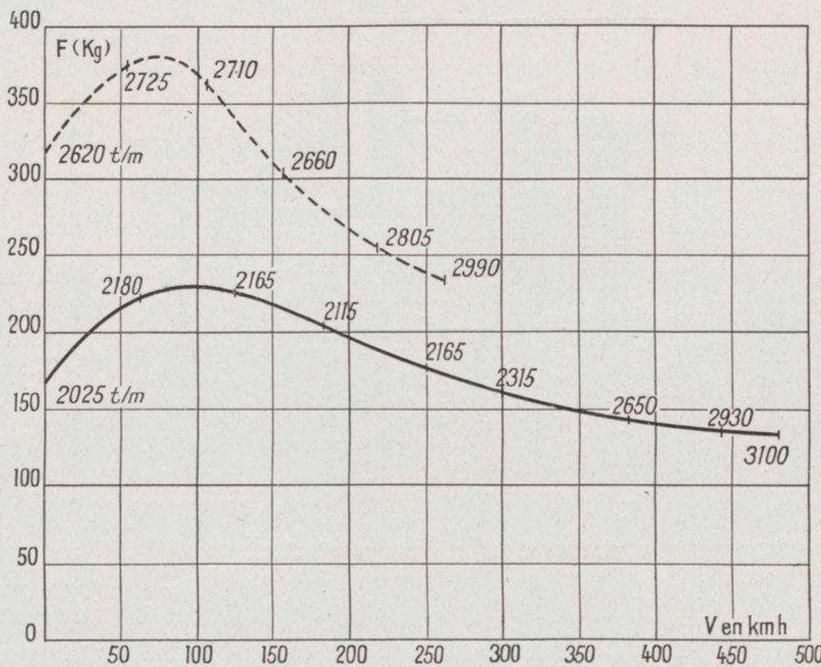
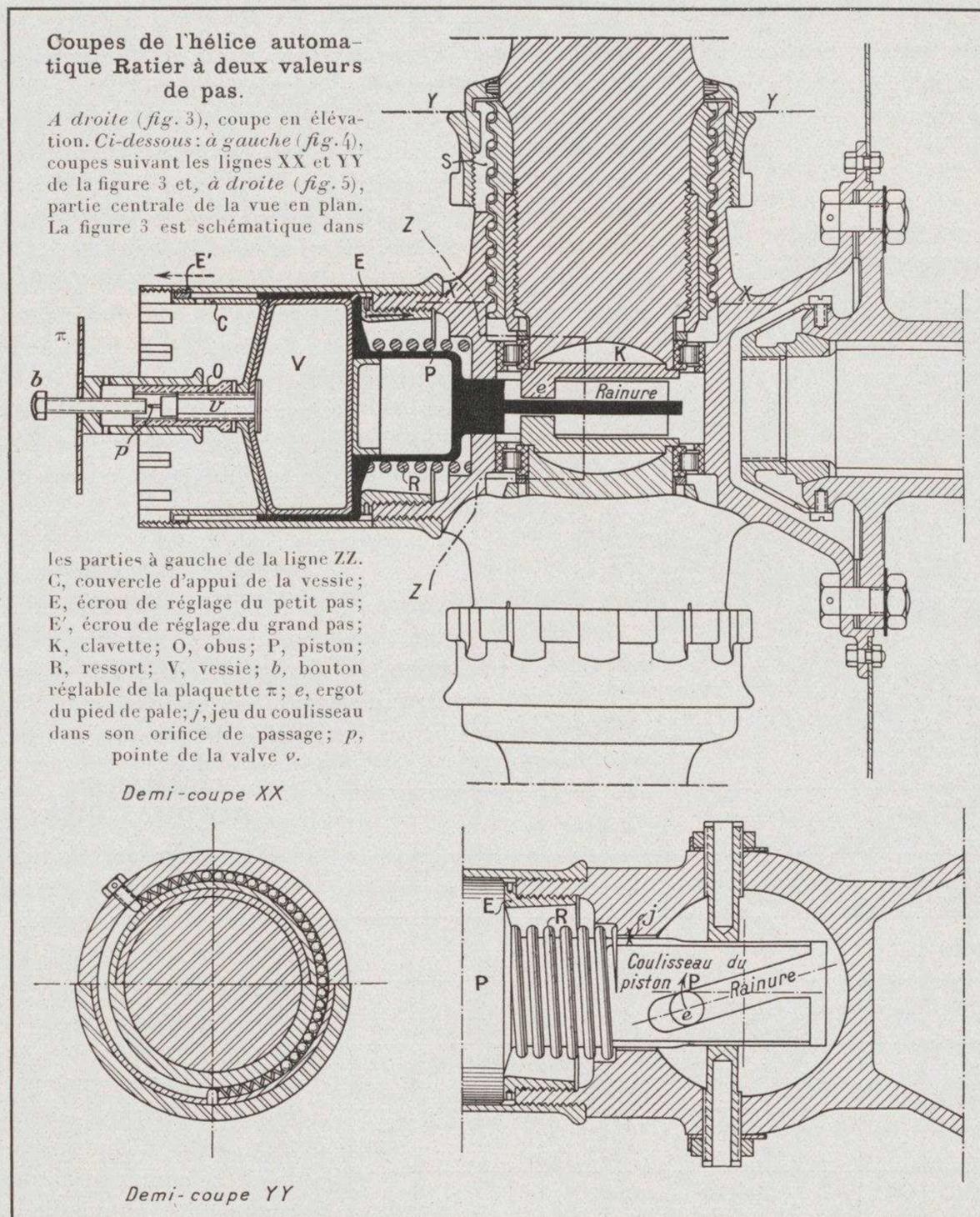


Fig. 2. — Tractions fournies par l'hélice automatique-RATIER, à deux valeurs de pas, montée sur les CAUDRON 450 et 460 RENAULT 310 HP; diamètre, 1m,80.

La courbe en trait interrompu est relative au petit pas (267 à 0m,60 de l'axe du moyeu). Traction au point fixe, 318kg à 2620 t/m; traction maximum, 380kg à 2720 t/m et 75kmh. Au décollage, vers 120kmh, la traction est encore voisine de 350kg.

La courbe en trait continu concerne le fonctionnement au grand pas (367). Au point fixe, l'emploi de ce pas ne permettrait point de dépasser 2025 t/m et la traction n'atteindrait que 165kg, soit la moitié environ de la traction obtenue avec le petit pas. Aux grandes vitesses, la traction devient inférieure à 140kg : à 480kmh, elle est de 132kg à 3100 t/m.

L'emploi de l'hélice automatique *Ratier* permet de réduire la distance de roulement à moins du tiers de sa valeur et le temps de roulement à la moitié environ.



Le problème admet heureusement des simplifications. C'est ainsi que, pour des avions de Coupe Deutsch, l'altitude et le régime étant supposés constants, la vitesse seule importe.

Si l'on ne fixe, en outre, que deux cas d'adaptation : décollage et vitesse maximum, le problème est très abordable. Dans l'hélice Ratier, l'organe sensible à la vitesse est une plaquette anémométrique. A une certaine vitesse, un ressort situé dans le moyeu est libéré et provoque l'augmentation du pas.

DESCRIPTION DE L'HÉLICE AUTOMATIQUE RATIER.

Sur la figure 3, la partie située à droite de la ligne

sinueuse ZZ est conforme au dessin d'exécution, tandis que la partie à gauche est un peu schématique.

Ancrage des pales.

Le dessin se lit aisément. Le pied de pale, en duralumin, est serti par une bague en acier dans laquelle est tracé le filet formant l'un des chemins de roulement des billes; la vis est à filet unique. A la base du pied, roulement à rouleaux pour le centrage de la pale dans le moyeu; en S, trait de scie de l'écrou de serrage d'extrémité.

Le nombre des billes, pour des moteurs de 300 à 350 HP, type Coupe Deutsch, est de 435 par pale; ce nombre était de 850 pour la première hélice Ratier, de 3^m,10 de diamètre, destinée à un moteur de 450 HP. Pour le moteur Potez 9 Bb, la traction d'arrachement sur chaque pale est de 15 tonnes à 2500 t/m, ce qui donne un effort de 34^{kg} par bille. On peut aller jusqu'à 50^{kg}, et même beaucoup plus haut, sans observer aucun matage. Pour les Renault 310 HP, l'effort est aussi de l'ordre de 15 tonnes mais à 3000 t/m (diamètre de 1^m,80 au lieu

de 2^m,10). Le régime pourrait monter à 3500 t/m sans inconvénient pour les billes; diamètre des billes, 3^{mm},96.

Mécanisme et fonctionnement de la commande automatique.

Éléments de commande des variations du pas (fig. 3 à 6).
— Le piston P tend à être repoussé vers l'avant par le ressort R; mais une vessie V, pleine d'air comprimé à 7 ou 8 kg/cm², équilibre la tension de R.

L'arrière de P constitue un coulisseau dans lequel est ménagée une rainure (deux rainures, évidemment, une pour chaque pale; nous décrivons le mécanisme pour

une seule pale, afin d'alléger l'exposé). Dans cette rainure pénètre l'ergot e du pied de pale.

En réalité l'ergot e n'est pas taillé directement dans le pied de pale, mais dans une pièce en acier qui se monte à la base de ce pied, par une clavette K; de même, e ne porte pas directement dans la rainure (fig. 5), mais s'y insère par l'intermédiaire d'un anneau en bronze non figuré. Ce sont des simplifications de ce genre qui sont introduites dans la partie de la figure 3 située à gauche de la ligne ZZ.

On conçoit que, lorsque P et sa rainure se déplacent parallèlement à l'axe de traction, l'ergot e et sa pale soient obligés de tourner.

Le coulisseau pénètre dans son orifice avec un certain jeu j (fig. 5), mais il est guidé latéralement par deux doigts ajustables en bronze; ceci permet, en provoquant un déport très faible de la rainure, de faire varier les calages initiaux relatifs des pales et de s'accorder une tolérance de construction.

Mécanisme du déclenchement automatique. — La palette π coulisse à frottement doux sur l'obus cylindrique O. Lorsque, par suite de la vitesse, la pression aérodynamique enregistrée par π devient suffisante, le bouton b , dont π est solidaire, attaque la pointe p de v , valve ordinaire d'automobile. V se dégonfle, P est rappelé vers l'avant et le pas augmente.

On estime qu'il faut, pour obtenir l'ouverture de v , 50g de pression aérodynamique sur la plaquette pour 1 kg

de pression dans la vessie, plus une marge fixe de 100g, pour tenir compte des frottements. Pour 7kg,5 dans la vessie, il faut donc une poussée de 475g, et pour 8kg,5 de 525g sur π .

La plaquette est circulaire et mesure 65mm de diamètre. Lorsque la vessie est gonflée à 8kg,5, le déclenchement du grand pas doit se produire vers 230-240kmh; il est difficile d'indiquer une valeur précise, car on connaît mal le mode d'écoulement de l'air autour de π .

Les écrous E et E' (fig. 3) servent de butées au piston. En vissant E dans le sens de la flèche en trait plein, on permet au petit pas de diminuer; en dévissant E' dans le sens de la flèche en trait interrompu, on permet au grand pas d'augmenter. E' se trouve à la base du couvercle C, qui est lui-même à l'intérieur du moyeu; C sert de cuvette d'appui à la vessie.



Nous donnons ci-après, en un tableau, les caractéristiques des diverses hélices à pas variable de la Coupe Deutsch; les hélices automatiques Ratier équipaient cinq appareils, dont celui du vainqueur. Leur fonctionnement a été excellent, mais, sur le Potez 533 de Lemoine, la plaquette π fut faussée au cours d'un démarrage, d'où élimination de l'appareil à la deuxième manche (voir Chapitre II, p. 156).

La Société Ratier étudie actuellement une commande positive de variation de pas utilisant l'air comprimé.

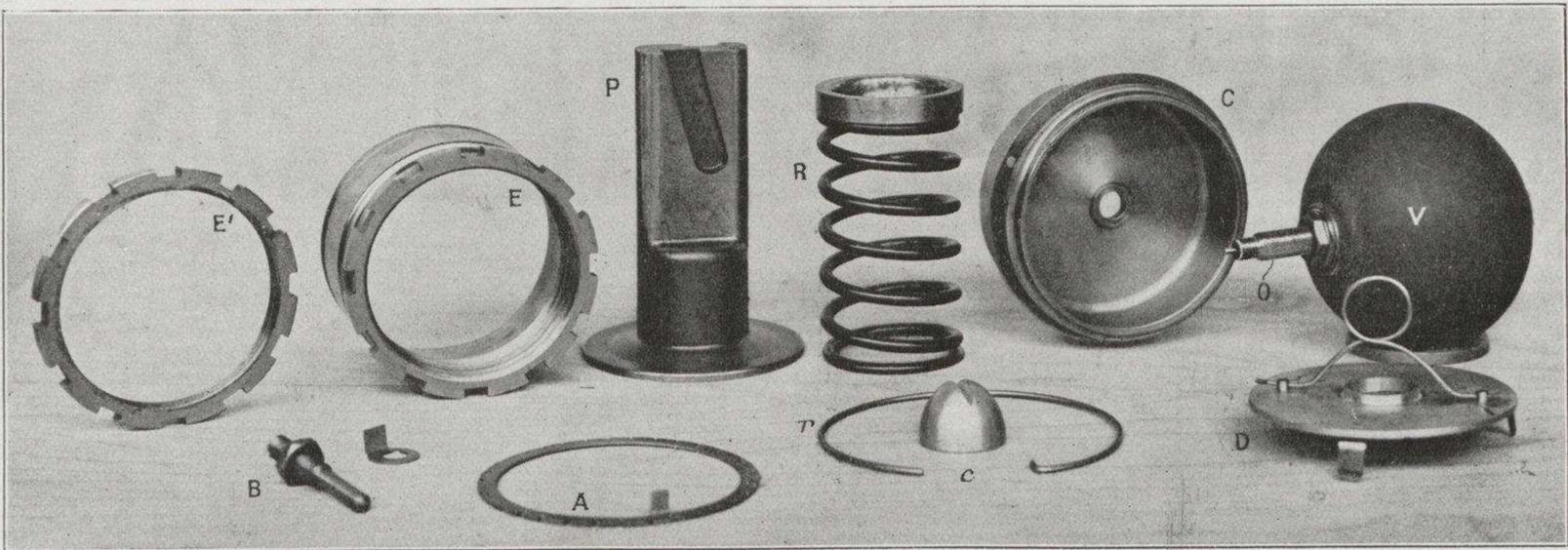
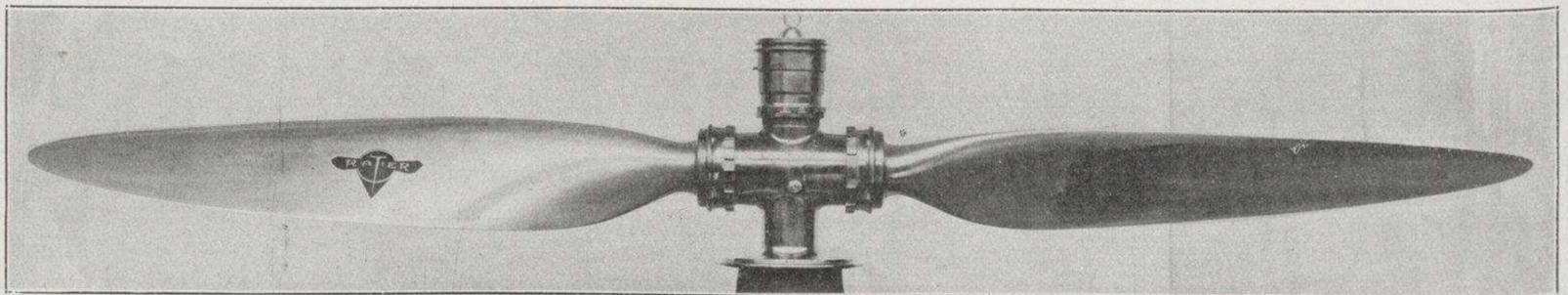


Fig. 6. — Éléments démontés du mécanisme de variation de pas dans l'hélice automatique RATIER à deux positions.

Par suite des simplifications apportées dans la figure 3 de la page précédente, certaines pièces, et leurs références, ne se correspondent pas très exactement sur les deux documents. Les références des organes que l'on peut identifier aisément sont placées entre parenthèses.

De gauche à droite. — (E'), écrou de réglage du grand pas; B, butée de pas maximum (sert de freinage à E'); (E), écrou limiteur de pas minimum; (P), piston (noter, vers le haut, l'une des rainures obliques

dans laquelle s'engagera l'ergot de l'un des pieds de pales); (R), ressort de rappel des pales à la position de pas maximum; r , ressort en corde à piano de retenue du diaphragme D; c , chapeau déclencheur du pointeau de valve (correspond au bouton b de la figure 3); (C), couvercle d'appui de la vessie; D, diaphragme — ou plaquette anémométrique π de la figure 3 — duquel dépasse c ; (O), obus contenant la valve; (V), vessie en caoutchouc gonflée à 7 ou 8 kg/cm².



Hélice automatique RATIER à deux valeurs de pas, pour moteur donnant 240 HP à 2500 t/m; diamètre, 1^m, 90; poids, 21^{kg}, 500

Caractéristiques des hélices à pas variable de la Coupe Deutsch.

	DIAMÈTRE.	PETIT PAS (1).		RÉGIME AU POINT FIXE.	GRAND PAS (1).		RÉGIME EN VOL.	POIDS.
		EN MÈTRES	EN GRADES		EN MÈTRES	EN GRADES		
<i>Potez 533 de Lemoine; moteur Potez 9 Bb, donnant 350 HP à 2800 t/m au banc. — Hélice Ratier (2)..</i>	m	m	γ	t/m	m	γ	t/m	kg
	2,10	1,50	24	2200	2,40	36	2500(3)	25
<i>Caudron 460 de Delmotte, Lacombe et Monville; moteur Renault donnant 310 HP à 3000 t/m au banc. — Hélice Ratier.....</i>	1,80	1,60	26	2650	2,40	36(4)	2900	21,500
<i>Caudron 366 "Atalante" de Massotte; moteur Régnier donnant 217 HP à 2400 t/m au banc.</i>		<i>Hélice Ratier (5)..</i>						
			1,90					
		<i>Hélice Levasseur.</i>						
	1,95		24,5	2300	2,75(6)	39,5	2400	22,750

(1) Les pas indiqués pour les hélices Ratier sont ceux que l'on mesure à une distance de 0^m,60 de l'axe de traction.

(2) Les pas indiqués sont ceux que la Société Ratier considérait comme les mieux adaptés aux conditions de fonctionnement communiquées par l'aviateur; ils ont peut être été modifiés par la Société Potez, pour la Coupe.

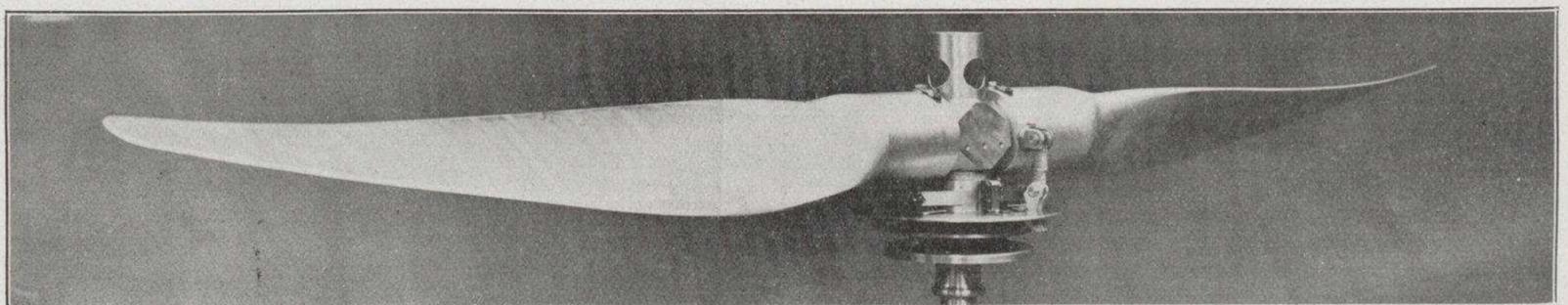
(3) Au cours de la première manche seulement.

(4) Le pas de 36^γ correspond à la vitesse de 430 kmh qu'aurait obtenue l'avion si le train rentrant avait fonctionné. En réalité, les hélices des deux C.460 de Delmotte et Monville — qui devaient voler entre 380 et 400 kmh, virages non compris — furent, pour la première manche, calées au même pas que celle d'Arnoux, soit 34^γ. Pour la deuxième manche, l'hélice de Delmotte fut défreinée à 33^γ,5, pour permettre au pilote d'augmenter le régime. On a donc sensiblement les correspondances suivantes, la vitesse moyenne étant celle escomptée sur un tour :

- C.460, train rentré 420-430 kmh à 2900 t/m avec 36^γ.
- C.450, train fixe bien caréné 385-395 kmh à 2900 t/m avec 34^γ.
- C.460, train fixe avec carénage de fortune. 375-385 kmh à 2900 t/m avec 34^γ et 385-395 kmh à 3000/3050 t/m avec 33^γ,5.

(5) Il avait été préparé une hélice automatique Ratier pour le Caudron 366-Régnier, mais c'est, en définitive, une hélice Levasseur à deux valeurs de pas, et commandée, qui fut montée sur cet appareil.

(6) Hélice à pas constant.



Hélice LEVASSEUR à deux valeurs de pas, commandée par le pilote; cette hélice, de 1^m,95 de diamètre, était montée sur le C. 366-RÉGNIER 217 HP. On notera la flexion accentuée des pales vers l'avant, flexion à laquelle fait allusion la légende de la figure 5 (p. 180).

VIII. — L'hélice Levasseur à deux valeurs de pas, commandée en vol.

I. — ÉTUDE AÉRODYNAMIQUE.

Pas, diamètre, régime.

L'hélice *Levasseur* destinée au moteur *Régnier* devait absorber en vol une puissance de 210/215 HP à 2400 t/m; son diamètre fut fixé à 1^m,95.

Une maquette de 1^m,50 de diamètre fut essayée à la grande soufflerie d'Issy-les-Moulineaux (voir Courbes fig. 2). Le propulseur de la Coupe passe actuellement dans cette même soufflerie; la comparaison des résultats obtenus dans des conditions expérimentales identiques donnera d'intéressants renseignements sur l'effet de similitude. Les déformations seront en outre, étudiées par la méthode du commandant Ledoux (1).

Cette maquette avait un pas constant de 2^m,25, ce qui donnait un angle de calage α de 35° 37' pour le profil situé à une distance de 0^m,50 du moyeu; pas relatif, 1,50. Elle fut entraînée à 1700 t/m, la vitesse V dans la soufflerie variant jusqu'à 70 m/sec, ce qui donne pour $\gamma = \frac{nD}{V}$, un intervalle de variation de 0 à 1,65.

Le rendement maximum de 0,80 fut atteint pour $\gamma = 1,15$. Si l'on suppose un régime de vol de 2400 t/m, on voit que la vitesse optimum était, pour ce calage d'hélice,

$$V = 1,15 \times 40 \times 1,95 = 32,4 \text{ kmh.}$$

Comme l'avion a couru la Coupe à 360 kmh, on peut en déduire : soit que le rendement d'hélice dépassait 80 pour 100 (2) — question de similitude — soit que la puissance atteinte en vol dépassait la puissance déclarée.

L'hélice fut encore essayée au même régime de 1700 t/m, mais au pas relatif de 1,40, ce qui correspond à un calage de 34° pour le profil situé à 0^m,50 de l'axe; cette fois le rendement s'éleva à 0,83 pour $\gamma = 1,10$.

On a mis en évidence par les courbes τ et χ (fig. 2) une solution de continuité, ou décrochement, qui doit traduire une modification du régime d'écoulement pour une valeur donnée de $\frac{V}{nD}$. En d'autres termes, pour un certain γ critique, on pourra obtenir, suivant les conditions initiales, la turbulence, etc., deux valeurs différentes du rendement. Cette valeur de γ ne concerne pas le vol aux grandes

(1) *Étude de la déformation des hélices*, Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air, fascicule 15. Voir analyse dans le n° 167 de *L'Aéronautique*, p. 37 de *L'Aérotechnique*.

(2) Les premiers dépouillements des mesures effectuées à Issy sur le propulseur de la Coupe font ressortir un rendement de 83 pour 100. Ce rendement n'est toutefois garanti par la soufflerie qu'à 2 pour 100 près.

vitesse mais peut correspondre à un vol en montée.



L'hélice de la Coupe Deutsch avait, par construction, un pas constant de 2^m,75, et elle fonctionna au pas relatif de 1,5 pour la Coupe. Le pas relatif de 1 eut été préférable, mais il aurait rendu nécessaire, soit une augmentation du régime — ce que le moteur ne permettait pas —, soit une diminution du diamètre, et alors l'hélice n'aurait pas absorbé toute la puissance disponible. Le petit pas s'obtenait par une rotation des pales de 13°.

Le régime fut de 2400 t/m (avec grand pas) pour la première manche et de 2300 t/m pour la deuxième. Le moteur donnant respectivement 210/215 HP et 205 HP.

Au point fixe, l'hélice tournait à 2300 t/m, les pales étant au petit pas, tandis qu'elle ne pouvait dépasser 1600 t/m, pour le grand pas. L'écart de 700 t/m permis par la variation de pas est considérable.

Profils.

Lors des calculs d'avant-projet, le bureau d'études de *Levasseur* fait intervenir une composante d'écoulement de l'air parallèle à l'axe longitudinal de la pale. Il considère, en somme, que, même pour le fonctionnement au point fixe, l'air ne s'écoule pas avec la seule vitesse tangentielle V_t (fig. 3) mais suivant la résultante de V_t et d'une certaine vitesse V_r , variable suivant la distance de la section considérée au moyeu (effet centrifuge). De sorte que les profils successifs dessinés par *Levasseur* correspondent à des coupes obliques telles que XX.

L'épaisseur relative est faible, particulièrement vers les extrémités, où elle descend jusqu'à 4 pour 100 soit, pour une corde de quelque 5^{cm}, une épaisseur de 2^{mm} (fig. 4) : l'hélice est comparable à une lame de couteau. Les intrados sont plans et le « maître-couple » — plus exactement le point de cote maximum de l'extrados — n'est pas placé aux 33 pour 100 classiques, en arrière du bord d'attaque, mais à près de 43 pour 100. L'arrondi du bord d'attaque mis à part, le profil tendrait à être plan-convexe.

Flexion de la pale. — La torsion de construction est uniquement celle qui résulte du pas constant : 2^m,75.

Quant à la flexion vers l'avant donnée aux pales (fig. 1 et 5), elle est calculée de façon que l'hélice se redresse en vol, — c'est-à-dire que les axes longitu-



Fig. 1. — L'avant du CAUDRON 366 « ATALANTE »-RÉGNIER 217 HP, équipé de l'hélice à pas variable LEVASSEUR. Noter la flexion des pales vers l'avant.

dinaux de ses pales deviennent sensiblement des droites.

La torsion de la pale autour de son axe, due à la force centrifuge, a été aussi prise en considération pour l'étude des formes, mais son calcul intervient surtout dans l'inclinaison des filets d'ancrage dans le moyeu.

PRINCIPES DE CONSTRUCTION.

Il semble difficile de concevoir un système plus simple que celui de l'hélice *Levasseur*. Les pales sont montées par vissage sur deux bras du moyeu; la puissance utilisée pour augmenter le pas est celle de la force centrifuge.

Les organes auxiliaires consistent en :

- Un système de rappel des pales à la position de petit pas;
- Une liaison entre pales pour garantir l'égalité et le synchronisme des variations du pas;
- Un système de blocage et de commande.

Ces trois systèmes peuvent être quelconques. Nous décrivons plus loin la solution — convenant à deux valeurs du pas — adoptée pour le prototype de la Coupe Deutsch; on peut en concevoir bien d'autres. En parti-

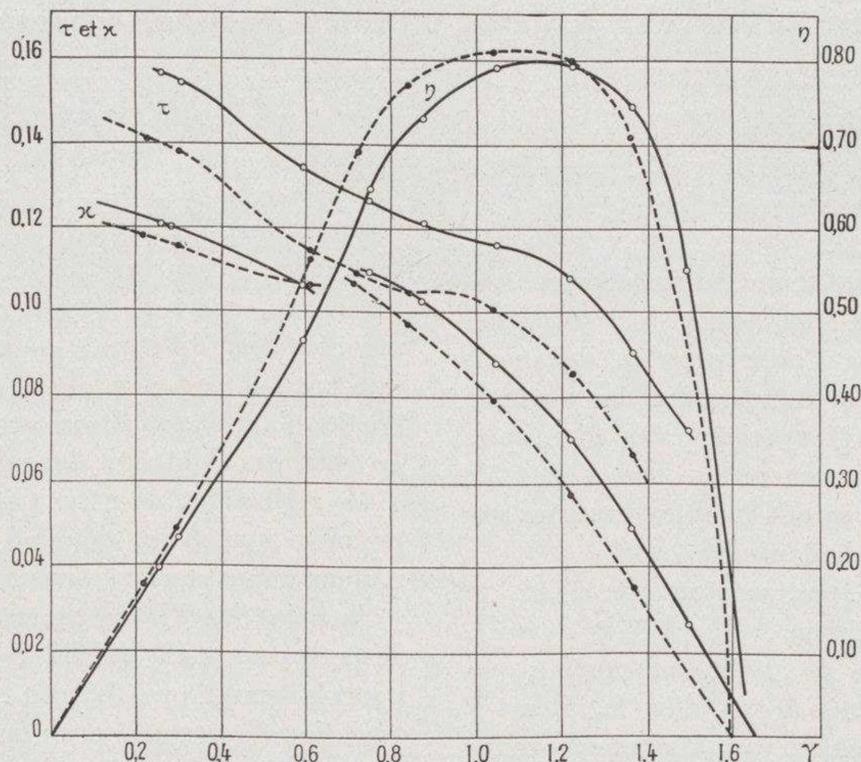


Fig. 2. — Courbes τ , κ et η d'une maquette de l'hélice LEVASSEUR à deux valeurs de pas

obtenues au grand tunnel d'Issy-les-Moulineaux, au régime de 1700 t/m. Diamètre de la maquette, 1^m,50; pas relatif, 1^m,50 (pas constant de 2^m,25). En traits pleins, courbes correspondant à un calage de 35°37' à une distance de 0^m,50 de l'axe de traction. En traits interrompus, courbes obtenues après une diminution de 1°37' du pas, le calage à 0^m,50 de l'axe devenant 34° et le pas relatif 1^m,40. Pour les courbes τ et κ , on a respecté la discontinuité observée dans les mesures au voisinage de $\gamma = 0,6/0,7$.

culier, le principe de l'hélice *Levasseur* se prête à l'obtention de multiples valeurs du pas, intéressantes pour divers problèmes : pas de décollage, pas de montée, pas de vitesse maximum et mise en drapeau.

Avant d'aborder la description proprement dite nous tenterons de dégager les idées maîtresses du Bureau d'études.

Ancrage des pales par vissage. — Ce mode d'ancrage est maintenant classique et nous venons de rappeler le mécanisme de son fonctionnement plus haut, à propos de l'hélice *Ratier*. Ici, pour une pale donnée, il y a un régime pour lequel la force centrifuge prend la prépondérance sur le couple de torsion et ce

régime dépend de l'inclinaison du filet ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ La force centrifuge et le couple de torsion d'origine centrifuge sont tous deux proportionnels au carré du régime; le pas du filet d'ancrage pour lequel la compensation est réalisée serait donc bien déterminé, et indépendant de la vitesse de rotation.

Mais ici le frottement des filets (coefficient de frottement de 0,140) et le couple de rappel élastique ajoutent au couple de torsion des fonctions assez complexes — et dont certaines sont d'ailleurs de faible importance — non seulement du régime, mais d'autres variables. D'autre part, dès que la pale commence à tourner, son couple de torsion, qui dépend de la répartition des masses par

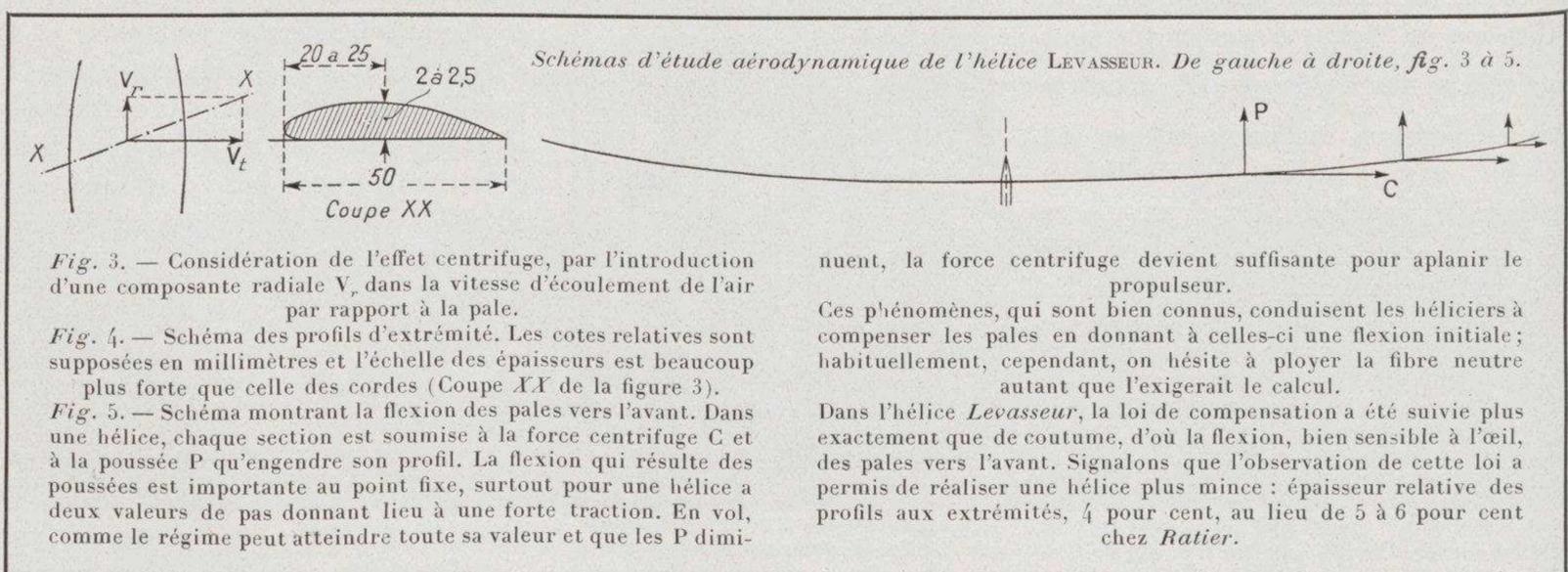


Fig. 3. — Considération de l'effet centrifuge, par l'introduction d'une composante radiale V_r dans la vitesse d'écoulement de l'air par rapport à la pale.

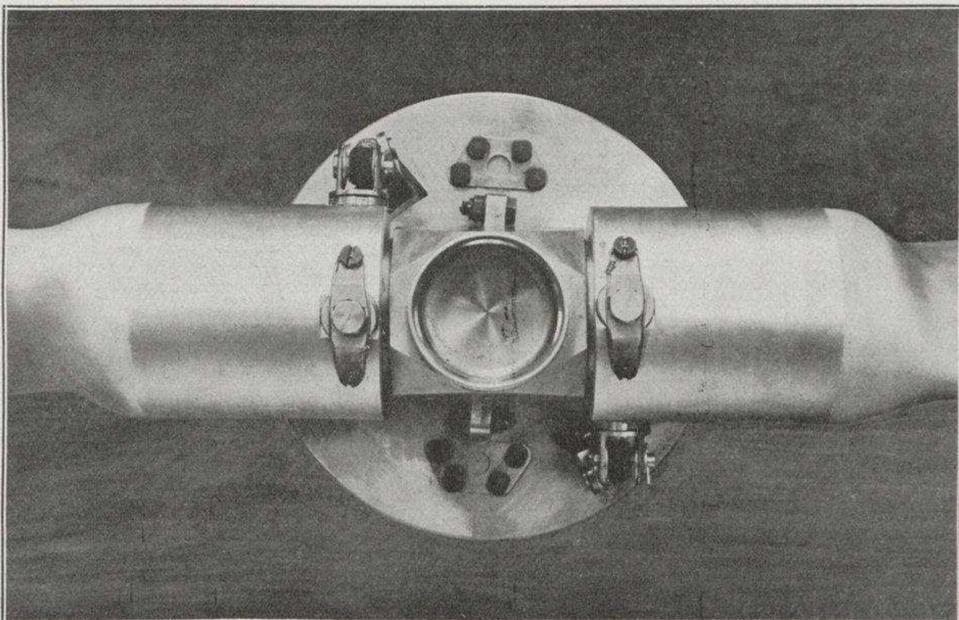
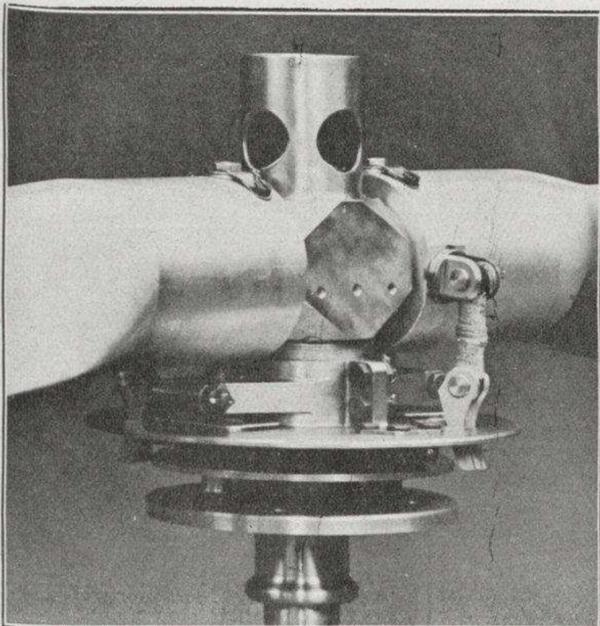
Fig. 4. — Schéma des profils d'extrémité. Les cotes relatives sont supposées en millimètres et l'échelle des épaisseurs est beaucoup plus forte que celle des cordes (Coupe XX de la figure 3).

Fig. 5. — Schéma montrant la flexion des pales vers l'avant. Dans une hélice, chaque section est soumise à la force centrifuge C et à la poussée P qu'engendre son profil. La flexion qui résulte des poussées est importante au point fixe, surtout pour une hélice à deux valeurs de pas donnant lieu à une forte traction. En vol, comme le régime peut atteindre toute sa valeur et que les P dimi-

nuent, la force centrifuge devient suffisante pour aplanir le propulseur.

Ces phénomènes, qui sont bien connus, conduisent les héliciers à compenser les pales en donnant à celles-ci une flexion initiale; habituellement, cependant, on hésite à ployer la fibre neutre autant que l'exigerait le calcul.

Dans l'hélice *Levasseur*, la loi de compensation a été suivie plus exactement que de coutume, d'où la flexion, bien sensible à l'œil, des pales vers l'avant. Signalons que l'observation de cette loi a permis de réaliser une hélice plus mince : épaisseur relative des profils aux extrémités, 4 pour cent, au lieu de 5 à 6 pour cent chez *Ratier*.



A gauche (fig. 6), à droite (fig. 7). — Aspects du moyeu de l'hélice LEVASSEUR à deux valeurs de pas, commandée par le pilote.

Le problème de l'ancrage hélicoïdal, d'apparence simple, ne laisse pas d'être d'une réalisation délicate si l'on prohibe les billes, remplaçant ainsi un frottement de roulement par un frottement de glissement, plus capricieux.

Le choix de la graisse a été difficile. Il fallait trouver un produit courant qui ne collât point. Pour une utilisation généralisée de l'hélice il fallait aussi que la viscosité, ou mieux l'aptitude du lubrifiant à souder les surfaces, sous l'effet de la pression, ne variât pas trop avec la température. On conçoit l'intérêt d'obtenir un dévissage doux et régulier dans toutes les conditions de fonctionnement, aussi bien en altitude qu'au sol.

La Société *Levasseur* a essayé une douzaine de produits de la catégorie des huiles pour moteurs, des graisses, et même de la paraffine; les meilleurs résultats ont été obtenus avec une graisse graphitée.

Il est tout à fait possible de faire fonctionner l'hélice sans lubrifiant et c'est même avec le contact direct acier sur dural que l'on réalise les rotations les plus souples, mais il faut craindre l'usure.

Les filets hélicoïdaux, au nombre

de 5, procurent un ancrage surabondant; l'effort sur les parties filetées ne dépasse pas 150 kg/cm².

Les sections des filets par des plans passant par l'axe du pied de pale sont des triangles rectangles dont la base horizontale mesure 5^{mm} de longueur environ; leur pas paraît être de 35^{mm}, pour un diamètre extérieur du cercle générateur (sur le bras) égal à 50^{mm}.

Nous rappelons, pour mémoire, les difficultés de l'usinage proprement dit des filets, dû au fait que l'outil se déplace latéralement à une grande vitesse, par suite du grand pas. Les cinq filets d'un bras de moyeu, par exemple, exigent 2500 passes d'outil et l'hélice entière 10 000 passes; les faces sont rodées à la main. Ce travail est plus délicat pour les filets internes du pied de pale, en duralumin, que pour les filets externes du bras de moyeu en acier.

Organes secondaires. — Les pales sont rappelées en position de pas minimum par deux sandows.

La liaison entre pales ne semble pas présenter de difficultés particulières; il suffit d'éviter les jeux.

Quant aux systèmes de blocage et de commande, dont les modes de réalisation seront presque toujours des pas tant calculée de façon que le dévissage se produise, mais que le rappel en position de petit pas puisse s'effectuer, sous l'action de deux éléments élastiques, lors de la réduction du nombre de tours.

En raisonnant d'une façon schématique, on peut dire que, dans une hélice *Ratier*, la force centrifuge et le couple de torsion centrifuge se compensent, pour une certaine inclinaison du filet d'ancrage, quel que soit le régime tandis que, dans l'hélice *Levasseur*, l'équilibrage n'existe qu'à un régime donné.

Quant aux systèmes de blocage et de commande, dont les modes de réalisation seront presque toujours des pas tant calculée de façon que le dévissage se produise, mais que le rappel en position de petit pas puisse s'effectuer, sous l'action de deux éléments élastiques, lors de la réduction du nombre de tours.

En raisonnant d'une façon schématique, on peut dire que, dans une hélice *Ratier*, la force centrifuge et le couple de torsion centrifuge se compensent, pour une certaine inclinaison du filet d'ancrage, quel que soit le régime tandis que, dans l'hélice *Levasseur*, l'équilibrage n'existe qu'à un régime donné.

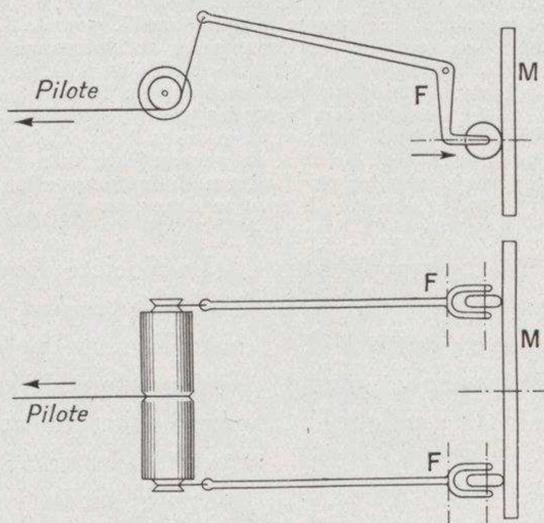


Fig. 8. — Schéma de la commande du manchon M par fourchettes F et galets.

L'inclinaison des filets, cependant, n'est

cas d'espèce, ils paraissent tout à fait indispensables à la Société *Levasseur*, adversaire déclaré des roulements à billes et de l'automatisme dans les hélices à pas variable.

DESCRIPTION.

Ancrage des pales (fig. 9 et 10). — Chaque pale P en duralumin, est vissée sur le bras B du moyeu. Un axe A, solidaire de P, passe dans les orifices O et O' de B et limite angulairement les rotations de la pale.

Rappel. — Deux sandows tels que S, attelés à la périphérie du pied de pale par l'intermédiaire d'une rotule R, auront leur tension augmentée par le dévissage des pales; lorsque le régime — et par conséquent la force centrifuge — diminuera, ils provoqueront le vissage des P sur les B.

Liaison inter-pales. — Un manchon M, susceptible de tourner autour du moyeu, porte deux oreilles dans lesquelles s'engagent les extrémités des axes A, par l'intermédiaire de rotules r et r'. Lorsque les pales se dévissent, M tournera, par exemple, dans le même sens que le moyeu, sur lui et plus vite que lui; il tournera en sens inverse lorsque les pales se revisseront, rappelées par les sandows.

Blocage et commandes. — M comporte deux orifices o et o' dans lesquels peuvent s'engager les ergots e et e' du moyeu (ces ergots tournent avec l'hélice); M est constamment appuyé contre e-e', grâce aux doigts élastiques d-d' logés dans les axes A, mais il peut être éloigné d'eux par une fourchette à galets F.

FONCTIONNEMENT.

Au décollage ou au repos (pas le plus faible), les S maintiennent chaque pale dans la position représentée

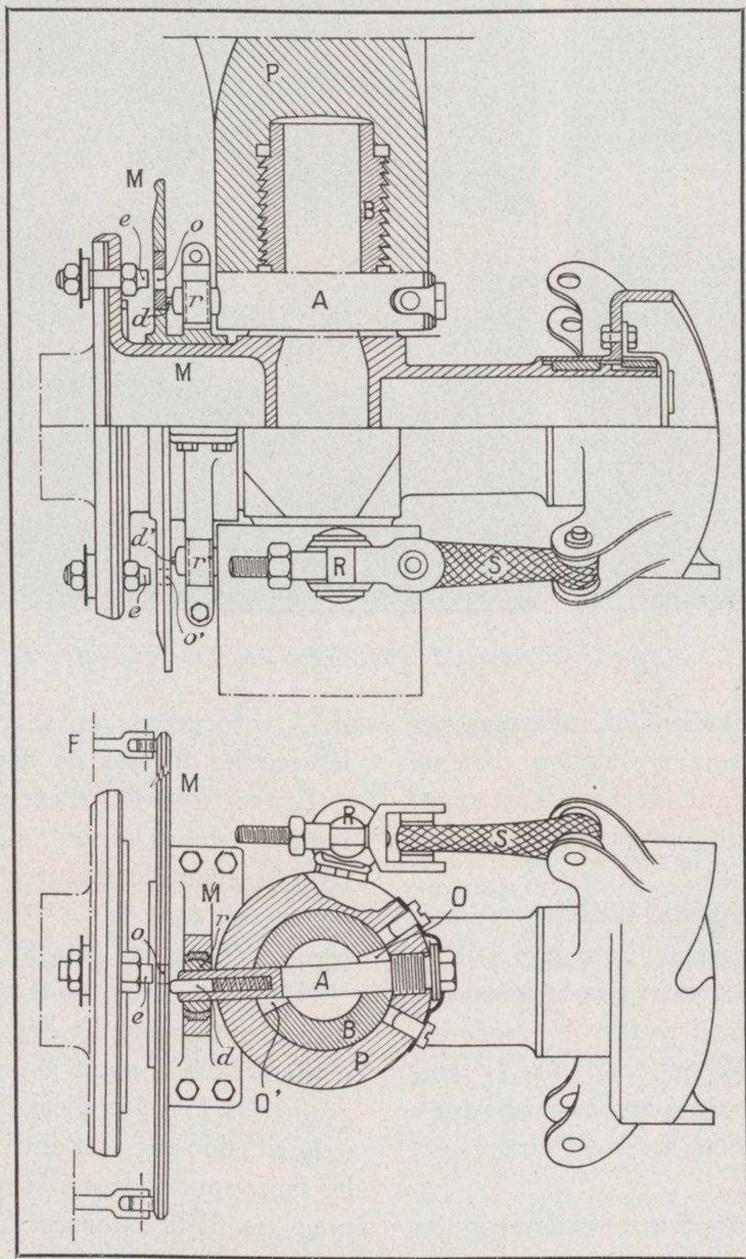


Fig. 9 et 10. — Schémas de profil et en plan de l'hélice LEVASSEUR à deux valeurs de pas, commandée par le pilote.

Dans le cas particulier des figures reproduites ici, une griffe de démarrage est montée à l'extrémité du moyeu.

A, axe, solidaire du pied de pale, tournant dans les orifices O et O'; B, bras du moyeu sur lequel se visse le pied de pale; F, fourchettes à galets permettant de repousser le manchon M, pour le déverrouillage; M, manchon rendant les deux pales solidaires en rotation; O et O', orifices ménagés dans les bras B (les axes A se débattent dans ces orifices); P, pied de pale vissé sur B; R, rotules de montage des sandows S sur les pieds de pale.

d et d', doigts élastiques logés dans les axes A; e et e', ergots solidaires du moyeu; o et o', orifices de verrouillage ménagés dans le manchon M; r et r', rotules par l'intermédiaire desquelles les extrémités des axes A sont montées sur M.

sur les figures 9 et 10; l'ensemble est verrouillé par l'engagement de e et e' en o et o'.

Pour augmenter le pas, lorsque le régime voulu est atteint, il suffit au pilote de repousser M au moyen des fourchettes F (fig. 8 et 10). L'ensemble étant déverrouillé, les pales se dévissent de la quantité permise par le jeu des axes A dans les orifices O et O'. Le montage à glissière des rotules r et r' permet le déplacement vers le haut des axes A consécutif au dévissage.

Pour revenir à la position primitive, le pilote cesse de maintenir M au moyen des F, puis il réduit le régime; la tension des sandows suffit à provoquer le vissage des pales. Simultanément, les doigts élastiques d et d' repoussent M et les verrouillages e-o et e'-o' se produisent.

L'hélice *Levasseur* du C. 366 (fig. 6 et 7) pèse 22 kg,750, commande comprise, pour un diamètre de 1^m,95.

Une hélice similaire, dessinée pour un moteur de 300 HP, a tourné pendant 5 heures au point fixe sur un moteur de 550 HP; elle travaillait alors dans des conditions cinq fois plus dures que pour sa destination normale. Pour l'hélice du C. 366, le coefficient de sécurité était de 7.

La Société *Levasseur* va développer ce type d'hélice et l'adapter aux problèmes de valeurs multiples du pas actuellement posés par les *Services Techniques*. Elle poursuit parallèlement l'étude du montage des pales sur disques de caoutchouc superposés; dans ce dernier système, les variations de pas sont permises par les déformations successives des disques dont les faces glissent angulairement l'une par rapport à l'autre.

Pierre LÉGLISE.