



**COLLECTION DE MANUELS PRATIQUES D'AERONAUTIQUE N° : 2**

**X G. SABLIER X**

**MANUEL PRATIQUE**  
**de**  
**CONSTRUCTION**  
**des**  
**PLANEURS**  
**et**  
**MOTOPLANEURS**

**2<sup>e</sup> édition entièrement remaniée et augmentée**

**Illustré de 53 planches, comportant 251 figures  
dont 19 de moteurs**

Ouvrage honoré d'une récompense  
de la Société Nationale d'Encouragement au Bien



**LIBRAIRIE DES SCIENCES AÉRONAUTIQUES**  
**FONDÉE EN 1905**

**F.-LOUIS VIVIEN, LIBRAIRE-EDITEUR**  
**— 48, Rue des Ecoles — PARIS-V —**  
**1936**

## Ouvrages du même auteur à la même librairie

---

Notices et techniques de construction de planeurs et avionnettes. — Plans et construction d'un planeur caréné .....	6 fr. 50
Plans et construction d'un planeur d'entraînement.	6 fr. 50
Plans et construction d'une avionnette monoplace.	6 fr. 50
Notions pratiques d'aérodynamique .....	6 fr. 50
Plans et construction d'un planeur de performance. — Plans et construction d'un planeur Chanute .....	6 fr. 50
Plans et construction d'une avionnette et planeur biplace .....	6 fr. 50
Monoplan « Sablier » type 10 - liasse de plans planeur à poutre .....	30 fr. »
Planeur « Sablier » type Sport - liasse de plans planeur Chanute .....	30 fr. »
Avionnette « Sablier » type 4 - liasse de plans....	120 fr. »
Planeur de performance type 11 - liasse de plans.	75 fr. »
Planeur biplace type 18 - liasse de plans.....	75 fr. »
Avionnette biplace - liasse de plans.....	180 fr. »



## Dans notre collection à 12 francs de Manuels Pratiques d'Aéronautique

---

DESGRANDSCHAMPS (R.-G.), ingénieur. <i>Précis d'aérodynamique.</i> 3 <sup>e</sup> édition entièrement refondue.....	12 »
SABLIER (G.). — <i>Manuel pratique de construction des planeurs et motoplaneurs</i> .....	12 »
HAMEL (G.-R.), navigateur aérien. — <i>Eléments de navigation aérienne pratique</i> .....	12 »
GASTOU (R.), préface de M. Louis Bréguet. — <i>L'Hélice aérienne</i> à pas constant, à pas variable, théorie, expérimentation. Calcul. Fabrication. — 2 vol.....	24 »
PEPE (P.), ingénieur civil de l'aéronautique, chef du Bureau d'études des Chantiers Aéro-Maritimes de la Seine. — <i>Précis d'Hydraviation</i> , cours de l'Ecole technique d'Aéronautique et de Construction automobile. — 2 vol... .	24 »
LAINE. — <i>Manuel pratique de pilotage</i> .....	12 »

DESGRANDSCHAMPS (R.-G.). — <i>Calcul et construction des avions légers.</i> Les 3 parties en un volume.....	50 »
1 <sup>re</sup> partie. <i>Calcul aérodynamique</i> .....	»
2 <sup>re</sup> partie. <i>Calcul des efforts</i> .....	20 »
3 <sup>re</sup> partie. <i>Calcul de résistance: Technologie et construction</i> .....	20 »

COLLECTION DE MANUELS PRATIQUES D'AERONAUTIQUE N° : 2

G. SABLIER

**MANUEL PRATIQUE**  
**de**  
**CONSTRUCTION**  
**des**  
**PLANEURS**  
**et**  
**MOTOPLANEURS**

2<sup>e</sup> édition entièrement remaniée et augmentée

Illustré de 53 planches, comportant 251 figures  
dont 19 de moteurs

Ouvrage honoré d'une récompense  
de la Société Nationale d'Encouragement au Bien



**LIBRAIRIE DES SCIENCES AÉRONAUTIQUES**  
FONDÉE EN 1905

F.-LOUIS VIVIEN, LIBRAIRE-ÉDITEUR  
— 48, Rue des Ecoles — PARIS-V —

1936

---

*Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation  
réservés pour tous pays.*

*Copyright 1936 by F.-Louis VIVIEN.*

---

# TABLE DES MATIÈRES

---

## CHAPITRE PREMIER. — OUTILLAGE.

Niveau, presses, scies, trusquin, étau, marteau, drille, porte-forets, etc. Les forets, clefs, pinces, cisailles, mèches extensibles, etc. Pinceaux pour enduits divers. . . . .	11
--	----

## CHAPITRE II. — CONSTRUCTION D'UN CHANUTE.

Dimensions générales, calcul de la surface. Choix des matériaux, longerons, traverses, nervures. Les bois à utiliser, leur choix, le débitage. Le contreplaqué, le métal pour les ferrures. — I. <i>Principes de construction rationnelle.</i> Percage des longerons. Position des boulons et ferrures. Les assemblages : collage et clouage. Préparation de la colle. Traçage des longerons et façonnage. Montage des cadres de voiliures. Fabrication des ferrures d'embout. Corde à piano, confection des boucles et épissures. Usage de la quincaillerie spéciale de l'aviation : boulons à 6 pans, à œil, à chape, tendeurs, attache-fils, torons, etc. Leurs dimensions correspondantes. — II. <i>Montage des ailes.</i> Barres de compression et croisillonage. Réglage des ailes. La règle de mise au carrément, son montage, son utilisation. Montage des nervures. Renforcements marouflés pour le montage des ferrures. — III. <i>Poutre d'empennage.</i> Poutre quadrangulaire. Poutre triangulaire. Sections à employer. Le haubannage de la poutre. — IV. <i>Plan fixe.</i> Son établissement, sa forme. Sections à employer, montage. Fixation après la poutre d'empennage. — V. <i>Montage à blanc.</i> Le réglage au niveau. Rattrapage du gauche. — VI. <i>Entoilage.</i> La toile, les coutures. — VII. <i>Emailllage.</i> Les enduits, leur application. — VIII. <i>Peinture et finition.</i> Les vernis, leur application. Ponçage. Obtention du brillant. — IX. <i>Pilotage du Chanute</i> . . . . .	15
--	----

CHAPITRE III. — CONSTRUCTION DES PLANEURS D'ECOLE ET DE VOL A VOILE.

I. *Les techniques de réalisation.* — II. *Les voilures.* Nervures, leurs profils, leur fabrication. Nervures en contreplaqué et en treillis. Bord d'attaque et bord de fuite. — III. *Longerons.* Longerons débités, longerons caisson. Longerons en poutre de Warren et autres longerons toupillés. — IV. *Montage des ailes.* Assemblage des nervures aux longerons. Pose des barres de compression. Le croisillonnage en corde à piano. — V. *Ferrures de haubannage.* Ferrures pour haubans souples et pour attaches de mâts. — VI. *Ferrures d'attache d'aile à l'encastrement.* Systèmes articulés et encastrés. — VII. *Les gouvernes.* Ailerons. Gouvernes de direction et de profondeur. Construction. Articulations. Montage des guignols. Débattement des gouvernes et des guignols. Réalisations constructives diverses. — VIII. *Entoilage et émaillottage.* — IX. *Les poutres d'empennage et les patins.* Constructions diverses en barres pleines, en barres caisson, en tubes d'acier, en système dit « monobloc ». Le montage des sièges. La disposition des patins, leur construction et leur galbe. — X. *Les commandes.* Commandes de profondeur et d'aileron. Manche à balai. Dispositifs de commandes. Systèmes à leviers et pouliés. Détails de réalisation. Paliers. Guignols. Coulants. Boucles de corde à piano et de cables. Le palonnier de direction. — XI. *Le haubannage.* Haubannage souple et par mâts. Réalisation diverses. Mâts en tubes, en contreplaqué, embouts de mâts décollétés et à chapes filetées. Cabanes pour haubannages souples. Attachés de haubans. Triangulation. Systèmes divers de haubannage. ....

37

CHAPITRE IV. — LES PLANEURS DE PERFORMANCE ET A FUSELAGE.

I. *Formes diverses de fuselages.* — II. *Construction des fuselages en bois.* Dimensions générales. Longerons. Cadres. Etambot. Etrave. Disposition des travées et des barres de croisillonnage. Montage pour assemblage général. Renforcements pour travées support de pilote et atterrisseur. Avants rap-

portés. Réalisations diverses de fuselage en poutre et en caisson. Collage et clouage. Clouage et trusquinage des pointes. Cintrages relevés de longerons. — III. <i>Fuselages en tubes soudés.</i> Leur pratique générale. — IV. <i>Atterrisseur à roues.</i> Roues, sandow. — V. <i>Les crochets de lancement.</i> Crochets fixes et larguables. — VI. <i>Montage de l'appareil sur piste.</i> — VII. <i>Entretien et réparations.</i> . . . . .	85
--	----

#### CHAPITRE V. — LES MOTOPLANEURS.

I. <i>Techniques diverses de réalisation de ces appareils.</i> Dispositions des moteurs et des hélices. Montage des moteurs. Arbres de démultiplication. — II. <i>Les moteurs pour planeurs à moteurs auxiliaires.</i> Descriptions diverses de moteurs : Train, Saroléa, Aubier Dunne, Walter, Douglas, Gnôme et Rhône, Sargent, Heath-Henderson, AVA, Poinsard, Salmson, Ruby-Péquignot, Chaise, D. K. W., Scott, Régnier, etc. . . . .	105
---	-----

#### CHAPITRE VI. — DESCRIPTIONS CONSTRUCTIVES DE TYPES D'APPAREILS.

I. — <i>Planeur caréné à poutre pour entraînement.</i> II. — <i>Planeur à moteur auxiliaire.</i> — II. <i>Planeur de performance.</i> — IV. <i>Planeur biplace de performance</i> . . . . .	119
--	-----

#### CHAPITRE VII. — PILOTAGE DES PLANEURS.

Apprentissage. Planeurs à roues et à patins. Tenue au sol. Lancement par sandow. Crochet et boucle de sandow. Tension pour le départ. Commandement des équipes de lancement. Retenue du planeur. Position de départ. Sécurité du lancement pour le pilote et l'équipe de traction et de retenue. Premiers essais. Premiers vols. La piste. Manœuvres de décollage, de montée, de descente, d'atterrissement. Montée rapide. Atterrissage brusque. Maintien de la ligne de vol. Positions à donner aux commandes et ampleur des mouvements. Impressions relatives dans l'air. Rattrappage des inclinaisons latérales	
---	--

dans les positions diverses longitudinales. Usage du palonnier et des ailerons pour les virages. Perte de vitesse et rattrapage. Inversion des commandes. Pilotage dans le vent. Rafales .....	127
--	-----

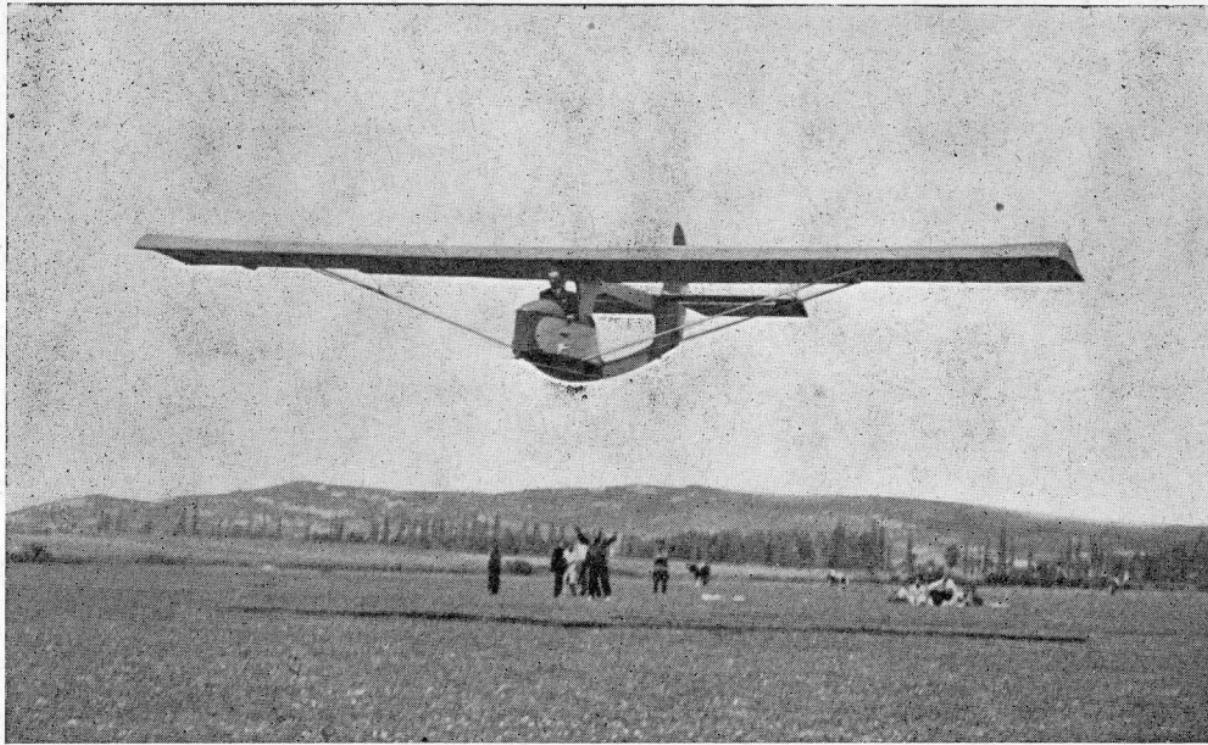
**CHAPITRE VIII. — CALCULS AÉRODYNAMIQUES ET DE CENTRAGE.**

Choix des profils. L'allongement des voilures. Déplacements des centres de pression. Corps fuselés, carénages et formes optimum. Types divers de voilures. Conditions de maniabilité et de stabilité des cellules. Différentes formes de voilures et de gouvernes.

I. <i>Calcul de maniabilité et des surfaces de gouvernes.</i> Profondeur. Direction. Ailerons. Exemples numériques. — II. <i>Centrage.</i> Calage de la voilure. Polaires. Trajectoire de vol plané. Conditions de l'atterrissement. Recherche du centre de gravité. Epuise de centrage. — III. <i>Position des empennages pour le centrage en avant, nul ou en arrière.</i> Rendement optimum des empennages .....	133
---	-----

**CHAPITRE IX. — RÉSISTANCE DES MATERIAUX.**

I. <i>Centre de pression</i> et répartition des charges sur les longerons. — II. <i>Etude de la flexion.</i> Poutres en porte à faux, entre deux points d'appui. Poutres à plusieurs travées. Détermination des charges sur appuis et des moments fléchissants. Efforts de compression dûs à la traction oblique des haubans. Décomposition des forces. Détermination des efforts de compression dans les longerons et de traction dans les haubans. Calcul des moments résistants. — III. <i>Efforts de traction.</i> — IV. <i>Compression.</i> — V. <i>Efforts tranchants et de cisaillement.</i> Tableau des résistances pratiques pour les matériaux à employer pour les différents efforts. — VI. <i>Exemple de calcul d'un longeron.</i> — VII. <i>Calcul des poutres composées de Warren et autres.</i> Entretoisement. — VIII. <i>Calcul d'une poutre de biplan.</i> Détermination avec exemple par la statique graphique (Crémona) des tensions et compressions dans une cellule biplane. — IX. <i>Résistance au flambage avec tables et exemples</i> . . . . .	148
--	-----



Planeur caréné biplace de la « Vizcaina Aviacion » à  
Bilbao. (Voir planche n° 45).

## INTRODUCTION

---

*La première édition de 1929 de cet ouvrage, rapidement épousée, a démontré l'intérêt pour la diffusion des constructions légères: planeurs et motoplaneurs, d'un tel manuel, pouvant donner aux techniciens, inventeurs ou simples amateurs, tous les éléments aptes à les aider dans leurs études.*

*L'auteur, technicien et constructeur depuis près de quinze années, réalisateur d'un certain nombre de séries d'appareils et de plus d'une trentaine de prototypes, a condensé d'une manière essentiellement pratique et précise toute la documentation réunie au cours de ses travaux.*

*Dégagé de toute formule mathématique difficile d'assimilation, il aborde immédiatement la pratique constructive des appareils légers, et étudie systématiquement toutes les pièces qu'ils peuvent comporter.*

*Refondue de plus des deux tiers, cette édition consacrée en grande partie aux motoplaneurs comporte un grand choix de modes de réalisation ayant fait leurs preuves, une quantité considérable de dessins exécutés avec soin, une documentation sur de nombreux appareils et moteurs de petite puissance, des explications détaillées et des exemples concernant l'aérodynamique, le centrage, les dimensions à donner aux pièces, la résistance des matériaux, la statique graphique, le pilotage, qui apporteront des éléments utiles, aussi bien à ceux ayant pris intérêt à ce genre de construction, qu'à ceux désirant s'y initier.*

---

# **Manuel Pratique**

## **de**

# **Construction**

## **des**

# **Planeurs et Motoplaneurs**

---

## **CHAPITRE PREMIER**

### **OUTILLAGE**

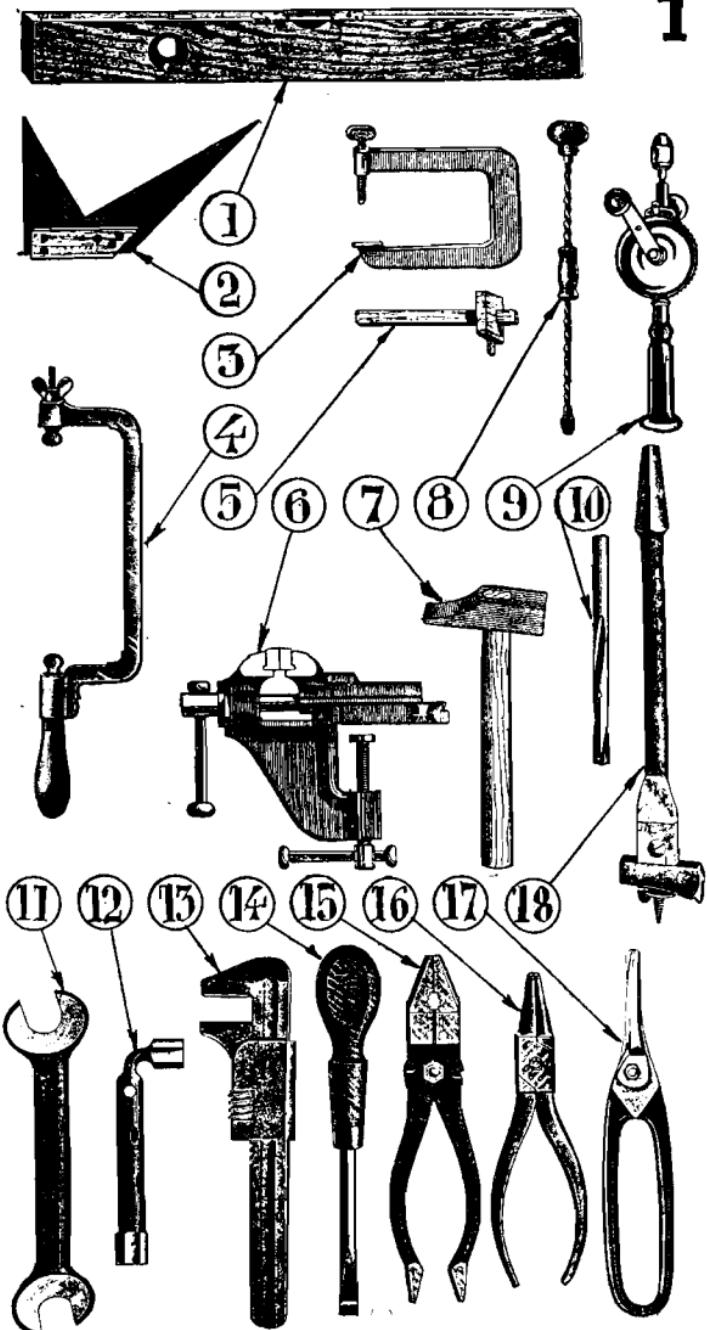
Avant d'entreprendre la construction d'un planeur, il faut posséder le petit outillage indispensable, sans quoi il ne pourrait être fait de bon travail.

Voici les outils strictement nécessaires:

1. Niveau à bulle de 0<sup>m</sup>, 50 de long.
2. Equerre d'onglet.
3. Deux presses dites « Happes » pour le serrage des pièces à coller et le maintien des gabarits.
4. Une scie à métaux, pour le métal et le bois.
5. Un trusquin pour le tracé des lignes de clouage.
6. Un petit étau, (il est préférable de posséder un établi et un étau plus fort) pouvant se fixer sur une table.
7. Un marteau ordinaire.
8. Un drille pour percer les trous de vis, s'il y en a beaucoup.
9. Un porte-foret, appelé communément « chignole » dans les ateliers, avec des forets hélicoïdaux de 3 mm., 3,5, - 4,5 - 5,5, etc., dits aussi « forets américains ».

A ce propos, il ne faut jamais percer de trous avec les

1



mèches à bois ou les vrilles par exemple, qui fendent le bois et ne sont jamais d'un diamètre exact. Pour percer le bois, on emploie un foret américain juste du diamètre du boulon, soit 3, 4, 5, etc. Pour les ferrures il faut percer avec un foret marqué, 3,2 - 4,2, etc., sans quoi le boulon ne « passerait pas ». Il passe avec beaucoup plus de facilité si on emploie un foret de 3,5 - 4,5; mais le « jeu » ne doit pas dépasser 5 dixièmes.

On peut percer à la cote exacte dans le métal pour les boulons emmanchés « à force », qui ne doivent pas être démontés souvent. Toutefois, l'emmanchement à force d'un boulon n'est pas recommandable, car cela abîme les filets de vis.

11. Clefs plates de 4, 5, 6, etc.
12. Clefs à tube de 4, 5, 6, etc.
13. Clef anglaise.
14. Tournevis pour petites vis.
15. Pince universelle, permettant de couper de la corde à piano.
16. Pince ronde pour faire les « œils » de corde à piano.
17. Cisaille, s'il y a des ferrures à découper dans de la tôle mince.
18. Mèche à bois « Clark » extensible. Cette mèche, qui s'emploie avec un vilebrequin, permet de faire les trous d'allègement dans le bois, de 22 à 76 mm. de diamètre.

Il faudra, outre cela: un mètre, deux trétaux de 0 m. 90 de haut, une râpe à bois, une lime, un bol pour faire de la colle, les récipients en métal pour le vernis, la peinture, l'émaillite et la graisse ( boîtes en fer-blanc par exemple) ; des pinceaux plats dits « queue de morue », un morceau de savon pour humecter les forets avant le percage du bois ; enfin, des aiguilles et du fil pour l'entoilage, ce que nous verrons plus loin.

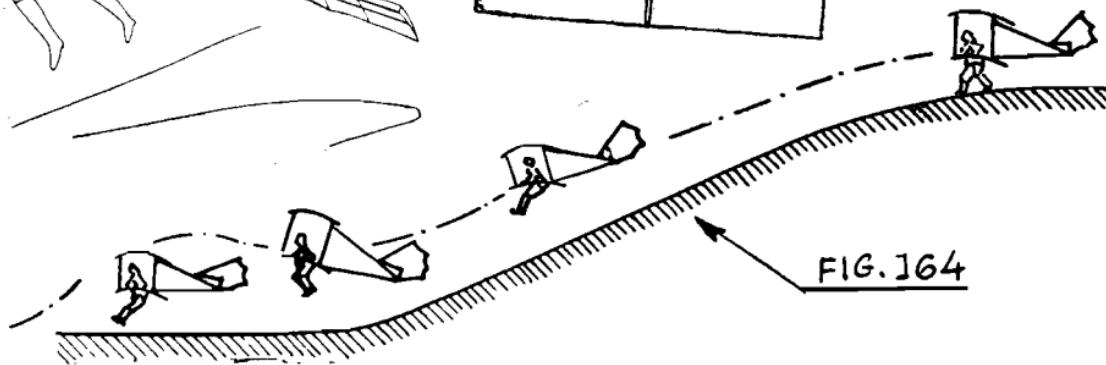
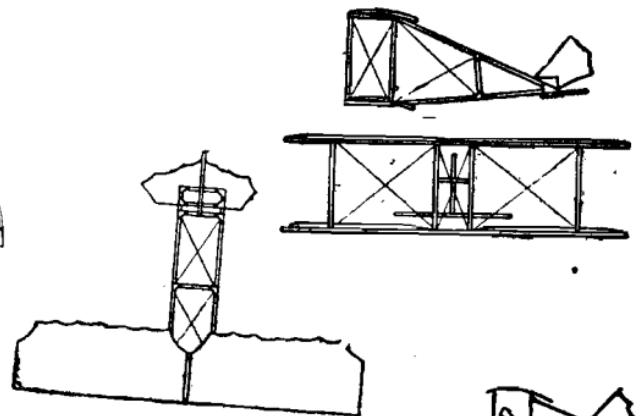
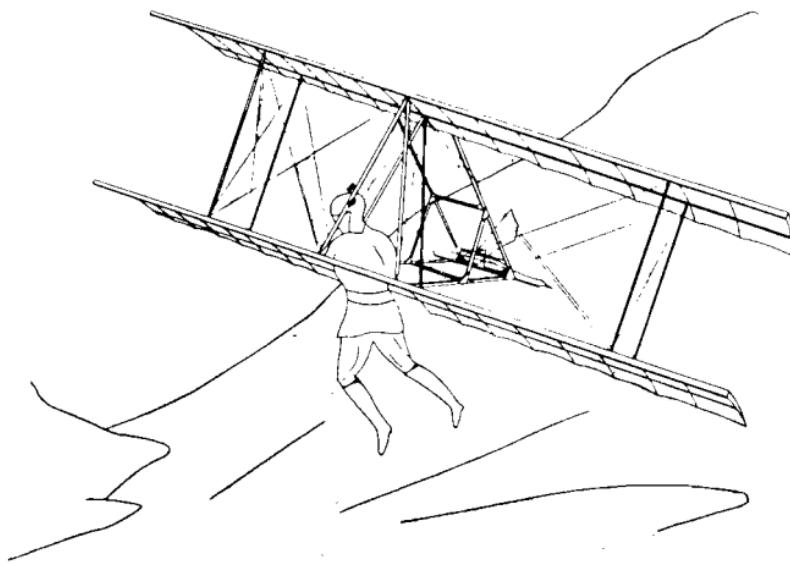


FIG. 164

## CHAPITRE II

### CONSTRUCTION D'UN PLANEUR « CHANUTE »

Ce type de planeur est le plus pratique à construire du fait de ses dimensions restreintes, et dont le transport et le montage sur piste ainsi que l'essai sont des plus faciles pour une personne sans aide.

Les indications que nous donnons pour la réalisation d'un Chanute sont prises d'après un appareil que nous avons construit suivant étude de nombreux planeurs de ce genre pesant de 12 à 30 kgs. Notre appareil n'était ni ultra-léger, ni lourd mais moyen, car il pesait 18 kgs. La construction s'est révélée très rigide et robuste. Il est possible de faire cette construction beaucoup plus légère, mais, de toute façon, on ne peut dépasser le poids de 25 kgs, car l'appareil serait trop lourd, et ne pourrait être manœuvré au départ.

Ce planeur (fig. 19) a été étudié pour offrir le minimum d'encombrement. La surface est la plus réduite pour ce type d'appareil : 8 mq.,80 mais les qualités aérodynamiques, si l'on peut s'exprimer ainsi pour ce genre de machine qui plane plutôt comme un parapluie, sont supérieures du fait de l'allongement de la voilure qui est de 4,8 presque 5. En effet, les appareils de ce principe ont eu jusqu'ici des allongements de 2,5 à 3. Notre planeur se trouve ainsi chargé à 9 kg. au mètre carré.

Avec un  $K_y$  maximum de 90 (voir les premiers profils de Eiffel), notre courbure ayant pu être très accentuée ; 1/7 de la corde, du fait de l'allongement de 4,8 ; la vitesse d'atterrissage est de 10 mètres-seconde.

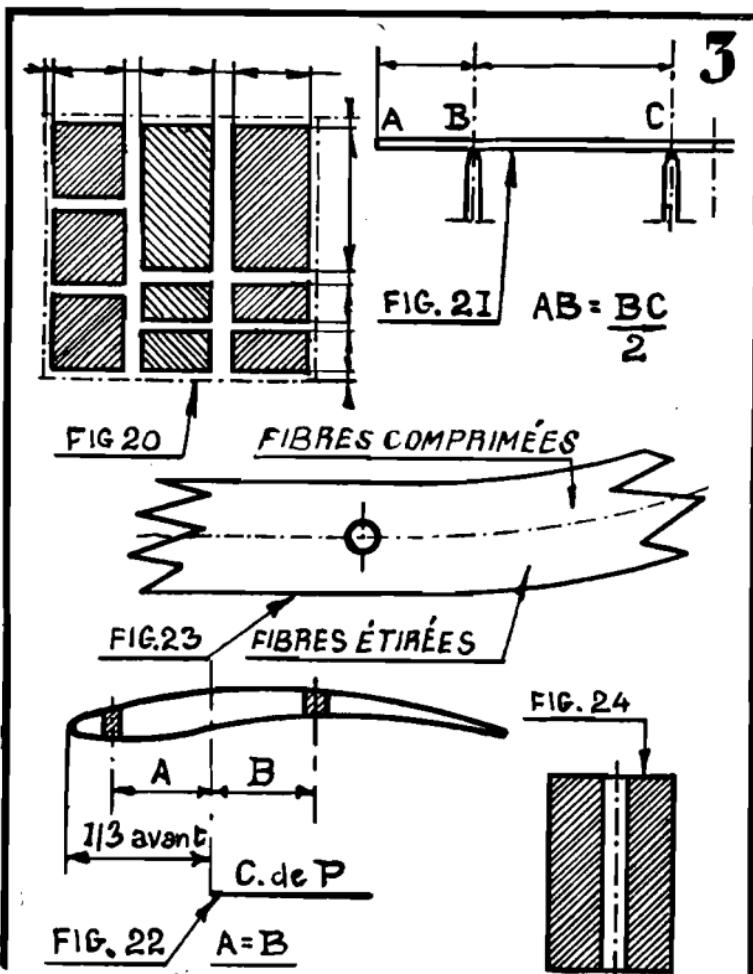
Comme cet appareil à petite surface peut être manié dans les vents forts : 6 à 8 ms. par exemple, le résultat est tout aussi intéressant.

Si nous le comparons au planeur de Chardon, le pilote suisse qui, pendant le Concours de Combegrasse en 1922,

fit des vols remarquables, avec une surface de 15 mq. et un poids de 12 kg., 5 on a :

Appareil Chardon : Charge au mq. : 5 kg. Vitesse minimum à  $Ky$ . 90 : 7 m. 50.

On voit donc que, pour un accroissement de vitesse de 2 m. 50 seulement, la surface peut être réduite presque de moitié.



Ceci, afin, dans l'étude d'un planeur, de décider si on doit faire une grande surface, par conséquent fragile, ou une petite surface plus robuste et plus économique aussi.

Les équerres d'assemblage, en contreplaqué de 3 mm. d'épaisseur, seront en peuplier et auront 80 mm. de côté.

Dans notre Chanute, il y a 76 équerres de 80 mm. de côté et 8 équerres spéciales de 100 mm. de côté et de 5 mm. d'épaisseur pour les brancards du pilote qui sont eux-mêmes en section de 40 × 40.

Cela fait 84 équerres en tout (fig. 38) représentant donc 42 assemblages. Cette méthode est beaucoup plus pratique et moins coûteuse que les systèmes d'assemblages par ferrures et boulons.

De plus, la feuille de contreplaqué étant tracée, il est plus avantageux de la faire découper à la machine que d'exécuter ce travail à la main.

Il y a lieu de remarquer également que le contreplaqué de peuplier est plus facile à travailler que le contreplaqué d'okoumé, plus joli d'aspect, mais qui se fendille sur les bords et donne une coupe moins nette.

Les ferrures de réunion des longerons d'aile sont en aluminium de 1 mm. Celles de réunion de la poutre d'empennage sont en tôle d'acier de 1 mm. parce qu'elles doivent être pliées.

### **Principes de construction rationnelle**

D'après les calculs élémentaires de résistance des matériaux, les parties en porte-à-faux doivent être deux fois moins longues que celles situées entre deux points d'appui, pour supporter un effort égal (fig. 21).

D'autre part, le longeron avant peut être considéré portant une charge égale au longeron arrière, car ils seront placés à égale distance du centre de pression, situé au 1/3 avant de la largeur de la voilure (fig. 22), dont les déplacements influent à peu près également sur ces longerons.

Ces règles concernent les ailes rectangulaires et à profil constant. Il est évident qu'elles doivent être appliquées différemment pour les ailes trapézoïdales par exemple et à profil variable.

### **Perçage rationnel des longerons**

On considère, quand un longeron travaille à la flexion, que les fibres placées près de l'axe, (axe neutre) ne travai-

lent presque pas, tandis que celles placées au-dessus de cet axe sont comprimées et celles placées au-dessous, étirées (fig. 23).

Il convient donc, si l'on a un trou à percer, de le placer horizontalement dans l'axe neutre où les fibres travaillent peu (fig. 23).

Si l'on place le boulon verticalement (fig. 24), on rompt les fibres dans toute la hauteur, et la largeur de la section est considérée diminuée de l'épaisseur du trou, cela pour toute la longueur.

Quand une ferrure doit être placée sur un longeron, il est bon de prévoir à cet endroit un renforcement. Si c'est un longeron caisson, on remplira l'intérieur avec une cale Planche 4.

L'avantage des longerons toupillés employés beaucoup autrefois, est, grâce aux arrêts de toupillage aux endroits où il y a des ferrures, d'avoir un renforcement tout prévu (fig. 26).

Dans les assemblages ou nœuds, les efforts de traction des haubans doivent converger vers l'axe neutre du longeron (fig. 27) pour éviter les efforts intermédiaires (fig. 28).

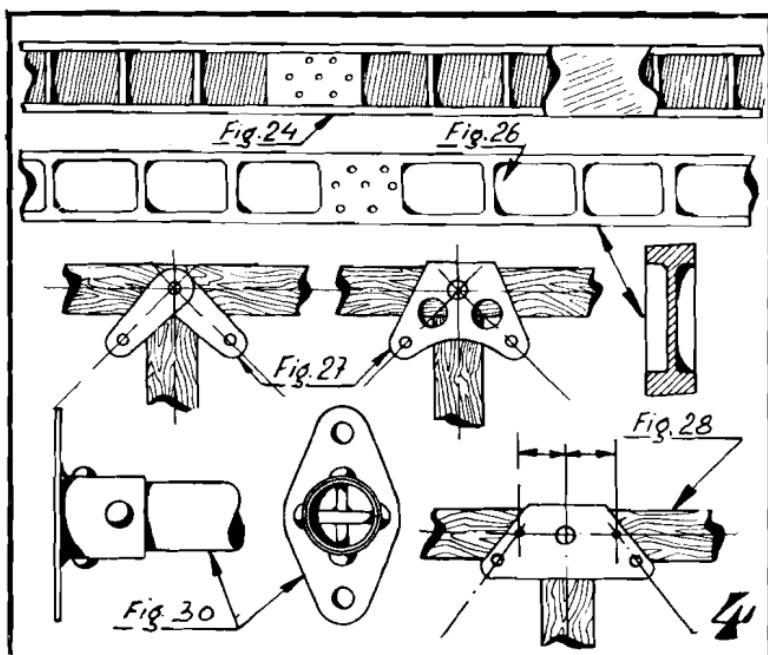
Nous verrons que dans notre Chanute, nous n'avons pas suivi cette méthode, et que les ferrures d'attache de mâts par exemple, sont fixées sur une cale à côté des longerons et des barres de compression de l'aile (fig. 38).

Nous n'avons pas voulu affaiblir les longerons par des trous, et comme, d'autre part, les goussets en contreplaqué raidissent considérablement les longerons aux nœuds d'assemblage, ce système est avantageux à tous points de vue.

Ces assemblages par goussets devront être cloués avec des pointes fines et longues. On ne considère pas qu'elles affaiblissent les sections, puisque les trous produits sont très minimes.

Toutes les pièces clouées devront être collées à la colle caséine ou colle Certus. Ce collage devra être effectué avec beaucoup de soin. Il est nécessaire, sans quoi les pièces simplement clouées s'ouvriront pendant les chocs multiples qu'un appareil subit.

Deux pièces de bois collées à la Certus sont presque impossibles à séparer. Les Planeurs allemands, ceux du Concours d'Aviation sans moteur de Vauville de 1928, étaient construits en lattes extrêmement fines et en contreplaqué très



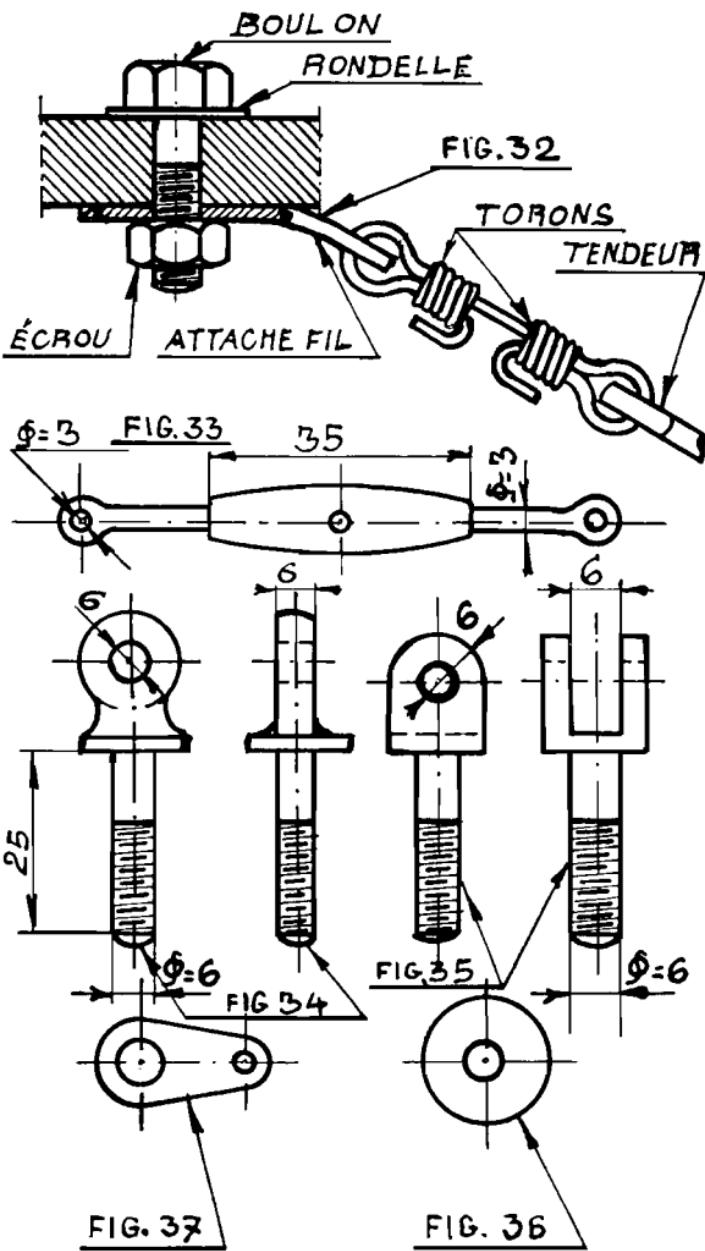
mince : 8/10 de mm. d'épaisseur et beaucoup d'assemblages, les nervures, par exemple, n'étaient que collées, sans l'aide de pointes, qu'il aurait du reste été difficile de placer dans les sections si minces des matériaux à assembler.

La colle à bois que les menuisiers commencent à abandonner, n'est plus employée en aviation.

### Préparation de la colle

On ne prépare qu'un peu de colle à la fois, pour les besoins immédiats, car elle ne se conserve pas plus de vingt-quatre heures.

On en met un peu dans un bol. Elle se présente sous l'aspect de la farine. On verse dessus un petit filet d'eau, en



remuant avec une palette de bois. Très peu d'eau suffit. Lorsqu'on a obtenu une pâte très consistante et sans grumeaux, on laisse reposer pendant une vingtaine de minutes. Au bout de ce temps, la pâte est « tombée » et a la consistance semi-fluide. Si la colle est trop épaisse à ce moment, il est facile d'ajouter doucement un peu d'eau.

Si elle est trop fluide, on ajoute un peu de poudre, en remuant, et, la consistance de la pâte étant revenue comme au début, on doit la laisser encore pendant vingt minutes pour reposer.

La colle Certus ne doit pas être préparée dans des récipients métalliques.

### Assemblage des ailes. — Traçage des longerons

Les quatre longerons de l'aile supérieure plan gauche et plan droit, sont serrés ensemble à l'aide d'une presse et les échancreures pour l'emboîtement des nervures fig. 42, sont tracées et travaillées en même temps. On perce, s'il y a lieu, les trous, et on trace les emplacements divers des équerres, des barres de compression, etc.

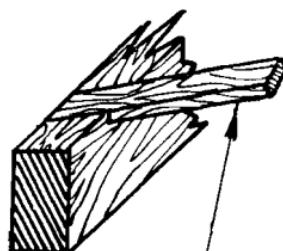
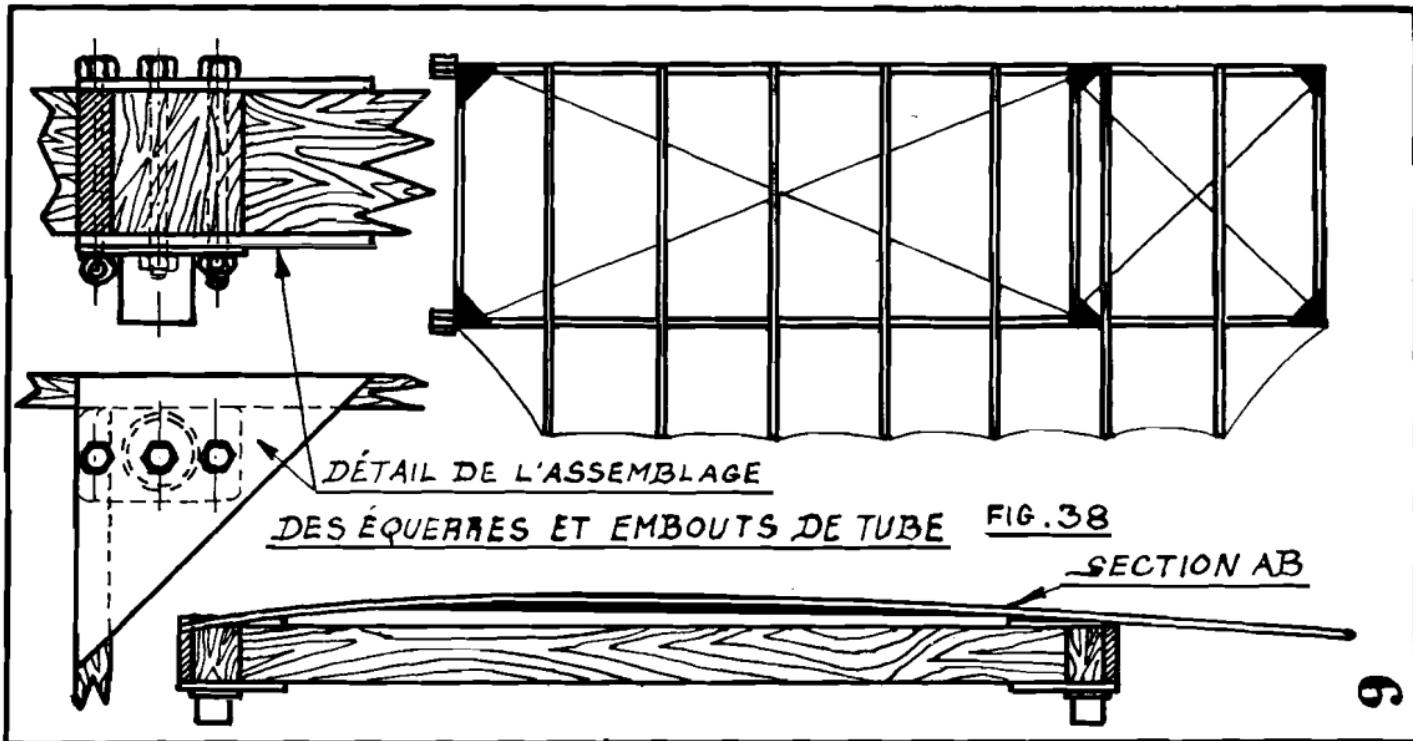


FIG. 42

On procède de même pour les traverses, les nervures et les longerons de l'aile inférieure.

Les cadres des ailes sont alors montés. On assemble les longerons et les traverses à l'aide des équerres, collées et clouées. Les goussets ainsi formés sont remplis avec des cales afin de pouvoir boulonner les embouts de tube (fig. 30) servant à l'attache des mâts.

Ces embouts de tube sont constitués par un morceau de tube d'acier doux soudé à l'autogène sur une plaque percée de trous pour la fixation et qui est prise dans un feuillard. Ce feuillard est une bande d'acier doux de  $25 \times 1$



les trous seront percés ensemble sur toutes les plaques à la fois : (16 pour tout l'appareil). Les coins de ces plaques seront arrondis à la lime, comme on doit le faire pour toutes les ferrures, afin d'éviter que les pointes formées par les coins puissent blesser si elles ne s'appliquent pas bien.

Les extrémités de longerons sur lesquels seront montées ces ferrures avec des boulons de 4, seront renforcées par des sections collées de part et d'autre et marouflées. Ces renforcements doivent aller jusqu'au premier nœud de résistance. Ils seront marouflés, c'est-à-dire entourés par une bande d'étoffe enroulée de façon que chaque spire couvre la moitié de la précédente. Cette bande, de 3 à 4 cm. de large, sera enduite au fur et à mesure de son enroulement, de colle Certus, dont nous avons indiqué la préparation plus haut, mais qui sera allongée pour être plus fluide.

Le marouflage est indispensable à l'extrémité des longerons qui reçoivent des ferrures, car il évite l'éclatement du bois, surtout quand ce sont des bois tendres comme le sapin ou le peuplier.

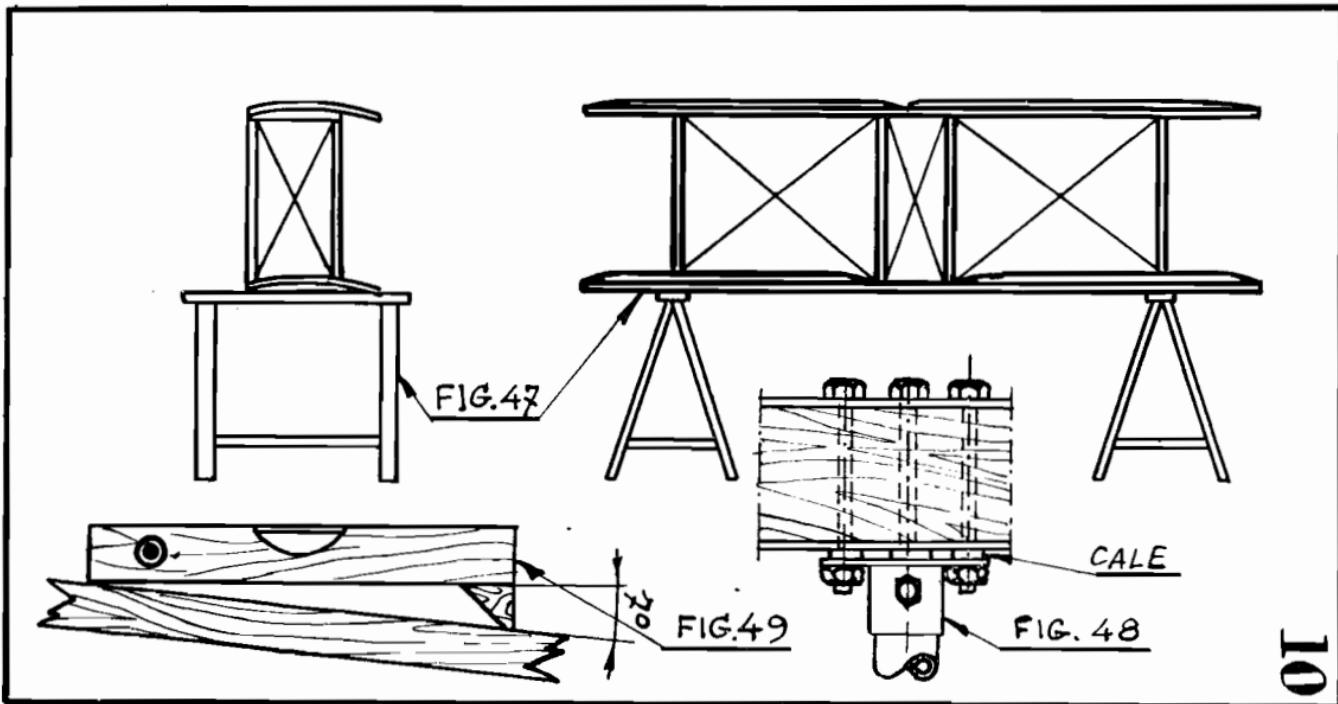
### Poutre d'empennage

La poutre d'empennage (fig. 46) que nous avons construite est quadrangulaire. Une poutre triangulaire serait un plus légère, mais aussi plus difficile de réalisation du fait des assemblages en angles plus compliqués. Il est nécessaire de haubanner les premières travées de la poutre quadrangulaire, ce qui donne l'avantage de pouvoir la redresser en cas de déformation, et qui la rend plus résistante aussi qu'une poutre triangulaire, car le haubannage contribue à donner une certaine élasticité, favorable à l'absorption des chocs.

La section utilisée pour cette poutre est de  $25 \times 10$  mm. Le plan de dérive est construit avec du  $25 \times 10$  également. Les ferrures de réunion à la cellule seront en tôle d'acier de 1 mm. dont la forme sera déterminée par un morceau de papier essayé sur place.

### Plan fixe

Le plan fixe (fig. 45) sera établi suivant le même procédé que la voilure, mais les longerons seront en  $25 \times 10$ . Les nervures ne seront pas courbes, mais plates, et fixées sur les longerons.



10

Les constructeurs, généralement, adoptent pour les empennages, plan de dérive et gouvernail de direction, plan fixe et gouvernail de profondeur, une forme particulière à chacun d'eux et originale.

S'il faut tout d'abord un empennage bien calculé pour manœuvrer et stabiliser efficacement un appareil, les lois de l'aérodynamique permettent une grande variété de dispositions et de formes.

Le plan fixe viendra se boulonner au-dessous de la dernière travée de la poutre d'empennage. Le montage des longerons et traverses devra correspondre à la dernière travée de la poutre pour que les boulons soient bien disposés dans les deux pièces à réunir, au milieu des goussets d'assemblage.

### **Montage à blanc**

Toutes les différentes parties de l'appareil étant construites mais non entoilées, avant cette opération, l'appareil sera « monté à blanc », afin qu'en cas d'aléa dans l'ensemble du montage, les modifications puissent être apportées.

Après avoir réuni les ailes inférieures et les ailes supérieures, les deux voilures seront placées l'une sur l'autre, et croisillonnées .

La cellule sera réglée d'une manière différente de celle indiquée précédemment pour le réglage de chaque pièce. On se servira pour cela d'un niveau de menuisier (fig. 1) de 50 cm. de long.

Notre cellule sera placée sur deux trétaux disposés au droit de deux travées (fig. 47).

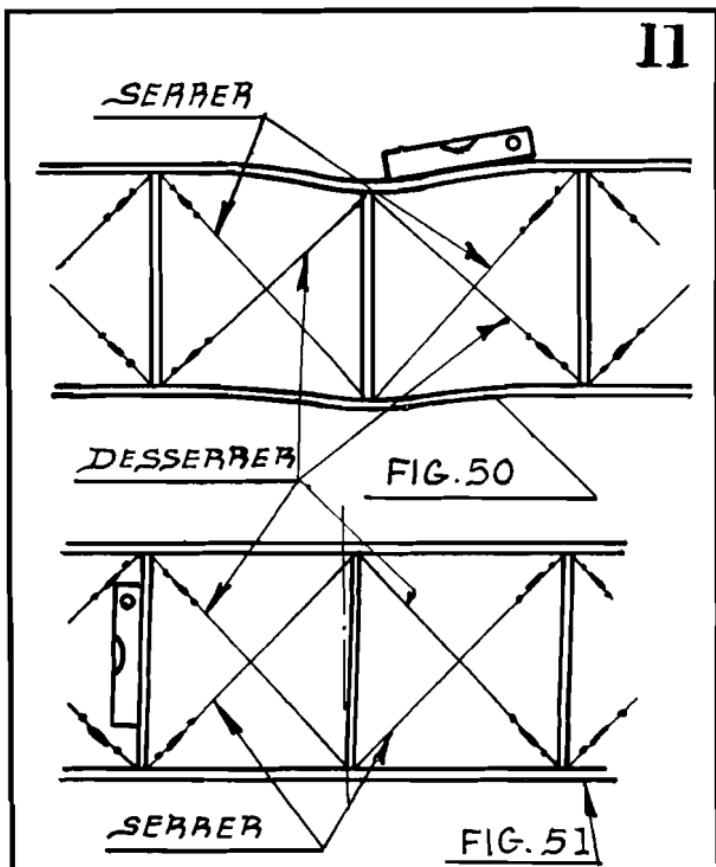
Le plan inférieur sera vérifié à l'horizontalité en tous ses points, en plaçant le niveau sur chaque traverse et tout le long des longerons (fig. 50). Cette opération devra être faite très soigneusement, et, pour cela, à chaque essai de niveau, la bulle d'air devra se trouver exactement au milieu du tube, repéré par des traits rouges.

Les différences de niveau seront compensées par de petites cales en contreplaqué ou en tôle qui seront glissées sous les trétaux, il y a lieu de recommencer toutes les opérations de vérification en chacun des points, car le fait de régler un point peut provoquer un déséquilibre en un autre point.

Le plan inférieur étant horizontal, on procèdera à la

même opération pour le plan supérieur. Le niveau sera appliqué également sur tous les mâts en tube (fig. 51), afin de les mettre à la verticale. Les mâts se trouvant à la verticale, le plan supérieur sera placé exactement au-dessus du plan inférieur.

Quand une différence de niveau se présentera dans le plan supérieur ,elle sera rectifiée à l'aide de cales d'épaisseur constituées par des rondelles de 1 mm. qui seront glissées sous les ferrures (fig. 48). On vend dans le commerce des rondelles de toutes épaisseurs, calibrées en dixièmes de millimètre, et qui seront utiles pour cet usage.



Les deux plans étant réglés par rapport à l'horizontale et la verticale, il faut vérifier si les voilures sont à l'alignement au bord d'attaque. Pour cela on tend une corde d'un bout de l'envergure à l'autre, afin de voir si les voilures ne présentent pas une flèche.

La cellule étant complètement réglée, il faut vérifier encore une dernière fois si dans tous les plans de réglage, il ne se présente plus de défauts, avant de monter la poutre d'empennage.

Les cordes à piano seront coupées une fois pour toutes, et les boucles rabattues définitivement.

La poutre d'empennage sera réglée de façon à ce que le plan fixe ait une incidence négative de  $7^\circ$  par rapport à la voilure.

Pour obtenir cette incidence, il faut placer sous le niveau une petite cale représentant  $7^\circ$ . La bulle, par ce moyen marquera toujours  $0^\circ$ , mais correspondra à une incidence de  $7^\circ$  (fig. 49).

Dans ce réglage, il peut se présenter des différences de niveau qui n'impliqueront pas un déséquilibre. Elles seront produites par des déformations locales des longerons et traverses ou par des différences d'épaisseur dans ces pièces si elles ont été mal rabotées. C'est au régleur de faire la part de ces imperfections.

La cellule réglée doit présenter un ensemble homogène. Pour cela, toutes les cordes doivent être également tendues et les tendeurs suffisamment serrés, sans l'être à fond, pour pouvoir, après usage de la machine, rectifier les déformations qui se produiront soit par le travail aérien, soit par les agents atmosphériques.

### Entoilage

La charge au mètre carré et la vitesse de l'appareil étant très faibles, l'entoilage sera fait avec de l'étoffe de coton à bon marché : shirting, madapolam, coton écrù. Ces étoffes pèsent environ 100 grammes au mètre carré.

L'étoffe sera posée dessus l'aile. Les aspérités seront donc en-dessous. Cela est nécessaire. Tous

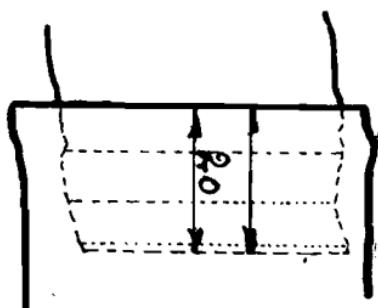


Fig. 53.

les appareils des débuts de l'aviation qui ne comportaient comme entoilage qu'une épaisseur d'étoffe, étaient entoilés dessus les ailes, car les aspérités produites par les longerons, ferrures, etc., influent beaucoup plus sur le dessus de l'aile qui entre pour une valeur de  $3/4$  dans la sustentation par la dépression, que sur le dessous qui n'entre dans la sustentation que pour une valeur d'environ  $1/4$  par compression de l'air.

L'étoffe sera clouée sur le bord d'attaque en repliant le bord. De plus, on interposera entre les pointes et l'étoffe, de petites rondelles ou une bande d'étoffe (jaconas) de 5 mm. de large. Cette précaution évite à la pointe de traverser l'entoilage.

L'entoilage sera lacé sur les nervures avec du fil de coton très fort. Le bord de fuite sera cousu aussi en rabattant une bordure

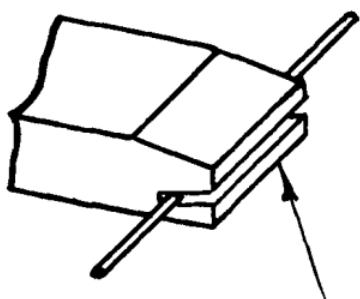


FIG. 54

d'étoffe sur la corde à piano.

La corde à piano est engagée dans une fente produite par un trait de scie dans la nervure (fig. 54). Les étoffes blanchies se vendent en largeurs de 0,80. Le coton écru se vend en largeur de 80, 100, 110 cm. Si l'entoilage peut être fait avec une étoffe assez large pour supprimer les coutures, cela est évidemment préférable. Au cas contraire, la surface sera préparée suivant la normale en assemblant les bandes d'étoffe côté à côté jusqu'à obtention d'une longueur suffisante. Il paraîtrait plus simple de faire d'une autre manière mais cela ne se pratique jamais.

Les bandes seront cousues à la machine sur une largeur de 2 cm., et avec triple couture (fig. 53). Ce travail coûte quelques sous au mètre.

### Emaillitage

Tout le monde connaît l'émaillite, cet enduit qui donne l'imperméabilisation et la tension aux ailes d'avions. Cinq

litres seront suffisants pour dix mètres carrées. Pour notre planeur léger, une couche suffira. Ajoutons que c'est la première couche qui absorbe le plus d'enduit.

L'émaillite s'étale avec un pinceau plat dit « queue de morue ». Cette queue de morue devra avoir une largeur de quatre à cinq centimètres. On la charge assez d'enduit que l'on étale rapidement, car il s'évapore très vite, et ne « file » pas beaucoup sous le pinceau. Lorsque la voilure sera sèche, la tension devra être égale partout, et il ne devra pas se présenter des endroits manquant d'enduit, comme des placards très épais. Cette opération demande un certain tour de main.

### **Peinture et finition**

Les parties de bois doivent être vernies ou peintes. Pour le vernissage, comme pour la peinture, il est bon de poncer la surface de bois à recouvrir, en la frottant avec un morceau de papier de verre assez fin monté sur un morceau de bois.

Le vernis à employer est le vernis dit « extérieur », et non le vernis à l'alcool. Le vernis extérieur s'étale avec la queue de morue. La couche doit être la plus mince possible. Il est nécessaires d'en mettre au moins trois couches. Entre chaque couche il faut procéder à un ponçage. A la fin on obtient un vernis très brillant. Ajoutons qu'il faut toutefois quatre ou cinq jours avant qu'une couche soit sèche. Il est nécessaire d'ajouter du siccatif au vernis.

Pour le planeur que nous venons de décrire, il peut être long de le poncer, aussi il est préférable d'employer de la peinture, qui peut, au besoin, se passer de ponçage.

Pendant les opérations d'émaillitige, de vernissage ou de peinture, il est nécessaire d'avoir balayé préalablement l'atelier et de l'arroser fréquemment afin d'éviter le déplacement des poussières. Pour cela, malgré l'odeur qui peut être gênante, il faut opérer, portes et fenêtres fermées.

Les peintures à séchage rapide qui peuvent s'étendre au pinceau sont particulièrement à recommander.

L'appareil, étant terminé, pourra être monté encore une fois dans l'atelier pour voir si le réglage n'a pas trop bougé par suite de la tension de l'entoilage.

### **Pilotage du Chanute**

La figure 163 montre la tenue du pilote dans les bran-  
cards de l'appareil. Il est facile de se tenir à la force des

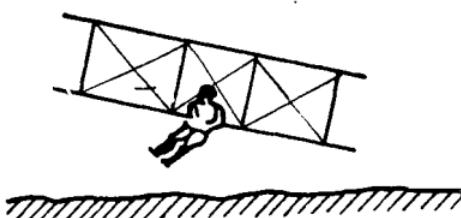


FIG. 165

bras, mais on peut disposer une sangle passant entre les jambes pour se soutenir. Une autre sangle passant entre les épaules a pour but de retenir le poids de l'appareil qui peut avoir

tendance, si l'empennage est trop lourd, à empêcher la mise en ligne de vol.

La figure 164 indique les différentes positions que peut prendre l'appareil.

Pour la réalisation des glissades, il faut choisir une pente assez prononcée pour pouvoir se dégager facilement du sol, car ce type de planeur vole sous un angle très grand. Avant de se lancer sur la pente, il aura été bon de s'initier à la manœuvre et à la tenue de la machine en terrain plat et sur des pentes très douces.

Le pilote étant dans les brancards, il est bon au départ d'avoir deux aides pour l'aider à soulever l'appareil dans les premiers pas jusqu'à ce qu'il soit suffisamment allégé.

Donc, à un signal donné, tous se lancent et dévalent la pente. Lorsque l'appareil soulève son pilote, les aides lâchent.

Pour cabrer, il suffit de pencher le corps en arrière, pour s'incliner sur l'avant, il suffit de pencher les jambes en avant. Le pilote s'appliquera progressivement à faire des vols de plus en plus long, et à éviter le plus possible les « montagnes russes ».

Pour atterrir, l'appareil doit être redressé légèrement en portant les jambes en arrière, ceci à 2 ou 3 mètres du sol, pour ralentir la vitesse le plus possible, puis au dernier moment se recevoir les jambes en avant.

Il est nécessaire de faire les départs et atterrissages bien face au vent.

Aussitôt que le planeur penche d'un côté, il faut le redresser en portant les jambes du côté opposé (fig. 165).

La position du pilote dans les brancards sera déterminée par expérience.

## CHAPITRE III

# CONSTRUCTION DES PLANEURS D'ECOLE ET DE VOL A VOILE

Le Chanute ne permettant que de courtes glissades, le sport du vol sans moteur ne peut être pratiqué plus complètement qu'avec des appareils plus importants, munis des organes de gouvernes comme les avions.

Trois types d'appareils, différents suivant leur importance, mais dont les conceptions de construction et d'étude aérodynamique peuvent donner lieu à une grande variété de formes, sont déterminés par l'usage.

Il y a le planeur de début, ou d'école, appelé aussi à l'étranger « Primary ».

Cet appareil est constitué par un voilure très simple, généralement rectangulaire, montée sur une poutre, réalisée en barres de bois, ou de tubes, ou encore suivant un système caisson que nous décrirons plus loin.

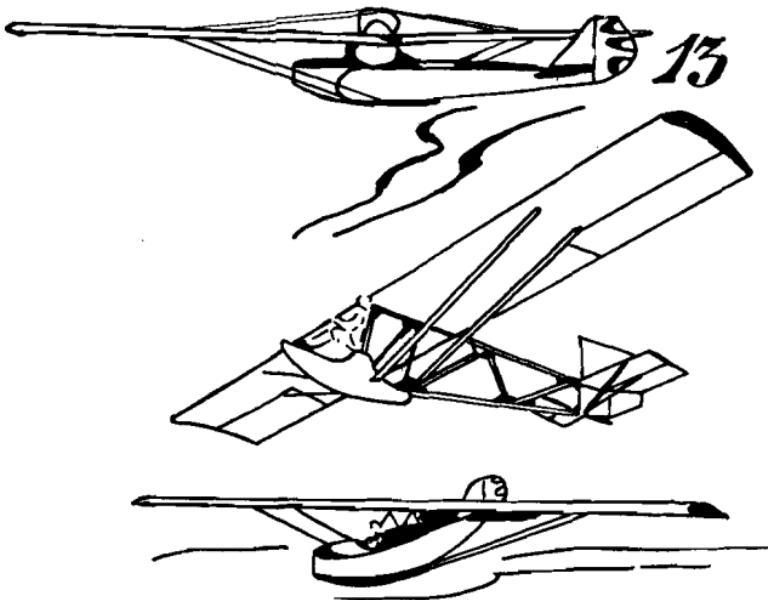
Cet appareil très simple, permet des vols de piste et l'apprentissage de début. La poutre est haubannée avec des cordes à piano après la voilure. Le pilote est placé à l'extérieur et les résistances à l'avancement d'un tel appareil, du fait de son principe même sont assez importantes.

Le planement d'un appareil à poutre est d'environ 8 à 10. Pour obtenir de bons résultats de planement, il faut employer des profils porteurs particulièrement arqués.

En effet, une réalisation défectueuse au point de vue aérodynamique, peut amener une rapide diminution de finesse, c'est-à-dire de qualités de planement, et certains appareils particulièrement lourds, ou dont la voilure est insuffisamment porteuse ont un planement inférieur à 5 et même 4.

Le planeur d'entraînement, est généralement constitué par une voilure montée sur un fuselage. Il est dénomé à l'étranger « Secondary » ou « Professor ».

Un tel type doit permettre de réaliser le vol à voile et



servir à l'entraînement des élèves déjà au courant du pilotage sur planeur à poutre.

Les modèles de planeur à poutre carénée, s'ils donnent de bons résultats de finesse, et si leur construction est bien réalisée, peuvent servir à l'entraînement au vol à voile.

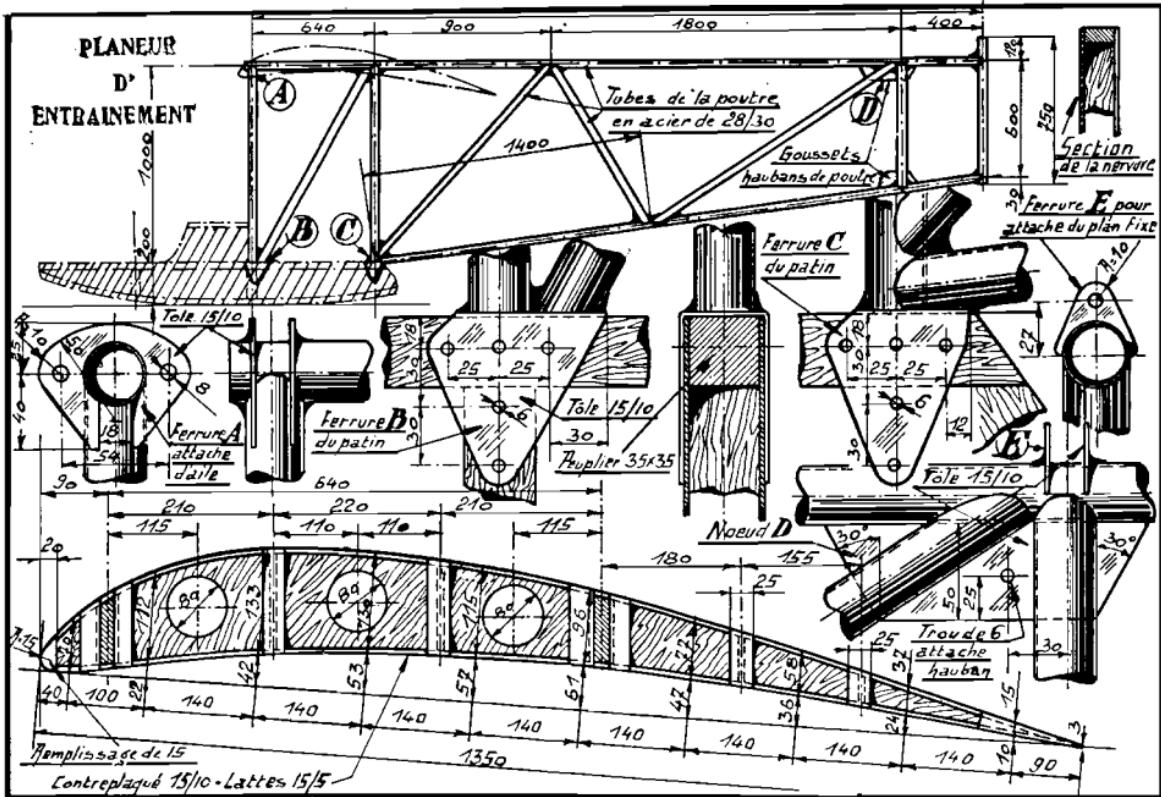
Les planeurs de performance, sont caractérisés par une voilure de grande finesse, entraînant un certain allongement. En effet, tandis que pour des planeurs d'école et d'entraînement, l'allongement de la voilure, c'est-à-dire le rapport de la largeur avec l'envergure est de 6 à 8, il est de 10 à 20 pour des planeurs de performance.

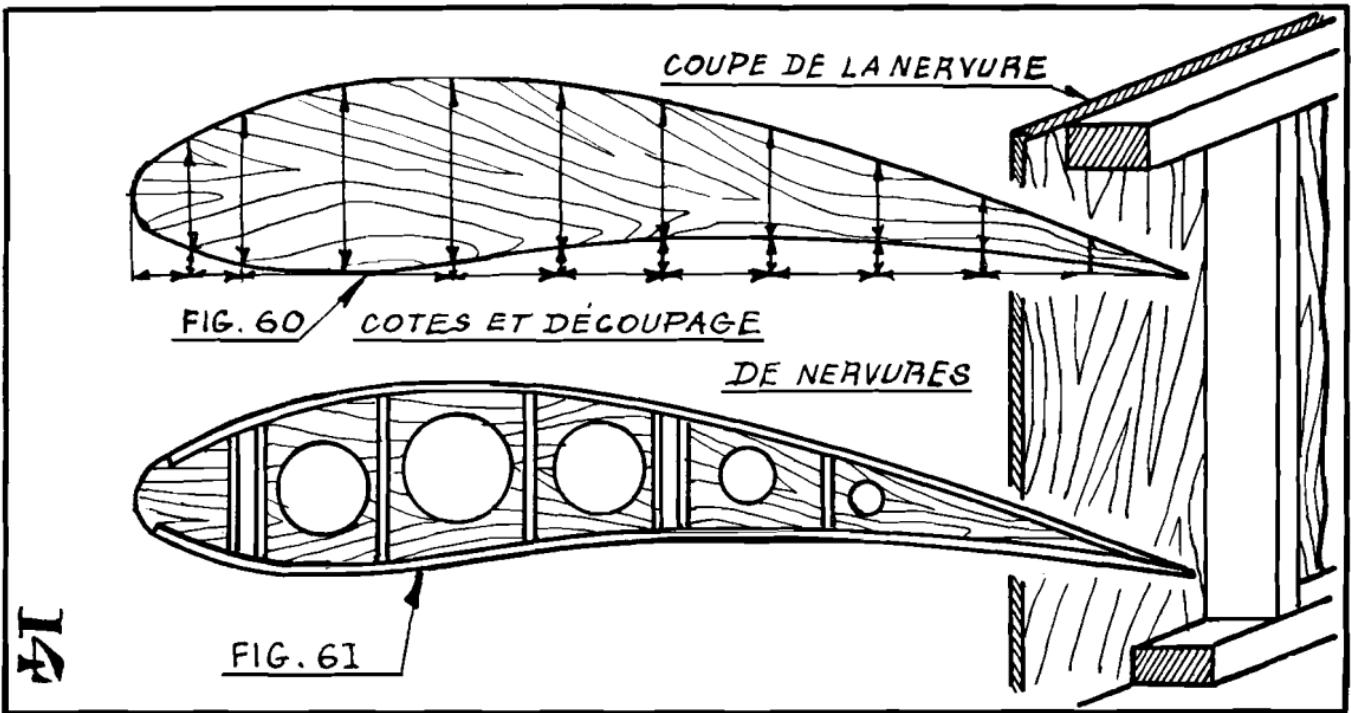
Plusieurs techniques sont employées pour la réalisation de ces voitures de planeurs de performance.

L'une, employée surtout à l'étranger, consiste à n'employer qu'un longeron unique et à donner à la forme en plan de la voilure une surface trapézoïdale ou elliptique.

Cette construction réalisée sans hauban, est très délicate, et apte à amener de gros aléas, du fait de la difficulté de raccorder convenablement un longeron unique après le fuselage.

**PLANEUR  
D'  
ENTRAINEMENT**





D'autre part, le poids nécessité par la grande dimension des efforts, enlève quelquefois les avantages de la grande finesse. Cette méthode a conduit certains constructeurs à réaliser des appareils pesant presque une demi-tonne.

Une technique plus classique, employant des voilures de moins grandes dimensions (10 à 16 mètres d'envergure) et comprenant un haubannage même réduit des voilures, soit par mâts, soit par cordes à piano, est plus facilement réalisable.

D'autre part, un appareil dont la finesse est trop poussée, ne peut guère donner de résultats supérieurs, au point de vue pilotage, car le pilote ne peut « sentir » des réactions trop minimales.

D'autres qualités sont à rechercher pour tirer parti de la finesse des planeurs de performance, comme la grande maniabilité, pour pouvoir s'orienter facilement dans les courants.

Les appareils à très grand allongement, et sans haubans ont quelquefois une grande défectuosité au point de vue maniabilité, du fait du poids considérable de leur voilure, et du gauchissement qui se produit dans ces voilures, lors des manœuvres d'aileron, dont l'effort amène une torsion dans l'aile qui leur enlève de l'efficacité.

Avant de passer à la description des méthodes de construction, ces indications, montreront que la conception d'ensemble de la machine est très importante pour tirer un bon parti des possibilités de l'aérodynamique et de la méthode de réalisation qui sera choisie.

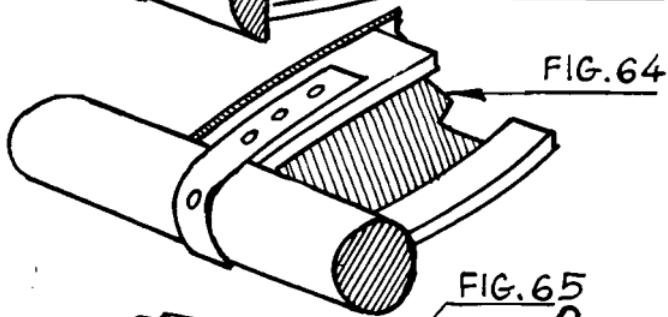
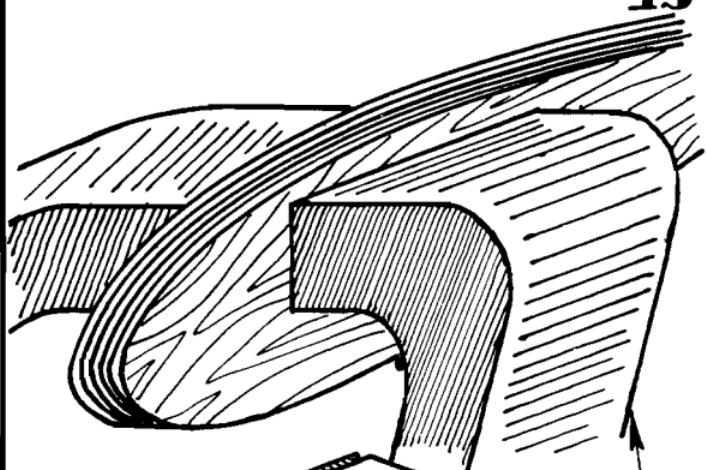
## LES VOILURES

### Nervures

Nous avons expérimenté une méthode de réalisation de nervure très simple.

Le profil de la nervure sera découpé dans du contreplaqué de 1 mm. 1/2, appelé 15/10. Ce découpage peut s'effectuer,

15



soit avec un canif très aiguisé, soit avec une lame de rasoir, soit avec des ciseaux ou même à la scie dont la lame devra être de petite largeur.

Toutes les nervures étant découpées, on les serre dans un étau, et avec une râpe, on rectifie leur contour pour les avoir toutes semblables (fig. 62).

Il serait assez avantageux de les faire découper ensemble par un faonnier disposant de scie à chantourner, en préparant le paquet de lames à découper avec, sur la première, le tracé à suivre.

Ensuite, des lattes de 6/12 seront collées et clouées sur le bord de la nervure et à côté (fig. 61).

Les échancreures pour le passage des longerons seront ensuite pratiquées et, sur leurs bords, munies de lattes. Des lattes seront placées dans la nervure afin de la raidir. Le tout devra être collé et cloué avec des pointes de 0,6 de diamètre et 10 mm. de long.

Le bord d'attaque dans l'aile sera constitué par un tube ou une section en demi rond ou en bâton. Il faudra prévoir pour cela les encoches nécessaires (fig. 63 et 64).

Le bord de fuite sera aminci et une petite fente sera pratiquée par un trait de scie pour placer ultérieurement la corde à piano (fig. 65).

La figure 60 montre la construction du tracé des nervures. Les cotes de profils essayés au tunnel et dont les caractéristiques sont connues se trouvent dans les ouvrages des laboratoires de Gottingen ou des laboratoires d'aérodynamique français.

La figure 61 montre des évidements qui ont été pratiqués dans le contreplaqué pour alléger la nervure. Quoique, dans des nervures aussi minces, cela ne soit pas absolument nécessaire, ces allègements pourront être pratiqués avec des tubes de diamètres suffisants, dont on aura aminci une embouchure pour la transformer en emporte-pièce. Les bords du tube devront être très coupants pour ne pas faire éclater le contreplaqué fig. 70).

La nervure terminée, les bords seront arrondis légèrement avec du papier de verre pour ne pas couper l'entoilage (fig. 69).

Une autre méthode de construction de nervure assez employée, quoique demandant plus de temps, consiste (fig. 67) à faire des poutres en lattes de 8 à 10 mm. de côté, qui sont assemblées par de petites équerres en contreplaqué de 15/10.

FIG. 67

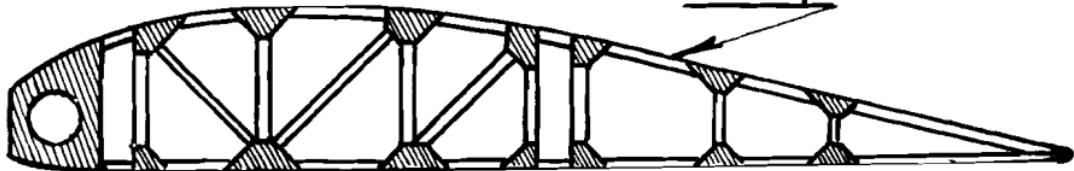
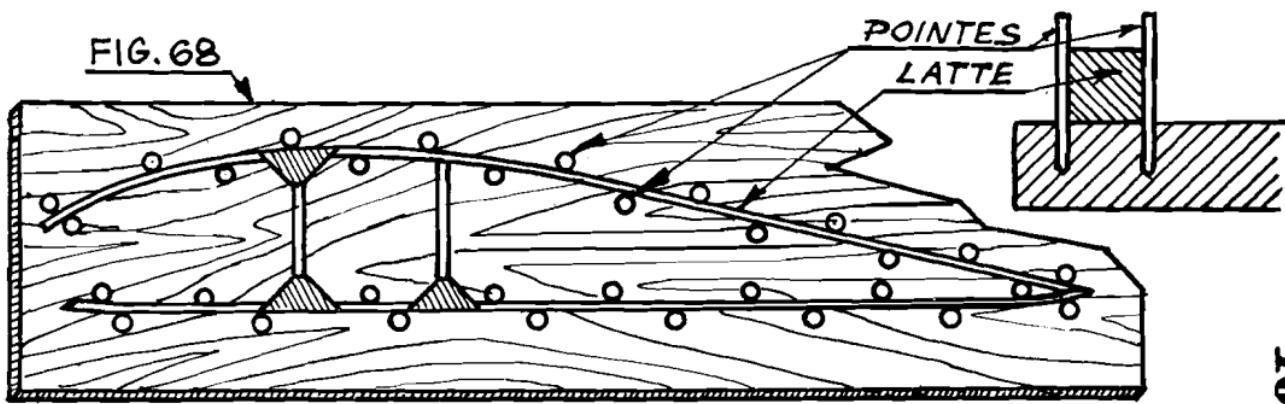


FIG. 68



Les lattes seront pendant le montage des croisillons et des équerres maintenues en forme sur une planche munie de pointes sans têtes (fig. 68). Les figures 71, 72 et 73 montrent ces assemblages qui sont collés et cloués.

## Longerons

Pour un planeur à poutre, il n'est pas nécessaire de faire une aile décroissant d'épaisseur, qui obligerait à une construction plus compliquée, les nervures devant être toutes différentes, les longerons devant diminuer de hauteur, et les bords latéraux des ailes pouvant être munis d'arétiers spéciaux.

Le longeron type est constitué par des flasques en contreplaqué de 15/10 ou 2 mm. assemblés sur des lattes de 15 mm. carré ou 20 mm. carré. Ces longerons doivent être assez hauts pour permettre le travail de cette construction (fig. 74).

Si les dimensions des nervures ne sont pas supérieures à 80 mm. par exemple, il sera plus commode de se servir comme longerons d'une section unique de bois bien de fil. Ces longerons pourront avoir une hauteur de 80 mm. pour une section en largeur de 15 à 20 mm. (fig. 75) Il est à noter que les dimensions que nous indiquons n'ont qu'un intérêt documentaire en vue de déterminer les proportions courantes de largeur par rapport à la hauteur. Ces sections devront être calculées suivant les efforts de flexion et de compression qu'elles auront à subir, ce que nous verrons plus loin.

Dans le cas de longerons de grandes dimensions, par exemple pour une aile à longeron unique, on peut faire un caisson comme l'indique la figure 77. Toutefois, pour ce système, il est préférable d'employer des baguettes couvre-joint, de forme triangulaire, qui feront gagner du poids sans enlever de surface de collage (fig. 78).

La fig. 79 montre une semelle de longeron caisson toupillée, pour qu'avec égalité de poids par rapport à une section pleine, il y ait une augmentation des dimensions de cette semelle et par conséquent des surfaces de collage.

Les fig. 80 et 81 montrent deux types de nervures, et la position des longerons dans ces nervures, dont l'une sera munie de longerons pleins, et l'autre de longerons caisson.

La fig. 82 montre le détail du montage du longeron avant dans un bec de nervure.

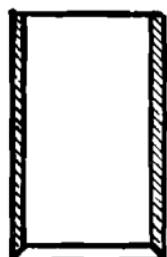


FIG. 70

FIG. 69

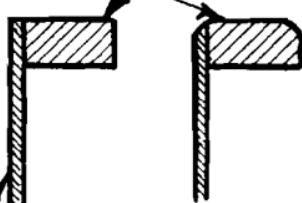
ARRONDIR LES ANGLESAU PAPIER DE VERRE

FIG. 21

FIG. 72

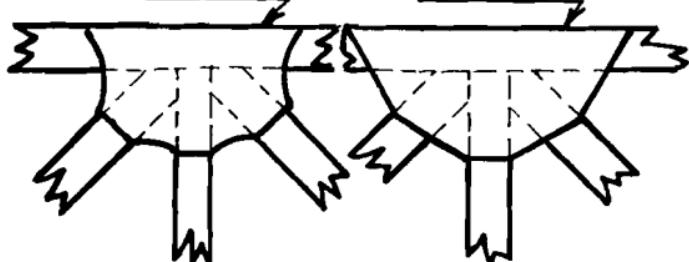


FIG. 73

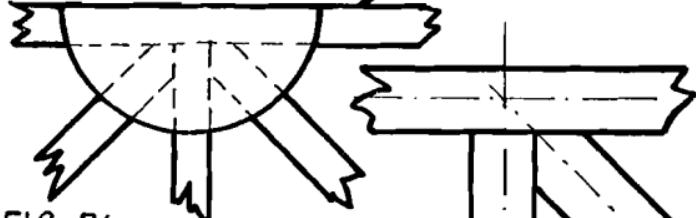


FIG. 74



FIG. 75



FIG. 76



Ces longerons caisson sont avantageux en permettant, au moyen de cales, de prévoir des renforcements pour les attaches de haubans, les ferrures, les charnières d'ailerons, etc., que l'on ne manquera pas de faire aux endroits où les longerons auront à supporter des efforts locaux supplémentaires et où ils seront affaiblis par des trous de boulons.

Nous avons montré (fig. 25) le procédé de renforcement de longerons caisson et (fig. 26) un mode de réalisation de longeron en bois toupillé très employé aux débuts de l'aviation et que certaines maisons utilisent encore.

### **Montage des ailes**

Les nervures sont enfilées sur les longerons et fixées au moyen de petits taquets collés et cloués (fig. 83).

Les traverses ou barres de compression qui sont placées au droit des attaches de haubans, pourront être montées de différentes façons. Nous indiquerons les plus simples : figure 84, par équerres en contreplaqué d'au moins 5 mm. d'épaisseur ; figure 85, au moyen de tôles repliées et boulonnées.

Ces traverses sont souvent des sections de longerons quand les longerons sont en tasseau. Autrement, on emploiera des sections carrées, suffisantes pour résister à la traction des haubans qui produit dans ces barres des efforts de compression.

Comme nous l'avons déjà indiqué, les départs de haubans doivent se faire par l'axe des longerons, sous peine de provoquer des efforts de torsion.

Le croisillonnage de l'aile se fait généralement en corde à piano. Il est possible de le faire d'une manière rigide et indéglable, tout en étant presque aussi légère, à l'aide de caissons de contreplaqué qui seront disposés pour travailler en compression suivant l'effort de recul dû à la résistance à l'avancement de l'aile.

La voilure (fig. 86) montre la disposition de ces panneaux de caissonnage alternatif, disposés entre chaque nervure dans la travée entre les longerons.

Les nervures sont ainsi reliées aux longerons et les nervures reliées entre elles ce qui les croisillonne également. Le détail fig. 83 montre que des lattes sont rapportées entre les nervures, sur les longerons pour faire épaisseur avec les lattes de nervures.

Aux endroits où les efforts sont plus considérables, comme à l'attache d'aile et au droit des ferrures, le contreplaqué au lieu d'être alternatif est disposé des deux côtés, entre les nervures, et même se trouve en cet endroit d'une épaisseur plus forte.

On emploie pour ces revêtements alternatifs du contreplaqué de 15/10 à 10/10, et du 3 mm. dans les travées renforcées.

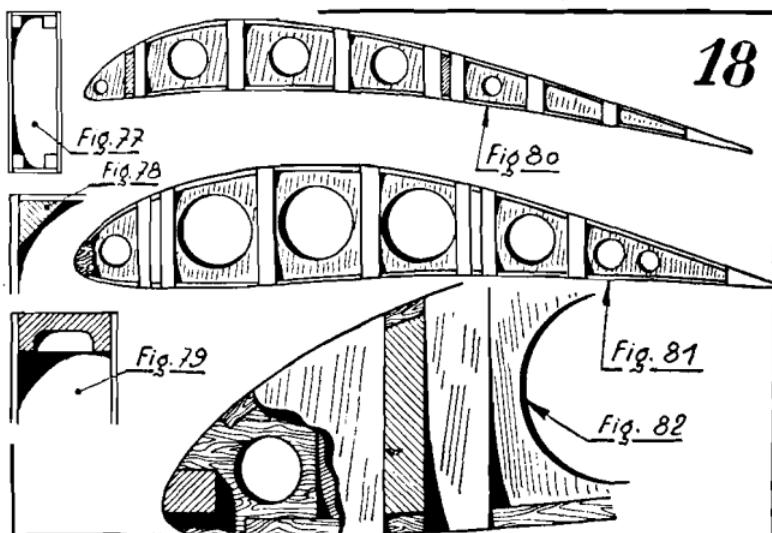
### Ferrures de haubannage

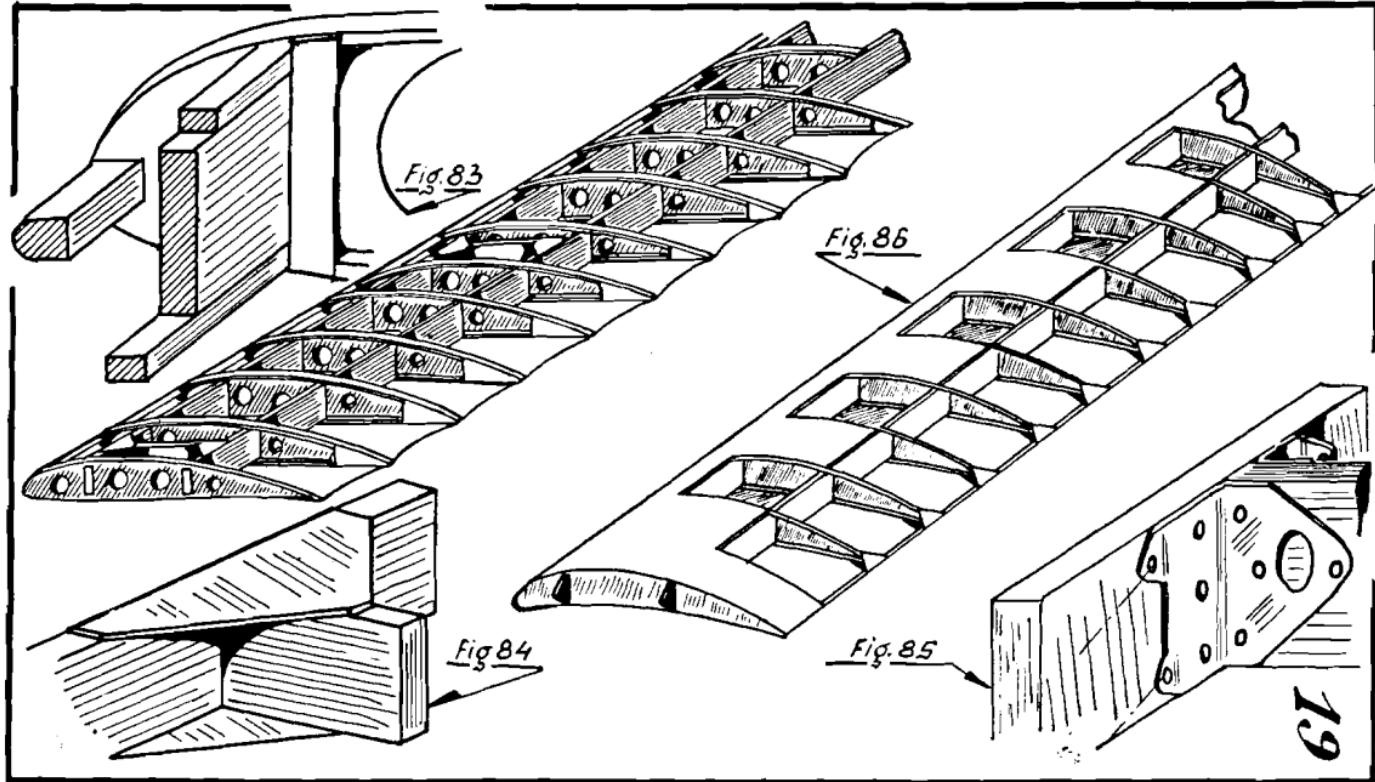
Plusieurs méthodes sont employées pour haubanner les ailes.

Pour les haubans en corde à piano ou en cables, on peut employer dans le cas de longerons pleins, et surtout pour des appareils d'école, le système fig. 84, Planche 20.

Le longeron est muni de deux plaques de tôle, dont les boulons de fixation sont autant que possible sur des lignes différentes, pour ne pas se trouver sur les mêmes fibres de bois.

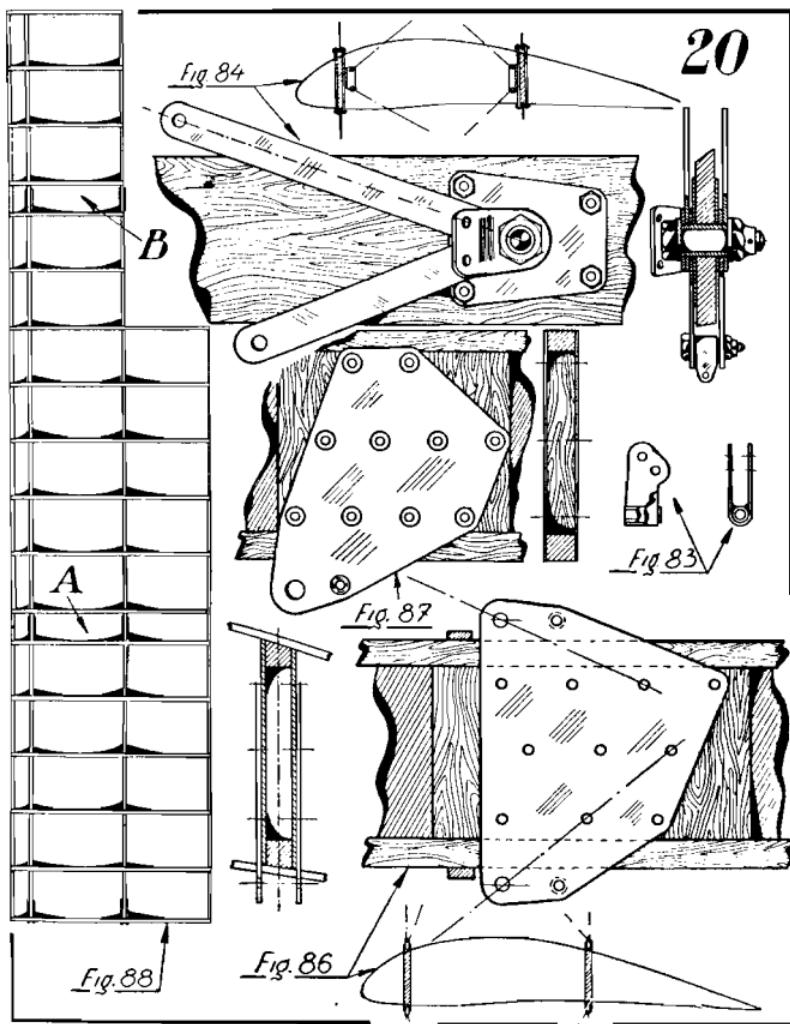
Ces contreplaques répartissent sur plusieurs boulons l'effort des attelages, constitués par des bandes de feuillard, qui vont recevoir les attaches de cables en dehors de l'entoilage.





Un gros boulon de 12 à 15 mm. de diamètre, sert d'axe central. Ce boulon est serré sur un tube d'entretoise de façon qu'il y ait un jeu suffisant pour que les attaches en bande de feuillard puissent osciller.

En effet, cet attelage permet suivant les petites flexions du longeron, d'appliquer suivant son orientation, exactement sur l'entretoise qui transmet cet effort sur les tôles de répartition des efforts.



Sur le boulon central peuvent être pris des ferrures servant d'attache fil pour les départs de haubans de croisillonnage.

La voilure qui doit être soigneusement croisillonnée à l'intérieur, a encore besoin du croisillonnage du haubannage extérieur pour les petits réglages.

Les attaches de haubans sont prises dans des manilles (fig. 83) constituées par un tube servant de passage à l'axe de fixation, sur lequel est soudé ou brasé une tôle en forme d'U, qui recevra les extrémités des haubans.

Le manille donné en exemple est un manille à deux directions, servant à recevoir les attaches de haubans et de croisillons pour la ferrure (fig. 83).

Cette ferrure (fig. 86), est surtout pratique pour les ailes épaisses, à longerons caisson, dans lesquels on peut mettre des cales de remplissage.

Les attaches de haubans se moutent à l'extérieur de la voilure. Ce système de ferrures doit répartir sur un certain nombre de boulons la traction des haubans.

La ferrure, pour réaliser convenablement cette disposition, est étudiée de façon à ce que chaque ligne de traction de hauban passe par un certain nombre de boulons, et qu'il se trouve un certain nombre d'autres boulons de fixation, disposés de chaque côté de cette ligne, et s'équilibrant mutuellement.

Afin de raidir un peu les pattes d'attaches extérieures, la ferrure est tracée de façon à comprendre près de l'attache de hauban des trous recevant un boulon, serré sur les tôles qui sont munies entre elles d'un tube entretoise.

Pour toutes ces ferrures, on emploie de la tôle d'acier doux de 15/10 à 20/10.

Les boulons sont de 4 à 6 mm.

Le tracé des tôles, à l'endroit des œils servant aux attaches de manilles, doit laisser une largeur de matière, d'au moins 8 à 10 mm. entre le bord du trou et le bord de la tôle.

La résistance des aciers doux est d'environ 50 kg. par mm. carré de portée.

On emploie le 1/10 de cette résistance comme « pression de tourillonnement. »

Comme les efforts dans un planeur peuvent être de trois

fois la charge, pour conserver cette pression de tourbillonnement dans les gros efforts, on peut mettre une pression de 2 kg. par mm. carré.

Cette pression s'emploie par l'usage d'axes assez gros sur les toles minces. En effet, les charges sur les haubans ne sont pas aussi importantes dans les planeurs que dans les avions rapides, et on ne pousse pas la recherche de légèreté sur les ferrures, à un degré trop élevé, sans quoi elles seraient de trop petites dimensions, pour rendre leur fabrication pratique.

Il convient seulement d'étudier judicieusement le tracé et la disposition de ces ferrures.

Pour le haubannage par mâts on peut employer des tôles d'acier doux de 15/10 ou 20/10, comme pour les ferrures d'attache de haubans souples, (fig. 87) mais une seule patte d'attache munie d'un trou de gros diamètre sert à la fixation de l'emboît de mât.

Sur ces ferrures, on peut mettre des rondelles, sous les têtes de boulons et d'écrous, afin de mieux répartir la pression de serrage, de ces éléments d'assemblage (fig. 87).

La fig. 88 montre un plan de voilure à deux travées de ferrures, pour haubannage souple avec des ferrures (fig. 86). On remarquera que dans les travées A et B de ces ferrures, les nervures sont plus rapprochées, afin de raidir davantage la construction en cet endroit, et par le moyen du caissonnage de contreplaqué, recouvrant les nervures en-dessus et en-dessous dans ces travées, on a ainsi une « barre de compression » résistant très efficacement aux efforts des haubans extérieurs de croisillonnage.

### Ferrures d'attaches d'ailes à l'encastrement

Suivant les conceptions de construction de poutre ou de fuselage, la réalisation des pièces devant recevoir les attaches de voitures, doit amener à un montage pratique.

Deux solutions se présentent pour assurer ce montage : le système dit « articulé » et le système « encastré ».

Le montage des attaches de voitures se fait à l'aide d'axes horizontaux, de gros diamètre, offrant sur les sections de tôle une portée suffisante pour avoir une pression, dont le taux de travail peut être celui du tourbillonnement comme nous l'avons indiqué pour les ferrures de haubannage.

La pose des articulations doit être rendue aisée, par la disposition des ferrures, sans que le tracé de ces pièces soit tel que les axes d'articulation soient trop éloignée des bases de fixation.

Il faut éviter que l'écart entre les voilures soit trop grand aussi, pour éviter le passage de l'air si la fente n'est pas recouverte.

La fig. 89 montre la disposition de deux pattes d'attache sur une poutre en tubes d'acier.

La fig. 90 est un système de pattes d'attache en d'U, boulonnés sur une poutre en bois.

La fig. 91 est un système, pouvant se monter sur une poutre en bois, à cabane dans le genre de celle fig. 102.

Les deux tôles plates constituant chaque patte d'attache sont boulonnées en travers sur le montant de cabane, et raidies à l'extérieur par des entretoises.

Les ferrures se montant sur les fuselages ou les poutres sont en tôles épaisses (environ 25/10).

Elles recevront les attaches, dans le genre de celles de la fig. 92, en tôles de 15/10 à 20/10 d'acier doux boulonnées sur le longeron par plusieurs boulons en quinconce.

Ces ferrures sont munies à leur axe d'articulation d'un tube entretoise sur lequel serre le boulon servant d'axe, pour que l'ensemble puisse censément tourillonner.

Ces montages par système articulé valent surtout pour de petits appareils, à voilures peu épaisses.

Pour les ailes épaisses, le système encastré (fig. 93), est plus pratique, car les attaches, écartées, permettent de glisser plus facilement les axes de montage.

Les deux pattes d'attache inférieures se montent ensemble sur les mâts de cabane.

Un autre point d'attache par en dessus, immobilise totalement les deux longerons.

Ces points d'attache doivent être assez écartés, pour que les efforts qui s'ensuivent, d'arrachement des tôles, ne soient pas trop importants.

Ces efforts sont répartis par plusieurs boulons servant au montage des ferrures dans les longerons.

Du fait des efforts intermédiaires qui se produisent dans ces ferrures encastrées, les longerons sont raidis consi-

21

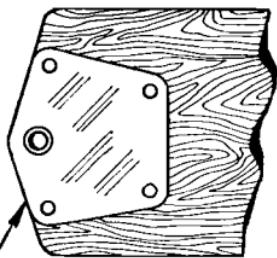


Fig. 92

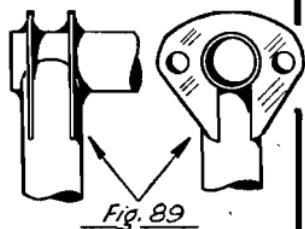


Fig. 89

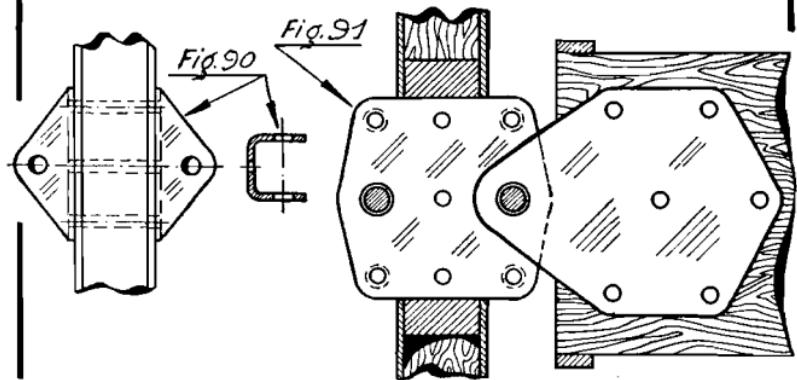


Fig. 90

Fig. 91

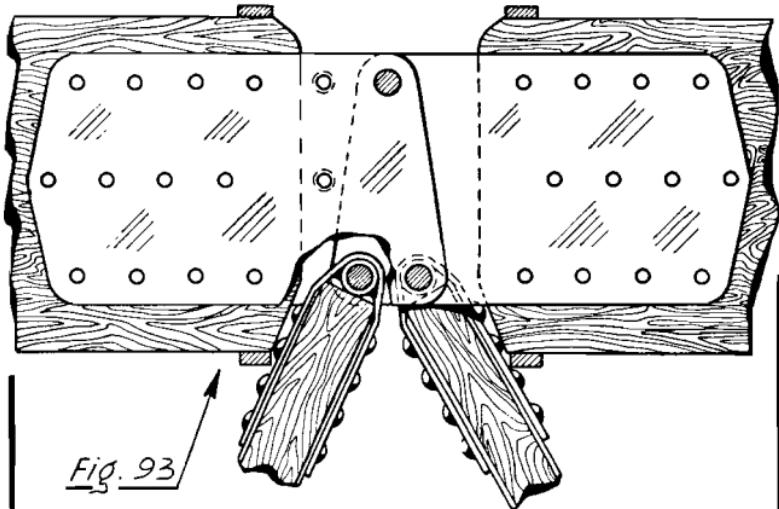


Fig. 93

dérablement à leurs attaches, et cette résistance supplémentaire vient à l'appui du haubannage dont les charges sont ainsi un peu diminuées.

Le moment de flexion, dans la travée, entre deux appuis d'un système haubanné, qui suit l'encastrement se trouve diminué également.

## LES GOUVERNES

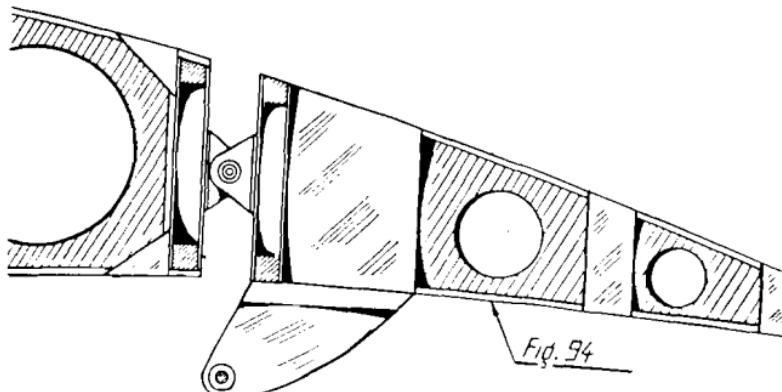
### Ailerons — Gouvernes de direction et de profondeur

Les ailerons, servant à la stabilité latérale, sur les voilures, (voir plus loin les notions relatives aux calculs de leur surface) sont construits comme l'aile. La fig. 94 montre le montage d'une nervure d'aileron sur le longeron de cet aileron qui s'articule sur le longeron arrière de l'aile.

Le guignol d'aileron figuré sur cet exemple fait partie de la construction d'une nervure, appelée nervure guignol qui est placée au droit d'une articulation, pour résister aux efforts de la commande de cet aileron.

Les gouvernes de direction, ayant une surface minime, et ne nécessitant pas l'emploi de profils très épais peuvent être réalisées de différentes façons.

Les différents systèmes (fig. 95) de directions, montés sur un planeur à poutre, montrent que la plus grande surface pour des raisons de rendement et de stabilité, se trouve reportée vers la partie supérieure de la gouverne.



**22**

Fig. 95

**A**

Detail A

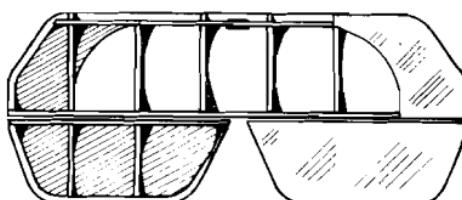
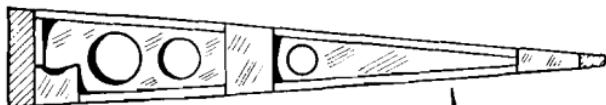
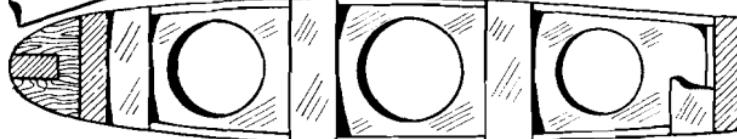
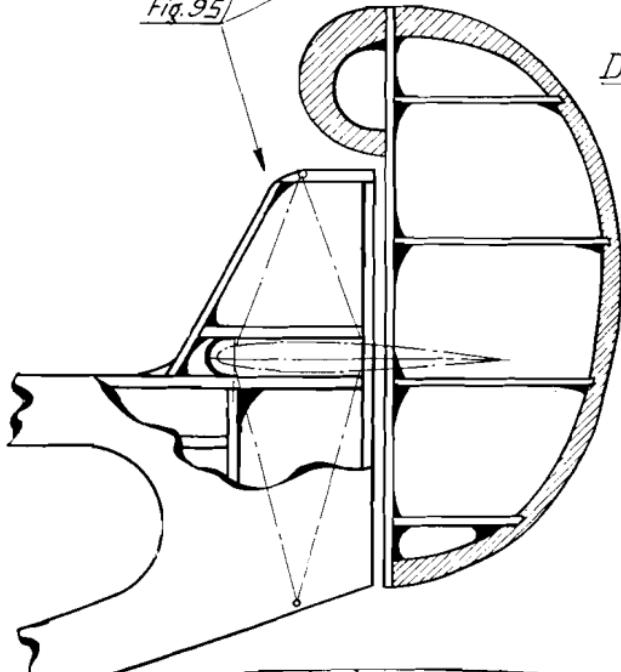


Fig. 95 bis

Une surface de dérive, faisant partie de la construction de la poutre et rapportée dans le cas d'un appareil à fuselage est de construction analogue à la poutre.

Le gouvernail de direction est constitué par un longeron unique en bois plein, d'au moins 40 mm. de hauteur, pour être d'une résistance suffisante, et donner une certaine épaisseur au profil, qui est formé par des nervures en planche de peuplier de 8 à 10 mm. d'épaisseur, allant en diminuant d'épaisseur jusqu'au bord de fuite.

Le bord de fuite est formé par un contreplaqué très épais (6 mm.) d'une largeur de 40 mm. au moins, découpé au contour de la gouverne.

Le recouvrement de cette gouverne est fait entièrement en contreplaqué de 10/10 qui réunit tous les éléments.

Les gouvernes arrière doivent être robustes, mais aussi très légères, afin d'éviter un défaut de maniabilité par l'inertie de leur poids.

Le détail du haut du longeron de direction montre qu'il est diminué d'épaisseur en cet endroit pour rejoindre l'épaisseur du bord de fuite.

Dans une telle gouverne, les nervures sont espacées d'environ de 35 à 40 centimètres.

Les gouvernes de profondeur sont construites d'une manière analogue à celle de l'aile.

Les efforts assez considérables dans ces pièces nécessitent ce genre de construction.

Comme le profil pour ne pas être très épais, est quand même plus renflé que pour les gouvernes de direction, on emploie une fabrication de nervures avec des lattes et du contreplaqué (fig. 95 bis).

Les longerons ont toute la hauteur du profil, les nervures n'étant pas emboîtées et venant en bout des longerons.

Le contreplaqué de revêtement sert à la liaison du tout et aussi à la résistance.

L'ensemble de gouverne (fig. 95 bis) montre que les arrondis ont été effectués aux arétiers, avec du plaqué épais comme la description en est donnée pour la gouverne de direction.

La profondeur peut être entoilée. L'exemple montre qu'un seul caissonnage aux arétiers d'extrémité raidit le tout.

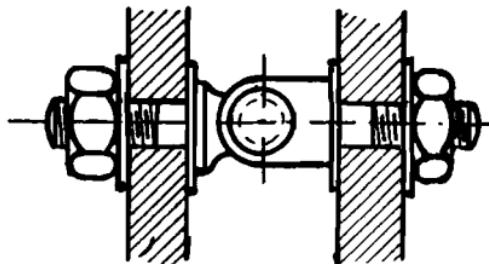
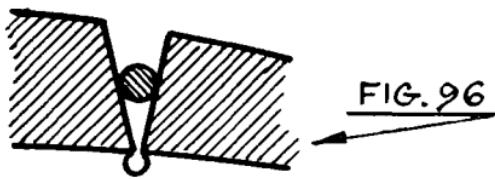
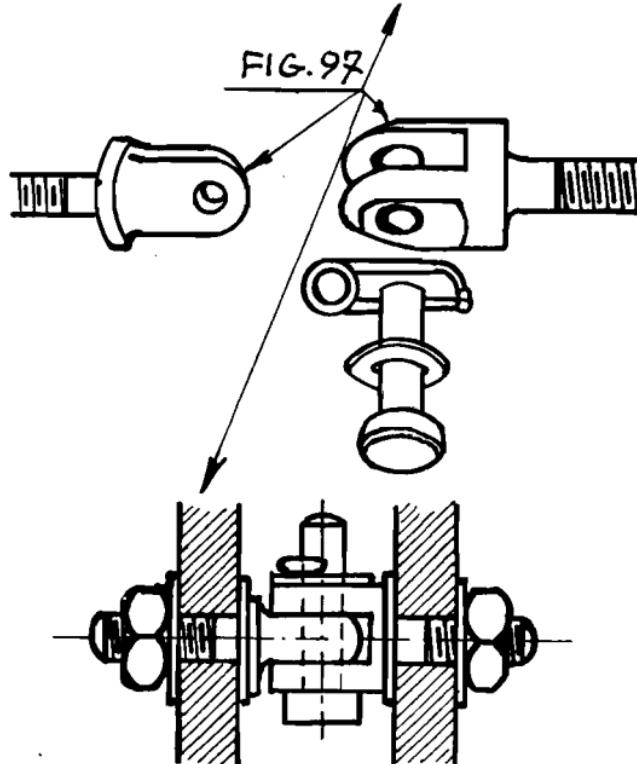


FIG. 97



La vue d'ensemble du montage de l'empennage montre que le plan fixe de la gouverne est disposé dans une ouverture ménagée dans le plan fixe.

Des haubans en corde à piano, servent au maintien de ce plan fixe.

Les volets de profondeur doivent avoir une ouverture pour le débattement de la direction telle que ce débattement soit de 30° de chaque côté.

Les charnières d'aileron peuvent être faites très simplement avec des charnières de capot d'automobile qui se vendent au mètre.

FIG. 94



On les placera comme l'indique la figure 94, en-dessus, en ménageant aux longerons un espace suffisant dans l'étude préalable de la construction, pour leur permettre de jouer par en bas.

Si les charnières étaient montées en bas, la chute d'un outil oublié sur l'aile ou d'une brindille d'arbre, pourrait provoquer un coincement en vol (fig. 96).

Les charnières, dans le cas de construction très légère, pourraient être en cuir cloué tout le long de l'aileron.

On emploie plus généralement des boulons à chape et à œil s'emboitant l'un dans l'autre, et montés par un axe muni d'une rondelle et d'une épingle. Ce système est très démontable (fig. 97). Une bonne précaution consiste à mettre trois charnières de ce genre pour qu'il en reste au moins deux si l'une vient à céder.

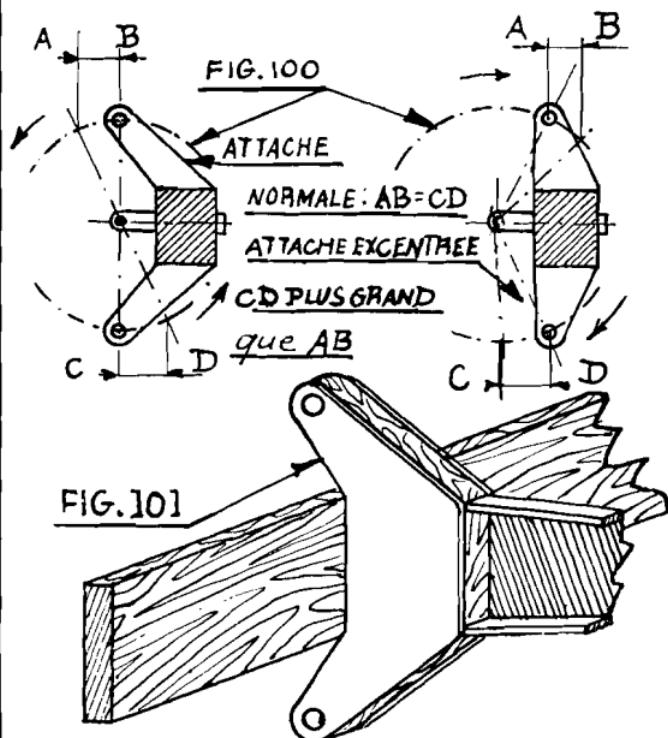
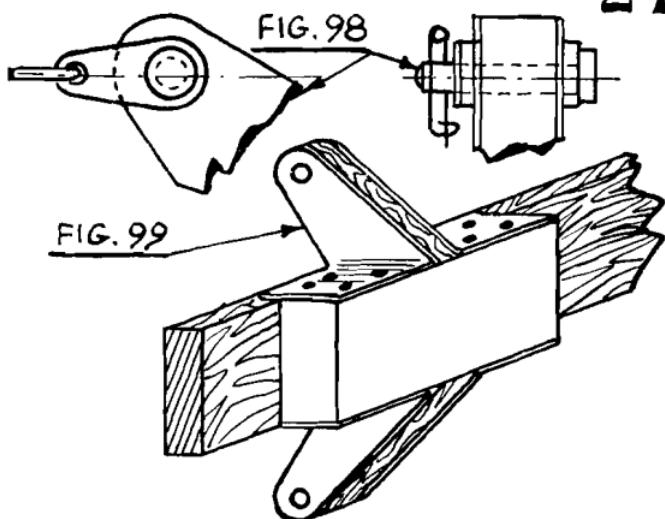
Il ne faut jamais mettre de boulon qui pourrait se dévisser à la place de l'axe central.

Si les longerons sont droits, ces charnières par boulons permettent un jeu assez fort pour la manœuvre de l'aileron dans les deux sens. Le diamètre des boulons et des axes correspondants à employer est de 4, ou de 5, ou de 6.

Enfin, avant de procéder à l'entoilage, il y a lieu de placer les leviers servant à manœuvrer les ailerons appelés communément guignols.

Ces guignols (fig. 99) seront placés vers le milieu de l'aileron, de préférence au droit d'une charnière, pour que la

24



traction résultant de l'effort des câbles ne fasse pas fléchir le longeron, ce qui se produirait s'ils se trouvaient équidistants de deux charnières.

L'effort à transmettre n'étant pas considérable pour un planeur, ces guignols pourront être très courts et simples de construction.

Le bras de levier pourra avoir de 10 à 15 cm. De plus, les axes d'attache de câbles (fig. 100) devront se trouver sur la ligne d'axe des charnières. S'ils étaient déportés en arrière, il se produirait entre les deux bras de levier une différence de longueur de course pour un même angle, ce qui aurait pour conséquence de faire mollir un câble, quand l'autre serait tendu. Il pourrait s'ensuivre, suivant le mode de réalisation des transmissions, des coincements dans les poulies ou de brusques tensions pouvant amener la rupture des câbles.

Toutefois, le fait de déporter les axes d'attache de guignols en arrière de l'axe des charnières, peut être un principe utilisable pour avoir une commande différentielle d'ailerons qui permet, par exemple, d'abaisser un aileron beaucoup plus que l'autre ne s'élève.

Ce procédé ne pourra être employé que dans le cas de commandes, ce que nous expliquerons plus loin, dont le retour sera par sandow.

La figure 99 montre une réalisation de guignols à l'aide d'une plaque de contreplaqué fixée par deux petites tôles pliées. Le contreplaqué peut avoir 10 mm. d'épaisseur, et les tôles d'aluminium 5/10. Les boulons de fixation du guignol ne devront pas être percés dans le longeron. Une cale collée et marouflée devra être prévue pour cela.

La figure 101 montre un autre mode de réalisation. Les âmes en contreplaqué sont toujours montées entre des flasques en tôle d'aluminium, mais ces flasques sont boulonnées sur une nervure qui comporte une cale d'épaisseur à l'intérieur.

Un autre système est plus simplement constitué par une plaque d'aluminium d'au moins 6 mm. d'épaisseur boulonnée sur la nervure.

Les attache-fils de corde à piano seront fixés à l'aide d'un axe muni de rondelles et goupillé (fig. 98).

## Entoilage

L'entoilage de ces voilures sera fait en étoffe de coton comme pour le Chanute. L'étoffe sera cousue sur les nervures en traversant l'aile. Il faudra se munir d'une longue aiguille ou en faire une avec de la corde à piano. Les points de couture seront espacés de deux ou trois centimètres. Le bord de fuite sera cousu d'abord pour que l'étoffe soit bien tendue pendant la fixation sur les nervures. Pour couvrir le bord de fuite, on rentre les deux bords de l'étoffe à l'intérieur de l'aile.

Pendant le travail de l'entoilage, des épingle tiendront le tout en place de façon à n'avoir qu'à coudre.

Comme nous l'avons expliqué pour le Chanute, les coutures d'assemblage seront faites suivant le sens des nervures.

Si les nervures sont assez résistantes par l'emploi de section assez fortes, il est possible de clouer l'entoilage. On peut le faire aussi au bord de fuite s'il est constitué par une forte latte. Dans ce cas, il faut placer derrière la nervure une masse pour faire contre-coup, sans quoi il serait impossible d'enfoncer les pointes.

Avant l'émaillage, deux couches au moins, il faut préparer des bandes qui seront collées avec l'émaillite sur les coutures disposées le long des nervures.

## LES POUTRES D'EMPENNAGE ET LES PATINS

Dans les planeurs école, les envolées étant assez courtes, dans le cas de l'apprentissage sur piste, les planeurs peuvent être très simplifiés, et le fuselage remplacé par la poutre d'empennage, de grande résistance du fait de sa grande hauteur.

Le pilote est assis à l'extérieur sur un siège faisant partie de la poutre, et quoique ce système soit simple, dans le cas de bons planeurs, des vols à voile ont pu être réalisés sur des machines de ce genre.

Plusieurs méthodes de réalisation peuvent être employées pour la construction de ces poutres.

Une des plus connues est la méthode en barres de bois. La fig. 102 montre une variante de ce procédé, les barres principales de la structure étant constituées par des caissons

formés de lattes de 20/40 recouvertes de contreplaqué de manière à donner une section de 40 sur 80 mm. à la barre.

Aux extrémités de ces barres, à l'endroit où elles sont réunies par de larges goussets, on dispose à l'intérieur des remplissages, ainsi qu'aux endroits où on monte des ferrures attachées de haubans et des supports de renvois de commande.

Une telle poutre est plus légère qu'une poutre en bois plein, et beaucoup plus résistante.

La poutre en tubes d'acier (fig. 103) est très simple à construire. Les tubes en section de 28/30 sont soudés à l'autogène. Ce sont des tubes d'acier doux de très bonne qualité (tube de bicyclette). Une telle poutre doit être établie de manière à obtenir une fatigue régulièrement croissante dans les barres qui vont en diminuant de longueur, de la queue à la travée de voilure.

Des équerres en tôle de 10/10 sont disposées aux nœuds d'assemblage. Ces goussets sont emmanchés dans les fentes produites par un trait de scie, dans les extrémités des barres venant se souder sur les tubes longerons.

Un patin assez court, servant à supporter le siège pilote, est réuni à la poutre, à l'aide de ferrures qui servent aussi d'attaches de mâts de voilure.

Avec un tel système, le patin est amovible, ce qui est très pratique dans les réparations éventuelles.

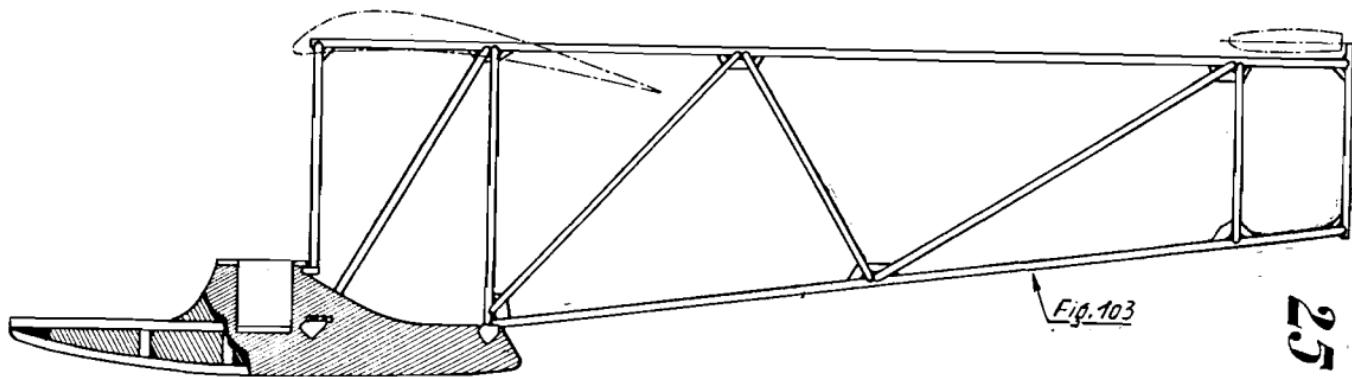
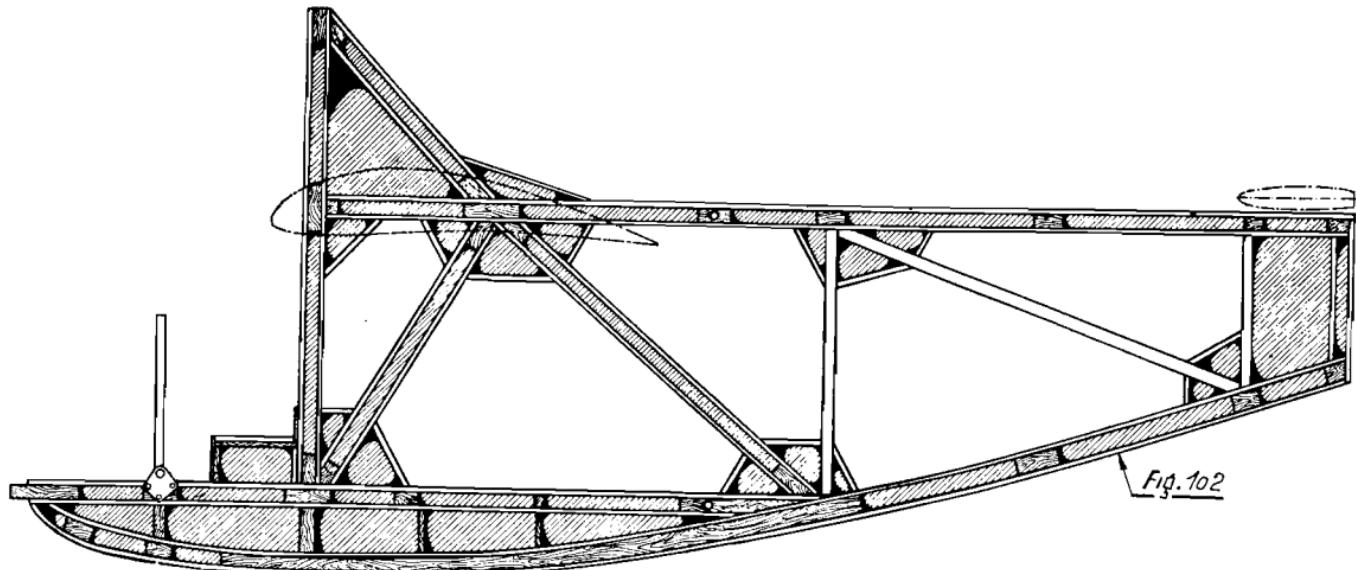
Ajoutons que de nombreuses réalisations en tubes, avec patin amovible, ont donné d'excellents résultats, la construction indépendante du patin et de la poutre, quoique ces deux éléments soient bien reliés, fait échapper complètement la poutre en tubes aux chocs de l'atterrissement, dont elle ne subit aucune réaction. Les ruptures de poutre en tubes n'existent pour ainsi dire pas.

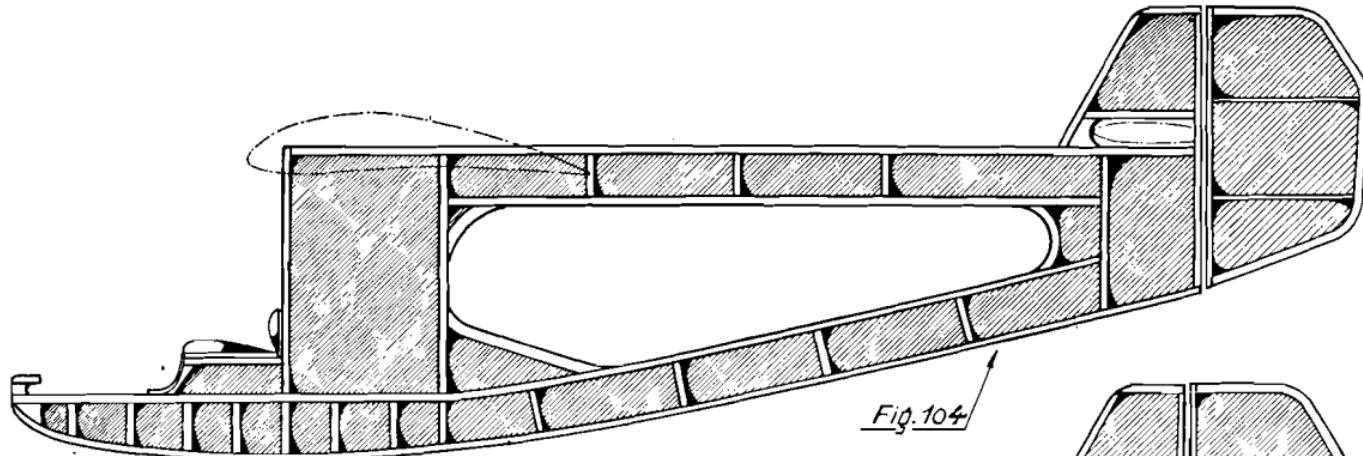
Cette méthode a aussi l'avantage d'offrir une faible résistance à l'avancement.

Une méthode de réalisation de poutre qui est un grand progrès dans la simplification constructive, est la poutre monobloc caisson (fig. 104).

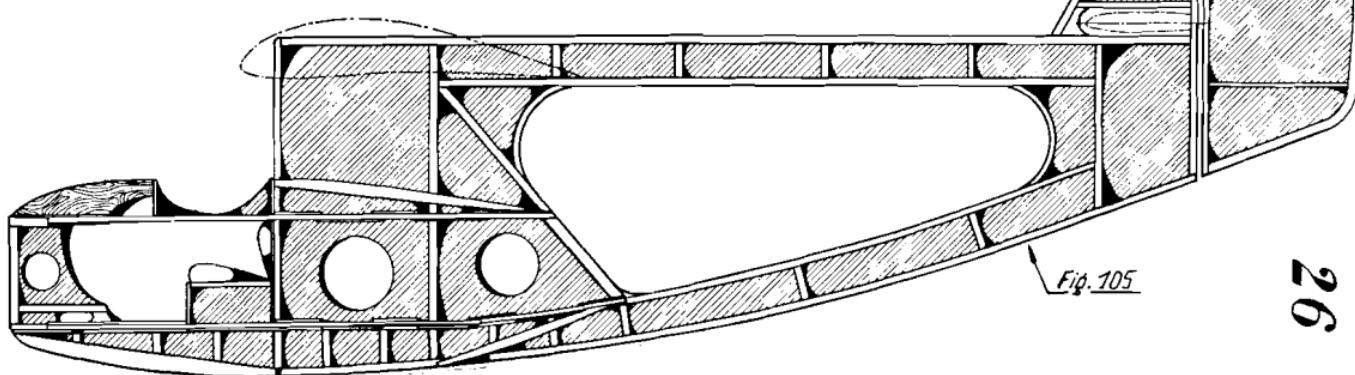
Ce système est constitué par une structure intérieure recouverte de contreplaqué.

Un évidemment, le plus grand possible, se trouve au milieu du caissonnage, pour éviter la dérive latérale.





*Fig. 104*



*Fig. 105*

26

Dans une telle poutre, presque tous les éléments sont assemblée à angle droit, ce qui rend le montage très rapide.

On remarque que l'endroit du patin est muni de nombreuses traverses.

La partie avant de cette poutre caisson est en contreplaqué de 3 mm. jusqu'au longeron d'aile arrière. L'arrière de la poutre peut être en contreplaqué de 15/10 pour être la plus légère possible.

On peut aussi, le gain de poids n'étant pas très considérable, en mettant 15/10 sur l'arrière, mettre du 30/10 sur toute la surface.

Dans une réalisation de ce genre, il faut étudier très sérieusement la disposition de la structure.

Par exemple, les barres, qui servent de longerons inférieurs à l'endroit du patin, doivent être continues.

Ce sont les montants verticaux qui doivent être interrompus à cet endroit, car ils n'ont qu'un effort de compression à subir, tandis que le patin a quelquefois de forts efforts de flexion, surtout sur les atterrissages sur l'avant, qui nécessitent, pour que la résistance soit suffisante, la continuité des longerons subissant ces efforts de flexion.

Les longerons et traverses les plus importants sont en section de 20/40, et d'autres ayant moins d'efforts, une section de 15/40.

Le tout doit être bien collé avec de la colle Certus, et cloué avec des pointes fines (2 rangées en quinconce le long du tracé des barres).

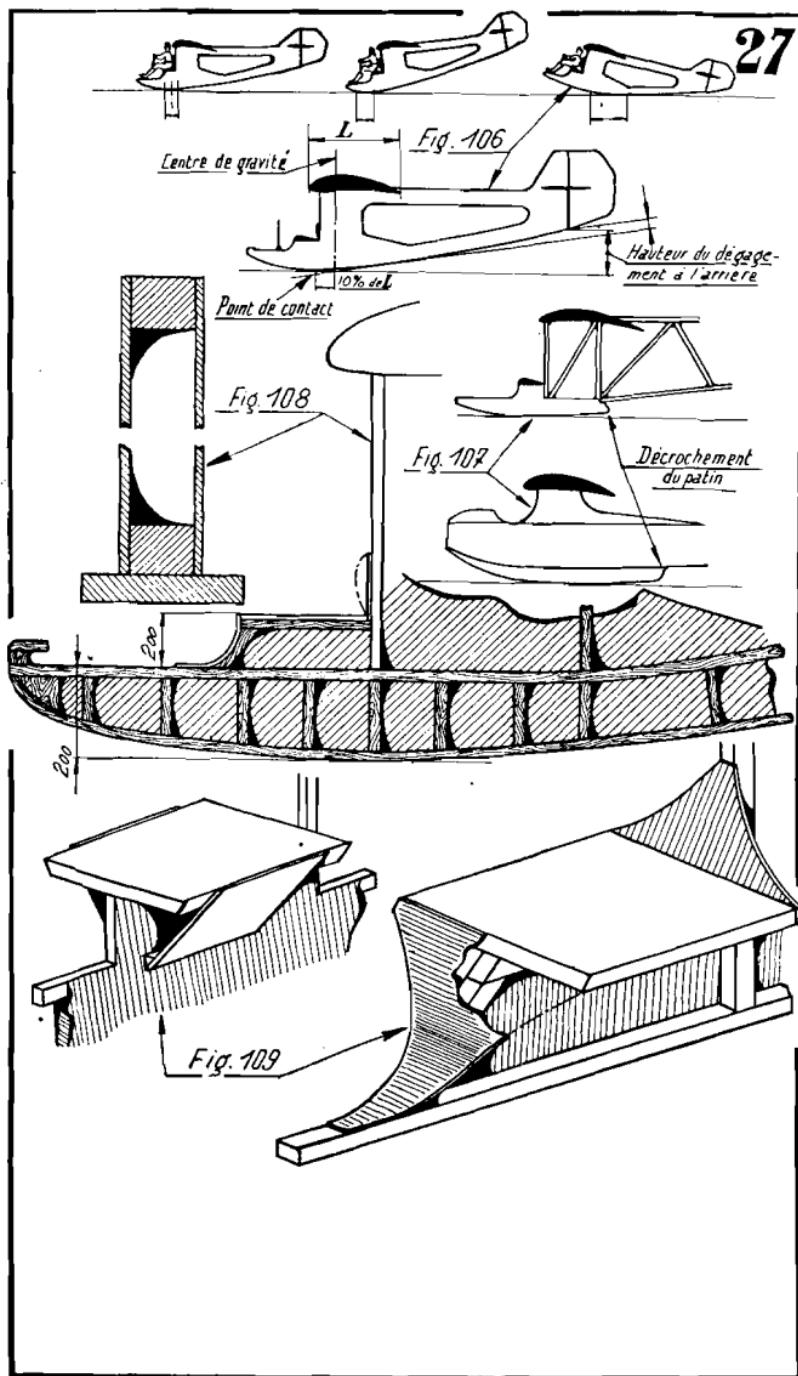
Un perfectionnement des planeurs à poutre, consiste à les munir d'un carénage rapporté servant à diminuer la résistance à l'avancement et à donner plus de confort au pilotage.

La fig. 105 montre une poutre préparée pour recevoir un carénage.

Cette poutre monobloc caisson, est ainsi tracée spécialement pour recevoir ce carénage, et lui assurer un bon montage par caissonnage des éléments sur la poutre.

Le carénage du reste ne doit pas participer aux efforts de la structure.

On remarque sur cette poutre (fig. 105), que l'avant est muni d'un prolongement de poutre servant d'étrave, très robuste, cette étrave pouvant recevoir ainsi un moteur auxiliaire dont le poids serait ainsi transmis directement au patin.



Le système des poutres caisson est d'ailleurs d'un grand avantage au point de vue aérodynamique, la résistance à l'avancement est bien moindre que pour une poutre en barre, et les filets d'air arrivent ainsi moins perturbés sur l'empennage qui a un meilleur rendement.

On remarquera sur ces poutres, les dispositions du patin, et des divers éléments qui doivent transmettre les efforts et les étaler dans la structure.

Les indications données plus loin, concernant le profil particulier du patin, sont de grande importance.

En effet, les types d'appareils qui enregistrent de nombreuses casses de poutres, le doivent à une insuffisance de l'étude du galbe du patin (pour une grande partie).

Ce galbe doit être ni trop accentué, ni trop plat.

De plus le point de tangence doit être judicieusement placé, suivant le centrage.

Ceci doit aussi éviter les atterrissages brusques entraînant des dérégagements dans la cellule, surtout celles haubannées en corde à piano, qui peuvent être sujettes ainsi à des déformations.

La fig. 106 montre les diverses positions que peuvent prendre un appareil à l'atterrissement.

La position normale, horizontale, dans laquelle l'appareil a une certaine vitesse. C'est aussi la position du décollage.

La sustentation étant encore suffisante pour alléger l'appareil, la courbure du patin à cet endroit doit offrir une certaine surface pour freiner l'appareil assez rapidement à l'atterrissement, et permettre un glissement assez facile au décollage.

Le centre de cette surface de patin doit se trouver un peu en avant du centre de gravité, comme pour les trains d'atterrissement des avions. Ce point de tangence sera ainsi à environ 10 % de la corde de l'aile en avant du centre de gravité.

Un croquis (fig. 106) montre un atterrissage sur l'avant.

Dans ce cas la vitesse de translation peut être assez rapide, mais la vitesse verticale de chute assez accentuée aussi, et risquer d'entraîner une rupture du patin.

Le patin est assez relevé à cet endroit pour empêcher le capotage, et offrir ainsi une moindre surface de contact.

De cette façon, la pression au centimètre carré sur le patin est assez forte, et peut labourer le sol, ce qui évite un freinage trop rapide, et peut permettre de ramener l'appareil sur l'arrière.

L'atterrissement sur l'arrière correspond à une vitesse de translation très lente, et peut être à un sonnage vertical de l'appareil.

Le dessin de la poutre doit être assez relevé, pour éviter qu'elle porte sur l'étambot.

Dans les appareils à poutre métallique, ou les planeurs à fuselage, le patin comporte un décrochement de forme (fig. 107). De cette façon, l'arrière ne risque pas de porter sur le sol, les secousses devant être évitées à l'empennage.

Un croquis 106 montre que la poutre caisson a un tracé de l'évidemment amenant un caissonnage assez en arrière de la partie porteuse du patin, afin que les efforts des atterrissages dans cet endroit puissent être renvoyés dans la structure.

Sur les poutres en barres, une barre très inclinée, pour prendre cet effort, va s'assembler avec le patin assez loin en arrière.

Toutefois, ce nœud supportant quelquefois de gros efforts, c'est là que le galbe du patin intervient pour réduire les avaries qui se produisent ainsi, et qui surtout dans un appareil dont l'étude serait insuffisante à ce point de vue, occasionnerait des dégâts très fréquents à la poutre.

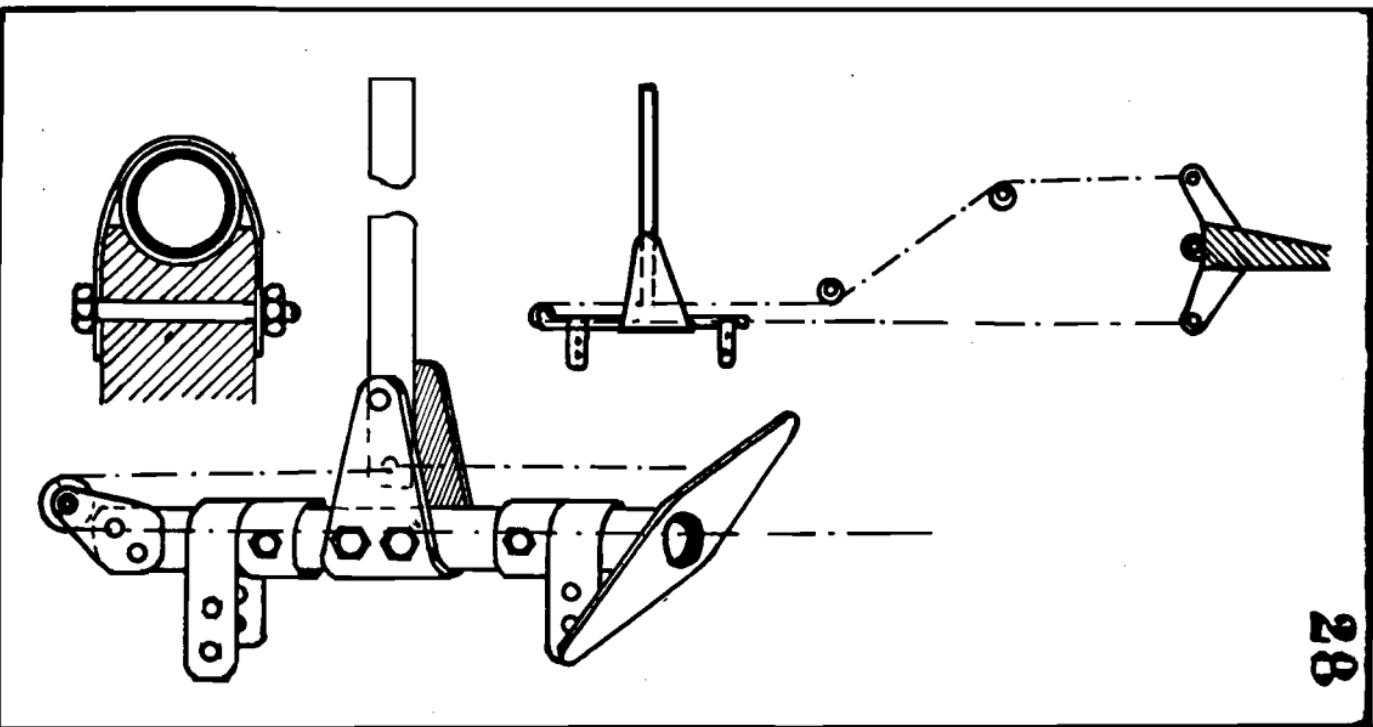
La conception d'une bonne poutre, est indispensable, car les avaries produites à la poutre, peuvent se répercuter dans la structure.

Le détail du patin (fig. 108), montre la disposition intérieure à l'endroit du siège. Une lame de frêne d'environ 15 mm. d'épaisseur pour une largeur de 60 à 100 mm. peut être vissée sous le patin.

Si la courbe inférieure du patin est difficile à obtenir, on peut la lamer en plusieurs épaisseurs, qui seront ensuite collées et marouflées après leur cintrage.

Les sièges sont montés le plus simplement possible. Une simple planche de peuplier de 15 mm. d'épaisseur, d'environ 300 mm. de profondeur sur 340 mm. de large, est caissonnée sur une surélévation du patin, à cet endroit.

Cette surélévation est d'environ 200 mm. Les caissonnages en goussets de contreplaqué de 5 mm. maintiennent la planche latéralement et raidissent la poutre localement,



La fig. 109 montre une autre forme de caissonnage de la planche du siège, utilisée surtout sur les poutres en tubes, qui ne permettraient pas de fixer un gousset à l'arrière de la planche de siège, formant dossier comme sur le croquis (fig. 108).

Dans certains types d'appareils, le poste de commande passe dans la structure à l'endroit du siège.

Il s'ensuit un affaiblissement considérable du patin à cet endroit, qui occasionne des ruptures assez fréquentes.

Au contraire, quand le siège est disposé sur une surélévation de la structure du patin comme l'indique la fig. 108, sans que le tube d'axe du manche à balai, ou les câbles de commande passent à travers, l'accroissement de hauteur du caissonnage à cet endroit renforce considérablement le patin.

D'autre part, le pilote étant assis ainsi directement sur le patin, son poids s'applique sans amener d'efforts supplémentaires dans la structure de l'appareil.

Enfin, l'épaisseur du patin, doit être d'environ 200 mm. devant le siège-pilote (fig. 108).

## LES COMMANDES

### Commandes de profondeur et d'aileron

Les commandes de profondeur et d'aileron, sont effectuées à l'aide du manche à balai.

Le croquis fig. 111, montre un dispositif, très simple, composé d'un levier, monté sur un tube d'axe longitudinal, système applicable sur un appareil à fuselage qui commande la profondeur à l'aide de départs de câbles, montés sur le manche à balai.

Le départ de commande d'aileron est pris aussi sur le manche à balai, et va actionner un renvoi de sonnette, monté sur un élément de voilure, au droit du guignol d'aileron. Le guignol d'aileron est réuni après l'équerre de renvoi, à l'aide d'un câble. L'aileron est rappelé par en-dessus par un sandow qui doit être d'une traction suffisante pour équilibrer l'effort aérodynamique de l'aileron.

Les fig. de la planche 28, montrent un dispositif de manche à balai, actionnant la profondeur par des câbles montés

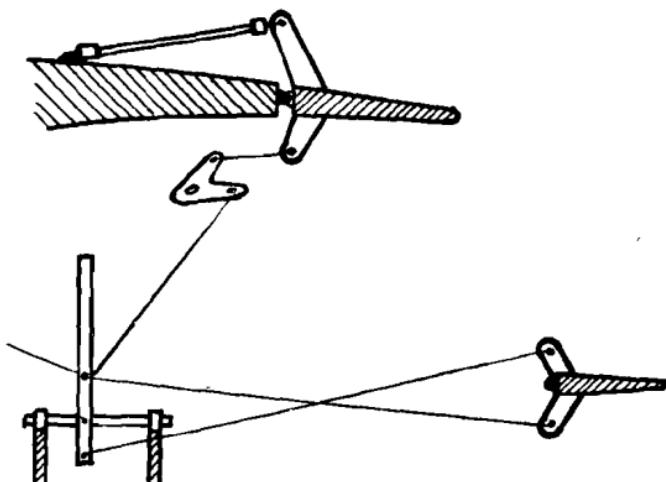


Fig. 111

sur des poulies. Ce système, qui commande les ailerons à l'aide d'un guignol transversal, monté sur le tube d'axe longitudinal, n'occasionne presque pas de mouvements différentiels aux commandes d'alleron quand la commande de profondeur est actionnée, et vice versa.

Cela tient à ce que les attaches de cables de profondeur sont très rapprochés de l'axe d'oscillation du manche, sur ce manche à balai.

Il n'en est pas de même dans le système simplifié (fig. 111), où les ailerons participent aux manœuvres de profondeur dans une certaine mesure, qui du reste sert à donner un petit avantage de courbure d'aile, variable quand la profondeur est actionnée.

La fig. 112, montre le dispositif de commande d'allerons, sur poulies, avec le système de la planche 28.

Sur cette planche 28, le dispositif de dérivation des cables de profondeur, montre le montage qui doit être employé, pour éviter le mollissement des cables.

Le détail du palier, montre que ceux-ci sont réalisés très simplement à l'aide d'un collier en feuillard enserrant un tube formant palier, qui peut être soudé sur ce feuillard.

Dans l'établissement d'un poste de commande, il faut bien

se rappeler les mouvements que doit effectuer le pilote pour amener des manœuvres correctes.

Les volets de profondeur doivent être ramenés vers le haut quand le pilote tire le manche, et inversement quand il le pousse.

D'autre part, l'aileron qui est abaissé l'est du côté inverse où le manche est poussé. Par exemple, quand le pilote pousse le manche à gauche, l'aileron droit doit être abaissé.

Le débattement de toutes les gouvernes doit être de 25 à 30° dans tous les sens, et le débattement du manche à balai, également.

Une bonne longueur de manche à balai est comprise entre 55 à 65 centimètres.

Dans la réalisation des renvois de commandes, les bras de levier doivent être d'environ 100 mm.

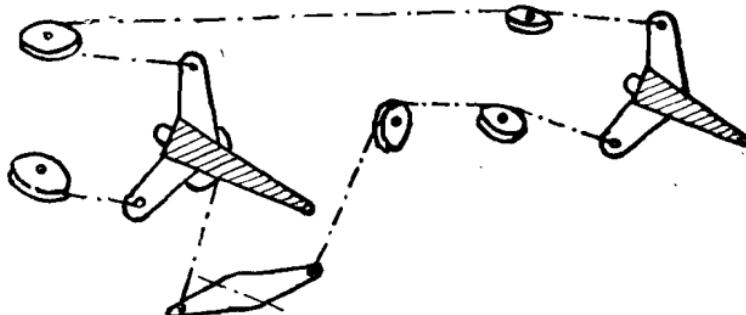


Fig. 112

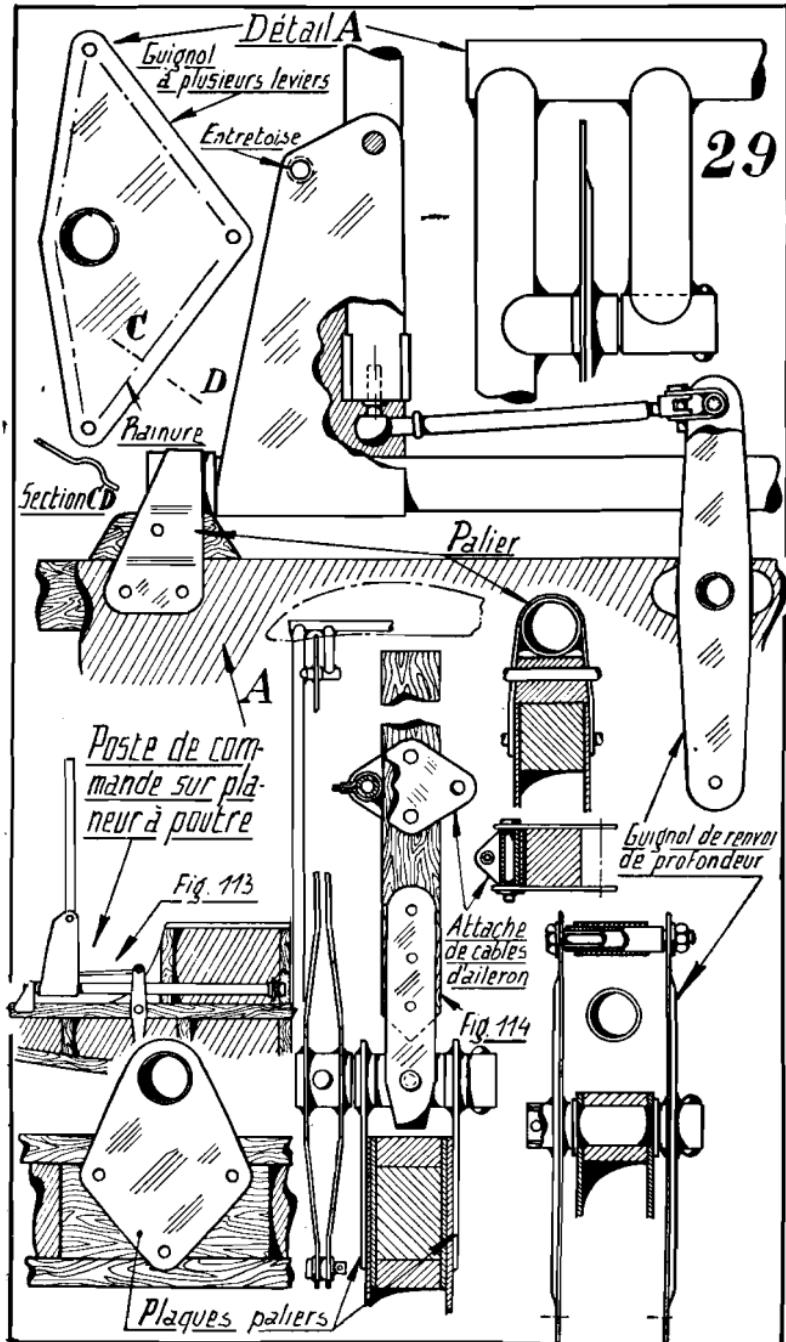
La fig. 113 montre un poste de commande réalisé par leviers.

Le manche est articulé sur une tôle en forme de fourche, cette tôle, soudée sur l'axe d'oscillation, forme la monture principale de ce poste de commande.

Dans ce dispositif, la tôle support de manche est en acier doux de 25/10. Elle est raidie par une entretoise, placée près de l'articulation du manche qui est un tube de 28/30. Ces entretoises de tôle sont comme nous l'avons vu, réalisées par un tube de 6/10 serré dans un boulon de 6.

Le tube d'oscillation est en 28/30. Le guignol de renvoi de profondeur est commandé par une biellette, cette biellette

29



est articulée sur le manche à l'aide d'une rotule et sur le guignol de renvoi à l'aide d'une petite fourche en forme de manille.

Le guignol de renvoi de commande d'aileron est disposé dans le genre du système de la planche 28. On voit sur la fig. 115 que ce guignol commande un renvoi de commande placé dans la partie supérieure de la poutre. (Voir détail en A de ce renvoi sur la planche 29).

Les guignols sont constitués par des tôles de 15/10 ou 20/10 qui sont raidies par des rainures façon embouti. (Voir détail A). Les montures de ces équerres sont faites par un tube d'un diamètre d'environ 28/30, montées coulissant sur un tube d'axe de support.

La fig. 114 montre un autre dispositif de manche à balai.

Deux flasques en tôle boulonnées sur le côté de la poutre, servent de support à un petit tube d'axe sur lequel est monté le manche à balai, et un guignol de commande de profondeur.

Le manche à balai est constitué par une barre de bois, de 35/35 environ, sur laquelle une ferrure en feuillard de 30 mm. sur 3 mm. se trouve former une fourche, s'articulant sur le tube d'axe.

On remarque que dans ce système le guignol est formé par deux tôles accouplées.

Les attaches de cables se feront sur un axe de 5 ou 6.

La fig. 115 montre un dispositif de commande d'aileron, formé par des renvois en équerre placés sur un axe vertical.

La fig. 116 est un disposition de commande d'aileron par un tube d'axe horizontal, placé entre les deux longerons d'aile.

Ce système est très mécanique et facile à poser.

Il est toujours réalisable à l'aide de tôles rainurées pour les guignols, avec des tubes d'acier de gros diamètre.

Le guignol d'aileron est disposé de façon à être commandé par une biellette, actionnée par un guignol disposé sur le renvoi. (Voir détail A).

Le manche à balai dans un appareil à fuselage est monté sur un tube d'axe transversal.

Les cables de commande peuvent passer dans un coulant disposé dans un tube (détail figure 122) ou être amenée

sur un renvoi, à l'aide de poulies, comme l'indique le détail (fig. 118).

L'aménagement du poste de pilote répond à certaines dimensions qui sont à connaître dans l'établissement du fuselage, et des organes de commande.

La fig. 115 donne les dimensions générales d'un tel aménagement, pour un pilote assis les jambes assez allongées de façon à occuper le moins de place possible, et être installé commodément pour le pilotage.

Nous donnons quelques détails de montage de poulies (fig. 118). Ces poulies sont disposées sur des supports en tôles ou en pièces de fonderie comme les modèles le montrent.

Les dimensions générales de ces poulies sont indiquées sur le croquis (fig. 119). Elles sont généralement d'un diamètre de 55 à 60 mm.

Des allègements sont pratiqués sur les joues afin de diminuer les surfaces de frottement.

Les gorges doivent avoir une profondeur double ou triple du diamètre du câble. L'épaisseur de ces gorges est de 1 à 2 mm. supérieure au diamètre du câble.

Les poulies sont en dural ou en bronze. Elles sont montées sur un axe de 6.

Les câbles employés pour les commandes sont d'un diamètre de 15/10.

Pour les systèmes par renvoi de sonnette, on emploie de la corde à piano de 10/10 à 15/10, doublée.

Les câbles ne doivent pas faire un angle trop prononcé sur les poulies. Un angle de 90° est à peu près maximum. (Voir. fig. 120).

Les extrémités de câbles sont formées par une épissure. Une cosse se trouve à l'intérieur de cette épissure. Les épissures pour être bien faites, ne peuvent guère l'être que par des spécialistes.

Toutefois le système de serre-câble (fig. 121), constitué par un tube dans lequel la boucle du câble est passée, et qui est serré par deux boulons de 4, est assez pratique. Il faut employer du tube de cuivre rouge, et recourber l'extrémité du câble sur le coulant, avec un fil recuit.

Une goutte de soudure à l'étain, peut servir aussi à mieux fixer ce système de serre cable.

Fig. 117

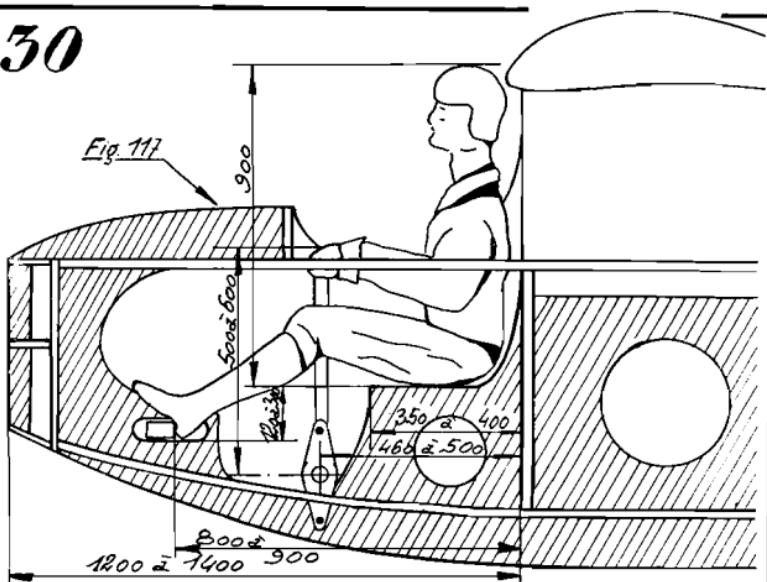


Fig. 116

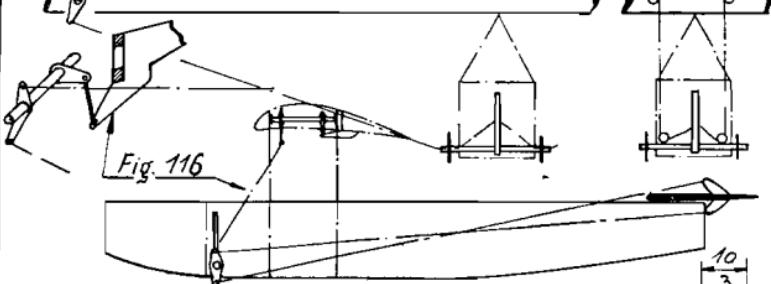


Fig. 115

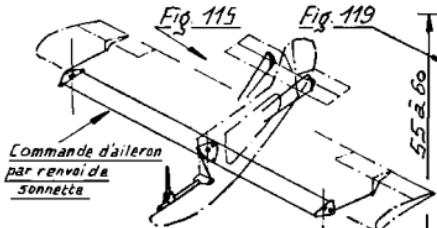
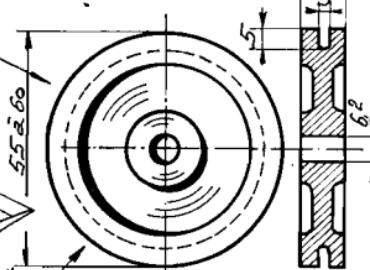
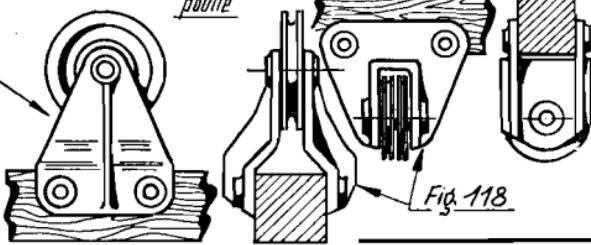


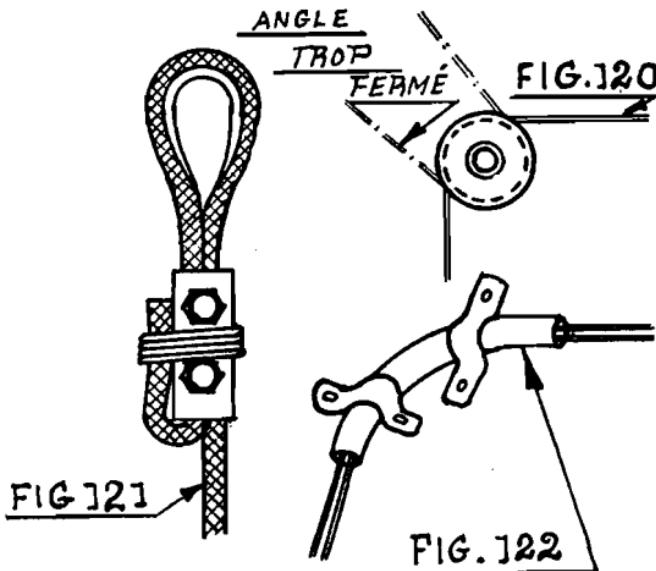
Fig. 119

Dimensions d'une  
poulieMontage de  
poulies

Les cables ou les cordes à piano peuvent être changées de direction, dans un coulant en tube de cuivre rouge, fixé par des colliers. Ce système est pratique, pour les petits angles.

Un coulant est un tube de cuivre rouge fixé à l'aide de colliers boulonnés (fig. 122). Le câble, ou même la corde à piano, passe dedans et peut être changée facilement de direction. On en place aussi quand les commandes risquent de toucher une pièce de l'appareil. Les tubes seront assez fins: de 3 à 4 mm. de diamètre intérieur et de 2 mm. d'épaisseur. Les cordes qui peuvent circuler dedans peuvent avoir 1 mm. de diamètre maximum pour être souples. Les cordes doivent être doublées pour éviter les ruptures et abondamment enduite de graisse consistante à leur passage dans les coulants.

Le rayon de courbure de ces tubes sera d'au-moins 5 à 6 cm. Il est à remarquer que les câbles usent plus les tubes que la corde à piano. Les angles de renvoi peuvent être de 90° à 60°. De toute façon, pour les renvois de commande, l'angle le plus avantageux est 90°.



Le cintrage des tubes de cuivre rouge peut s'effectuer à la main ; mais s'ils se plient, on peut éviter cet accident en les remplissant de sable tassé.

## Palonnier

Le palonnier sert à commander avec les pieds le gouvernail de direction. Il doit être assez solide pour supporter le poids du pilote qui peut peser dessus pendant les piqués de l'appareil.

Le palonnier (fig. 123) est constitué par une pièce de bois munie de deux encoches cale-pieds. L'axe est un boulon de gros diamètre : 10 à 15 mm., muni de rondelles et d'un écrou crénélée et goupillé. A l'extrémité de chaque branche, se trouvent les attaches-fils commandant le gouvernail de direction. Le bras de levier du palonnier sera assez grand, si l'on place les attaches aux extrémités, mais pourra être réduit en prévoyant des attaches plus rapprochées. Un palonnier a environ 60 à 70 cm. de long.

Le schéma (fig. 124) indique que les guignols sont reliés aux côtés du palonnier placés du même côté. Nous verrons plus loin, dans le pilotage, la raison de cette disposition.

La figure 125 représente une autre façon de réaliser le palonnier à l'aide d'une pièce de bois qui sera munie de deux ferrures : sortes d'équerres de quincaillerie, toutes préparées avec des trous qui peuvent être boulonnées et servir aussi de cale-pieds et d'attache-fils.

## Haubannage

Le haubannage des ailes est réalisable soit de la manière souple avec des cordes à piano, soit de la manière rigide avec des mâts.

Avec le haubannage par corde à piano, il est nécessaire de disposer des cordes en-dessus et en-dessous de la voilure. On est obligé pour cela de faire une cabane appelée aussi poinçon, servant à supporter les cordes supérieures.

Ceci est mis en remarque pour recommander les mâts, qui ne donnent guère de travail supplémentaire et sont beaucoup plus pratiques que le haubannage par cordes.

En effet, les mâts étant de longueur définie, ils permettent des démontages rapides, et surtout ne fatiguent pas les voilures comme peuvent le faire des cordes dans un haubannage entièrement souple. Il peut arriver qu'en cas de disposition défectiveuse des attaches, et du fait de l'inégalité de tension des différentes cordes, des torsions et gauchissements se produisent.

FIG. 123

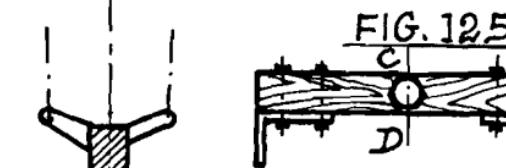
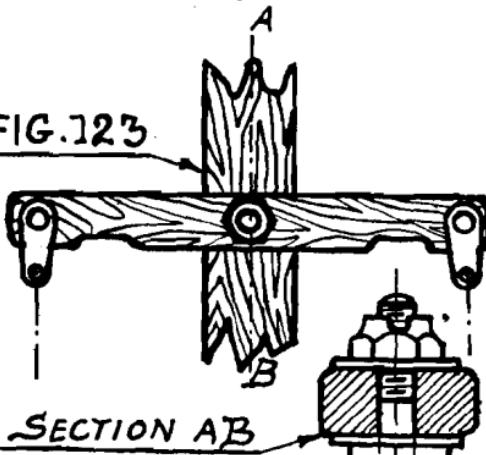
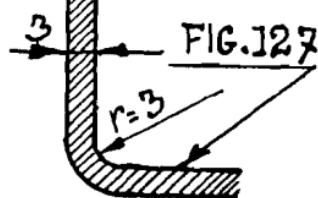
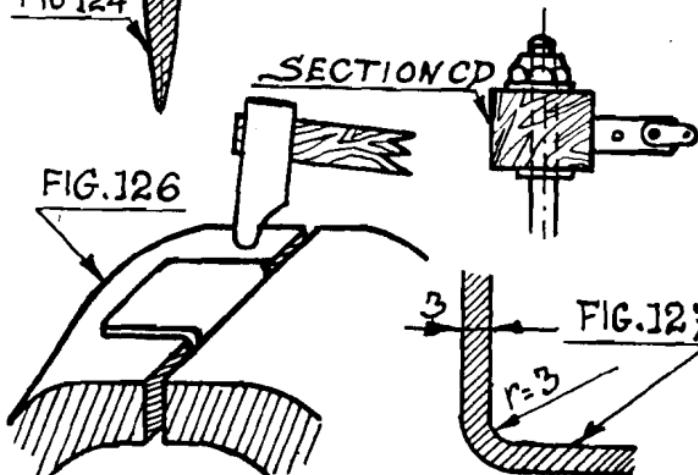


FIG. 124



FIG. 126



Les mâts peuvent être construits avec des matériaux courants.

Le type le plus simple (fig. 130) est constitué par un tube de 23/25 ou 28/30 en acier dans lequel on engage des chapes ou des boulons à œil suivant le mode d'attache, et qui sont rivés ou boulonnés suivant un diamètre de 4 ou 5 en mettant de ces pièces en nombre suffisant pour avoir une résistance au cisaillement équivalente à la résistance à la traction du tube et des chapes.

Pour un tube de 23/25, il est normal de mettre des chapes analogues à celles de la figure 97 à queue lisse d'un diamètre de trou d'axe de 10 et dont la queue est de 17. Pour rentrer dans le tube de 23 intérieur, il suffit de mettre un morceau de tube intermédiaire de 17/23 servant de cale.

Ces mâts en tube peuvent être carénés à l'aide d'une pièce de bois qui sera de forme simple pour ne pas être trop coûteuse. Un faonnier à la machine peut, sur ses scies à tables inclinables, dresser en angle le carénage et pratiquer un évidement en demi-rond correspondant au diamètre du tube.

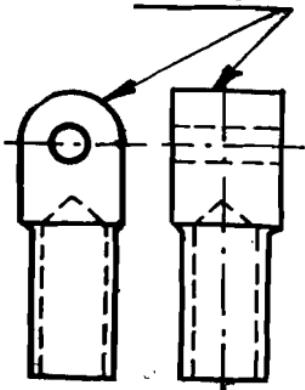
Ces carénages seront fixés après le tube avec des colliers vissés dans le bois et qui peuvent être assemblés facultativement sur le tube avec de petits boulons de 3 pour ne pas trop l'entamer.

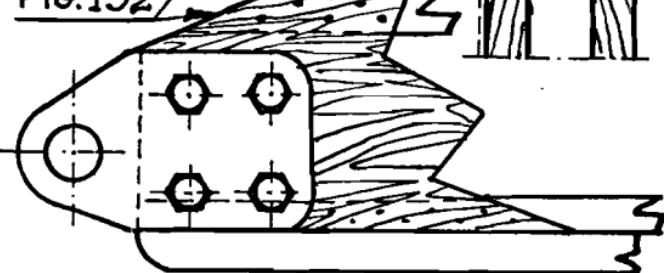
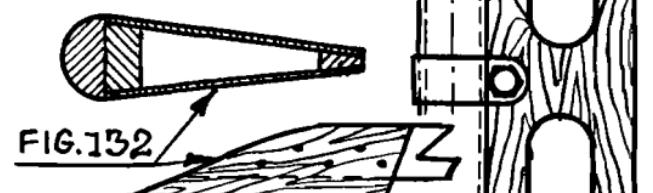
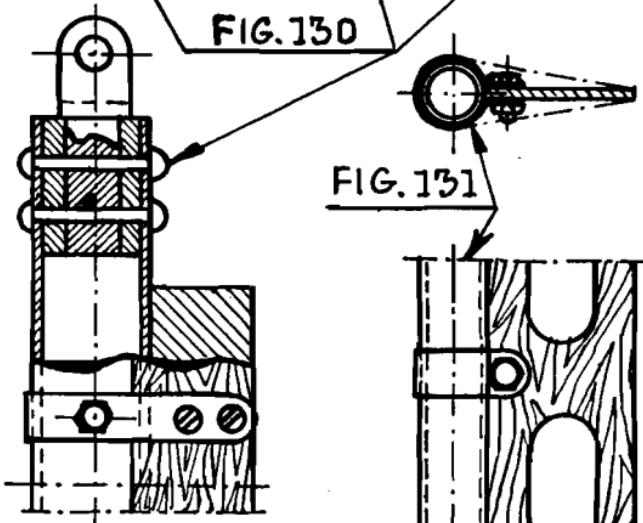
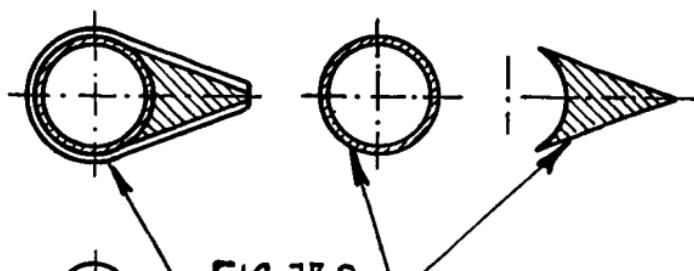
Les colliers peuvent être découpés avec des ciseaux dans de la tôle d'aluminium de 5/10 et repliés sur le tube même. Les vis seront à tête ronde.

Une autre forme de mâts plus coûteuse, mais convenant pour résister à des efforts considérables (fig. 131) consiste à employer du tube de duralumin de gros diamètre : 40 à 50 par exemple, et de le carénner par un entoilage qui sera placé à l'aide de flasques en contreplaqué de 5 ou 6 d'épaisseur et assez larges. Ces contreplaqués peuvent être allégés en pratiquant des trous. Pour les embouts, il faut faire décoller des chapes ou des embeuts spéciaux, car pour des tubes de 38/40, il ne serait pas pratique d'utiliser les chapes de petites dimensions.

La figure 135 montre la réalisation d'un de ces embouts avec une barre d'aluminium faonnée.

FIG.135





Le mât en contreplaqué (fig. 132) est facile à construire.

Il est constitué par des flasques en contreplaqué collées et clouées sur un longeron à l'avant et sur une latte au bord de fuite. Le longeron est muni d'un demi-rond formant bord d'attaque.

Dans les planeurs haubannés en corde à piano, ou avec des cables, la cabane peut venir de construction avec la poutre (fig. 133).

La fig. 137 montre une cabane de poutre métallique du genre de celle fig. 103 décrite précédemment.

Dans les poutres en bois, la cabane est généralement triangulaire, la barre arrière formant arqueboutant.

Ces cabanes sont disposées pour résister aux efforts de la voilure qui a tendance à flétrir vers le bas, lors des atterrissages brusques, et qui peut recevoir de gros efforts par en-dessus dans les vols à très faible incidence. En outre, elles supportent la voilure au repos. Elles devront donc être établies aussi sérieusement que le haubannage inférieur.

La fig. 133 montre un schéma des haubans de voilure et de poutre d'empennage, classique pour ce genre de haubannage. Au longeron avant de la voilure, les haubans servent seulement à maintenir le longeron dans le sens vertical.

Au longeron arrière, il y a deux haubans inférieurs, qui maintiennent la voilure au recul et dans le cas où elle aurait tendance à se déplacer vers l'avant, dans les atterrissages brusques.

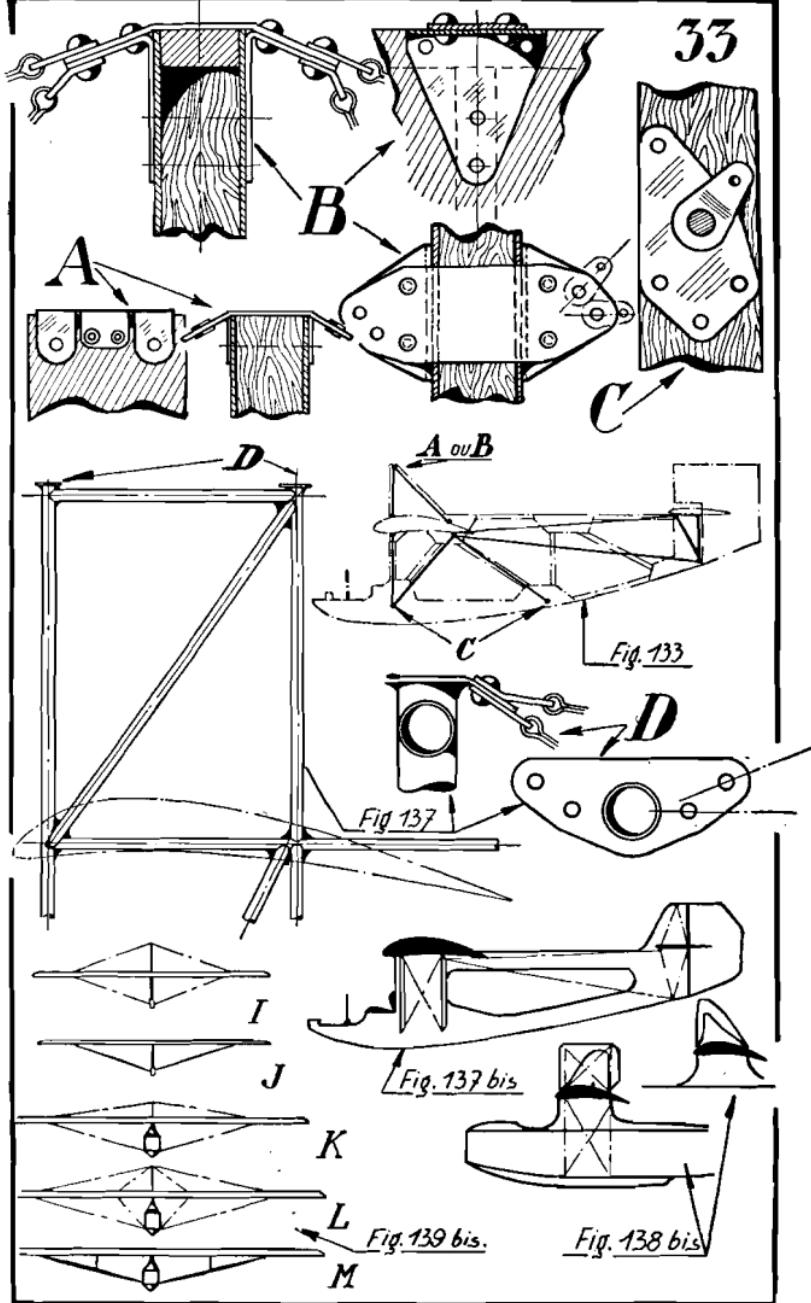
La poutre est haubannée en deux points, avec l'attache arrière de haubans de voilure, qui est du reste prévue pour cet effort.

Le plan fixe d'empennage peut être haubanné par un mât triangulaire comme sur la fig. 133 ou par des cordes à piano comme sur la fig. 137 bis.

Les détails A et B. de la fig. 133, sont deux formes d'attaches supérieures de haubans.

En A, une patte d'attache, boulonnée sur le haut de la cabane, est munie d'attache-fils, dont les trous sont munis d'œillets en cuivre rouge, pour recevoir directement les boucles de corde à piano.

33



Le détail B est une ferrure de haubans cabane plus robuste, constituée par une contreplaqué, rivée sur les pattes d'attache de la poutre.

Ce système de ferrure reçoit les attaches de haubans à l'aide d'attache-fils, boulonnés ou rivés sur les plaques.

L'exemple montre des départs de haubans pour une cabane comportant plusieurs travées de haubannage, avec des croisillons. (Voir croquis L. de la fig. 139 bis et fig. 138 bis).

Ces ferrures sont faites en tôle d'acier de 25/10 à 3 mm. d'épaisseur.

Les attaches inférieures de haubans (détail C de la fig. 133, peuvent être réalisées au moyen de contreplaques, fixées par plusieurs boulons, et destinées à transmettre l'effort des attache-fils de grosses dimensions, qui sont boulonnés sur ces contreplaques à l'aide de boulons de gros diamètre (8 à 12 mm.).

Ce système permet une orientation facile des haubans.

La cabane métallique (fig. 137), est réalisée de façon que chaque longeron ait un montant vertical de cabane, pour recevoir une patte d'attache de haubans à deux directions (détail D) afin que le haubannage soit fait comme le montre la fig. 138 bis.

Ce système de cabane quadrangulaire, est plus robuste que la cabane triangulaire, surtout dans une réalisation en tubes.

La fig. 137 bis montre un planeur à poutre haubanné par mâts. La poutre est haubannée avec des cordes.

La fig. 139 bis montre les diverses façons de réaliser les haubannages.

I : planeur à poutre haubanné en cordes, avec une seule travée de haubans.

Ce système convient pour les appareils monoplace de petites dimensions (environ 10 m. d'envergure).

J : Haubannage par mâts pour un appareil comme I.

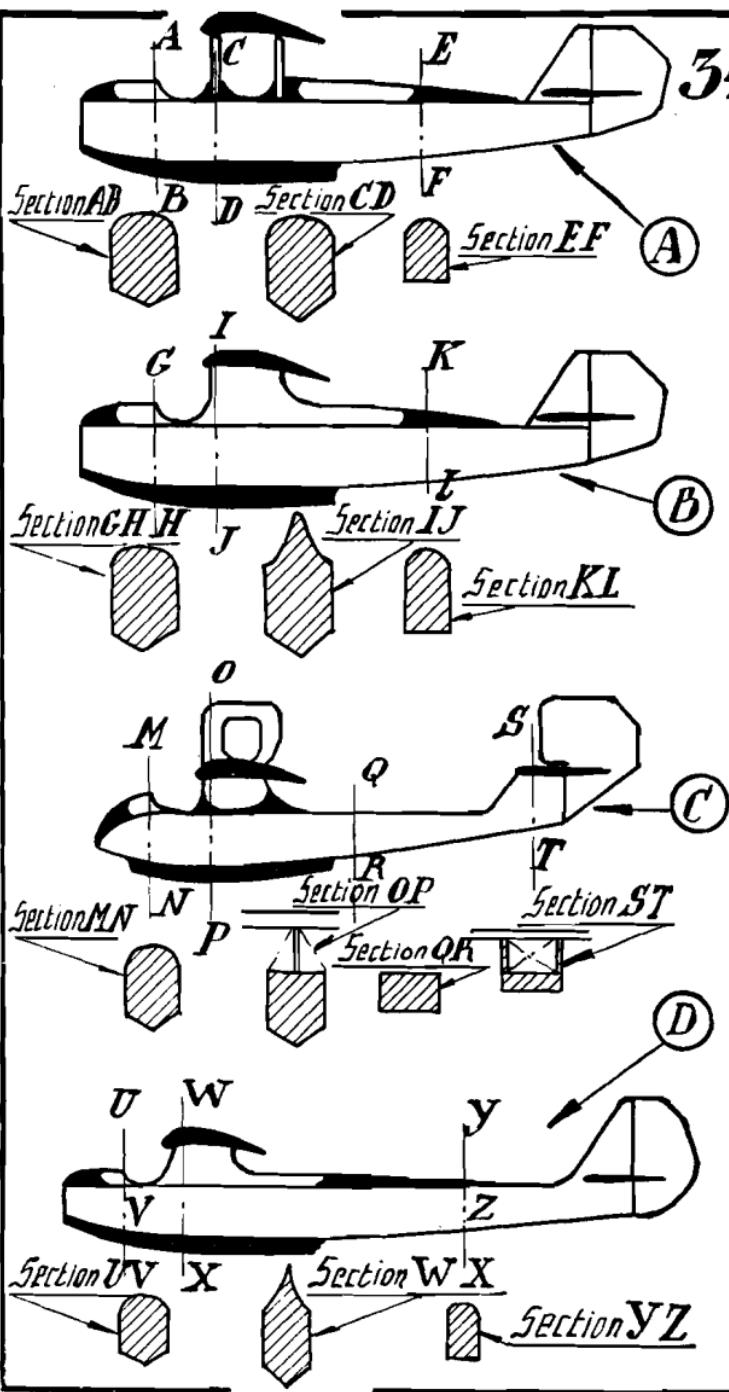
K : haubannage souple, avec cabane rapportée comme la fig. 138 bis, pour un appareil à fuselage monoplace.

L : Haubannage en deux travées de haubans souples pour un appareil de grande envergure.

M : Haubannage par mâts pour un grand appareil à fuselage, les mâts sont munis de contrefiches, pour éviter leur flambage.

Les cabanes fig. 138 bis pour des appareils à fuselage sont rapportées. Elles sont évidées, pour que l'air circule autour de la voilure, afin de ne pas diminuer son rendement, et aussi pour éviter l'effet de dérive dans une grande mesure.

**34**



## CHAPITRE IV

### LES PLANEURS DE PERFORMANCE ET A FUSELAGE

Plusieurs méthodes pratiques peuvent être employées pour la réalisation d'un planeur de performance ou à fuselage.

La planche 34 montre les différentes constructions.

A est un fuselage, à patin caissonné, muni de couples de carénage sur le dessus. La voilure est haubannée par mâts. Les détails de ce modèle sont décrits fig. 138, 139 et 140.

L'avant de ce fuselage peut être arrondi ou en pointe.

La voilure est montée sur une cabane en tubes. Cette solution est assez avantageuse au point de vue aérodynamique, car l'air circule bien autour des tubes, et ne cause guère d'interactions.

B : Fuselage semblable à A, mais muni d'une cabane caisson venue de construction, avec les cadres principaux, suivant la section IJ.

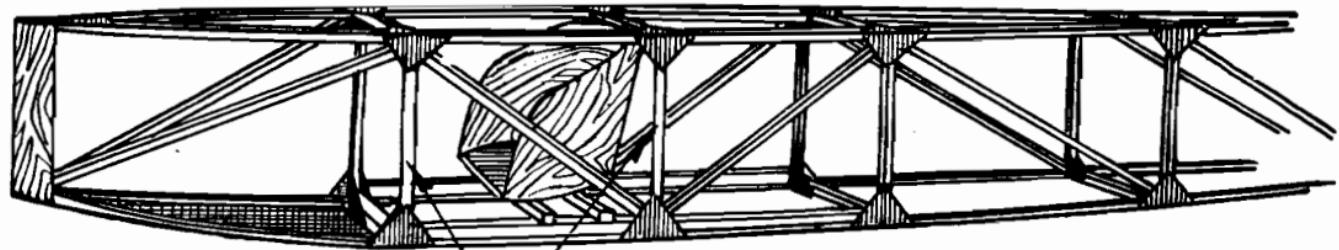
C : Construction très simple d'un fuselage, caractérisée par ce fait que tous les cadres sont de même largeur, de façon à lui donner une forme rectangulaire dans la vue en plan, tandis que les autres modèles sont fuselés en plan, et se terminent en arête verticale, formant étambot.

Dans ce modèle, l'arrière est muni de deux dérives, qui surélèvent le plan fixe de profondeur. Le plan fixe de cette façon, maintenu par les deux dérives, qui sont croisillonnées, n'a pas besoin de mâts de haubannage.

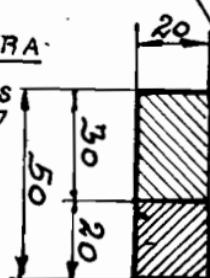
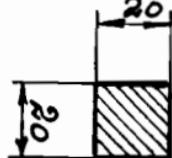
Ce type est muni d'une cabane verticale rapportée, pour soutenir la voilure, comme l'indique la section OP.

E : fuselage d'appareil de performance, analogue au type A, mais de forme plus effilée.

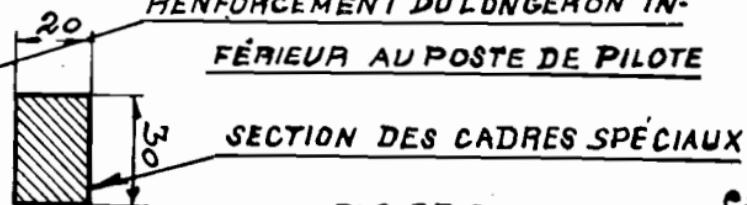
La dimension d'un fuselage est de 60 cm. sur 60 cm. au moins à l'endroit du poste piloté, sans compter la hauteur du carénage. La hauteur du patin pour lui donner une



LONGERONS ET TRA-  
VERSES ORDINAIRES



CADRES SPÉCIAUX POUR ATTACHEES DE MATS



RENFORCEMENT DU LONGERON IN-  
FÉRIEUR AU POSTE DE PILOTE

SECTION DES CADRES SPÉCIAUX

FIG. 138

courbe, et une section suffisamment haute afin d'être assez résistante, est de 20 à 30 cm.

## Construction des fuselages

Plusieurs méthodes de réalisation peuvent être employées. Le fuselage peut être fait en poutre composée, avec des longerons et traverses assez fortes pour, en étant reliés par des goussets en contreplaqué, être entoilé ensuite.

La même structure plus légère, est recouverte entièrement de contreplaqué de 15/10, qui lie le tout, et participe à la résistance.

On peut aussi mettre du contreplaqué de 3 mm. sur l'avant jusqu'à l'arrière du poste pilote, et recouvrir l'arrière avec du 15/10 ou même du 10/10.

Les patins caissonnés sont faits avec du contreplaqué plus épais : de 5 mm. par exemple.

Un autre mode de construction, consiste à inclure dans le fuselage une sorte de poutre caisson verticale, servant de patin, comme le planeur de performance décrit plus loin le montre.

Le système poutre avec recouvrement de contreplaqué est encore préférable, car le travail du fuselage terminé est le même du fait du même nombre d'assemblages que pour la poutre avec montage par équerres et entoilage, mais à ce moment il y a l'économie de l'entoilage. D'autre part, un fuselage en caisson est aussi léger que le fuselage entoilé.

Le fuselage (fig. 138) est constitué par des longerons en peuplier ou en spruce de 20/20 mm. L'étambot ou pièce de bois verticale montée à l'arrière, et l'étrave qui se trouve à l'avant ainsi que les cadres renforcés du fuselage qui supportent la voilure et sont à l'endroit du pilote et du train d'atterrissage, sont en 20/30.

Le longeron inférieur à l'endroit des cadres renforcés est renforcé aussi par des sections de 20/30 collées et marouflées.

Les dimensions que nous indiquons et qui sont à base de 20/20 pour le fuselage poutre entoilé sont suffisantes pour les fuselages de planeurs ordinaires pesant environ 100 kilos à vide. Un fuselage de cette sorte pèse à peu près 8 kilos pour une longueur de 5 mètres et un mactre-couple de 60 cm.

**36**

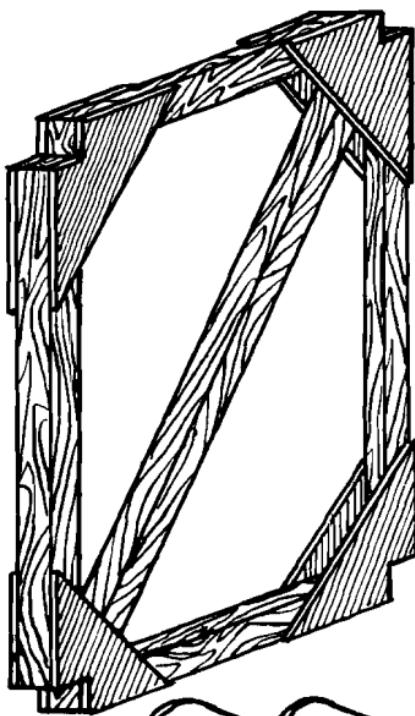


FIG.139

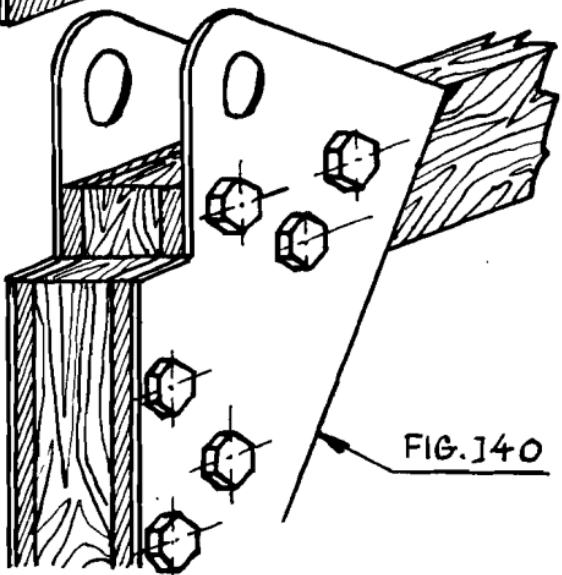


FIG.140

Le maître-couple, de 60 cm. en largeur comme en hauteur, est suffisant pour enfermer le pilote jusqu'aux épaules s'il est assis dans le fond du fuselage. Ce maître-couple se trouve environ au 1/3 avant ou au 1/4 de la longueur.

Comme la figure 138 le montre, les cadres et les longerons sont montés à l'aide d'équerres avec les croisillons ou traverses obliques.

Avant de monter un fuselage, il y a lieu de commencer par les cadres.

Ces cadres (fig. 139) sont assemblés à l'aide d'équerres en contreplaqué de 3 ou 4 mm. d'épaisseur et de 100 mm. de côté. Le cadre a été muni d'une traverse de croisillonnage, mais cela n'est pas nécessaire, car du fait des terminaisons en pointe du fuselage, la torsion pour laquelle ce croisillonnage des cadres est prévu ne se produit pas. Toutefois, cela sert à assurer au moment du montage du cadre, un carrément plus parfait.

Dans les cadres portant les ferrures d'attache de mâts, il y a lieu de prévoir ces ferrures : plaques de duralumin de 3 ou 4 d'épaisseur boulonnées avec du 4 mm. (fig. 140).

Nous indiquons aussi un autre mode de réalisation de cadre (fig. 141) constitué par des traverses et montants, montés à l'aide de flasque en contreplaqué de 15/10, comportant un grand ajourage d'allègement.

Dans ces cadres, l'emboîtement des longerons dans les angles est ménagé.

La figure 142 est le détail de montage des cadres et des croisillons latéraux sur les longerons à l'aide d'équerres de faible épaisseur : 2 mm. La hauteur de ces équerres est de 10 cm. correspondant au côté des équerres des cadres.

L'étrave est montée (fig. 143) sur les longerons qui viennent aboutir au-dessus à l'aide de flasques en contreplaqué d'assez grande largeur, soit 20 cm., et de toute la hauteur de cette pièce.

Un demi-rond rapporté sert de fausse étrave pour fuseler l'avant.

L'étambot qui supporte le gouvernail de direction et la béquille est réuni aux longerons de la même façon.

La figure 144 est le schéma du système de fuselage poutre à entoiler. Les travées peuvent être de même largeur ou augmenter du poste de pilotage jusqu'à la fin. Toutefois, il est à remarquer que les efforts les plus considérables indiqués

par les flèches, tels que l'effort du train d'atterrissage ; effort de la béquille, supérieur à l'effort constant de l'empennage du fait des « sonnages » qui se produisent à l'atterrissement et effort éventuel à l'avant en cas de capotage sont transmis à la partie centrale par les barres inclinées à un nœud supérieur.

Le schéma (fig. 145) plus particulier au fuselage caisson recouvert de contreplaqué, transmet ces efforts à l'endroit de l'atterrisseur qui est renforcé.

La fig. 146 est le schéma de ces fuselages en plan.

Ces formes de fuselages, droites en dessus, peu courbées en dessous, et très fuselées, son excellentes au point de vue aérodynamique et très pratique de construction.

Il n'est pas nécessaire d'avoir une courbure inférieure très prononcée, ce qui aurait pour inconvenient d'attaquer l'air sous un angle trop fort et qui produirait des difficultés au montage pour la courbure des longerons.

La partie supérieure est droite, ce qui est pratique pour le montage qui est droit, et par conséquent moins coûteux qu'un montage gabarit de forme, ce que nous verrons plus loin.

Les longerons, comme nous l'avons dit pour le fuselage poutre entoilé, sont sur la base de 20/20. Pour le fuselage recouvert de contreplaqué, ils peuvent être moins fort, soit 15 mm. en carré. Le contreplaqué de recouvrement sera du 15/10. S'il était possible de trouver du contreplaqué comme les Allemands en ont en 8/10, qui est aussi rigide que le 15/10, cela serait encore préférable pour gagner un peu de poids.

Nous indiquons les espacements des pointes pour les assemblages, sur les longerons de 20 et de 15 carrés (fig. 147).

Les lignes de pointes parallèles au bord des longerons sont tracées très rapidement à l'aide du trusquin, instrument constitué par une planchette que l'on déplace le long du fuselage ou de la pièce à tracer et qui porte une réglette à coulisse munie d'une pointe à marquer (fig. 148).

Les espaces réguliers de pointes sont piqués sur ces lignes à l'aide d'un compas à pointes sèches. On aura ainsi un clouage parfait.

Le fuselage sera monté sur un bâti dont on aura vérifié l'horizontalité à l'aide d'un niveau à bulle, bâti constitué par des trétaux sur lesquels seront fixés, à l'aide de

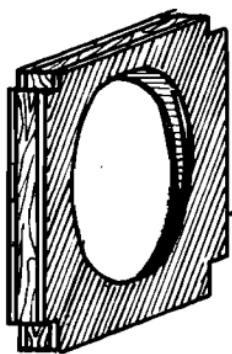


FIG. 141

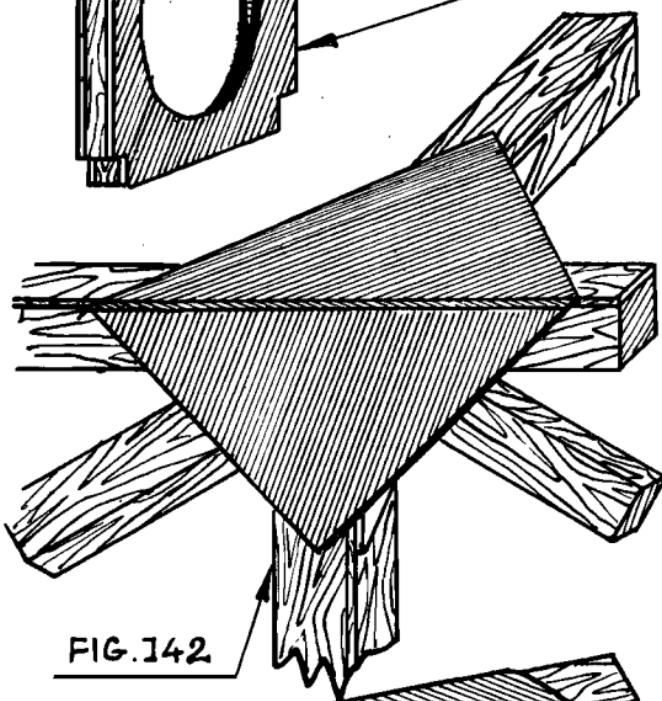


FIG. 142

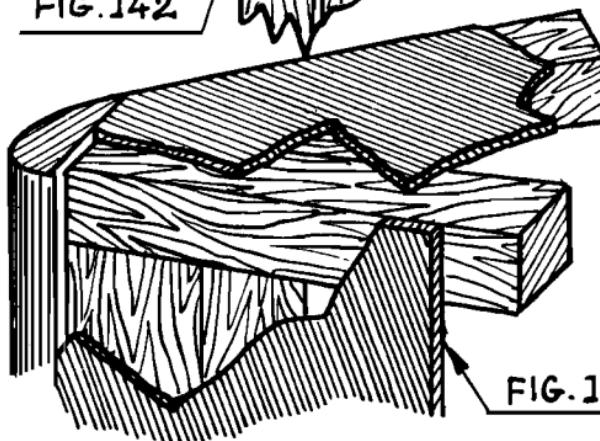


FIG. 143

38

FIG. 144

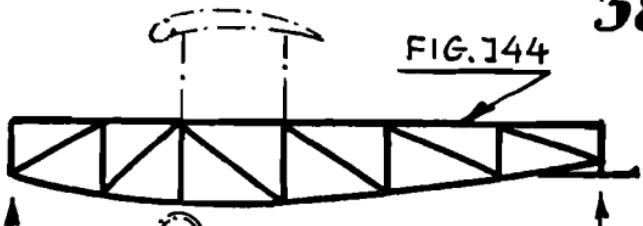


FIG. 145

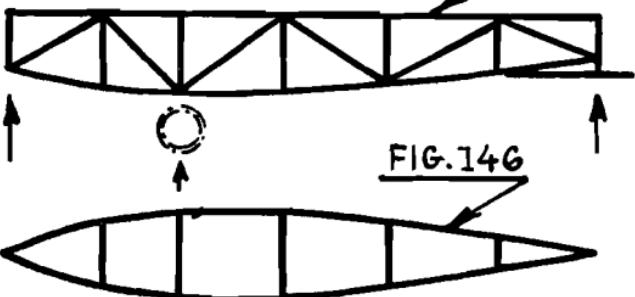
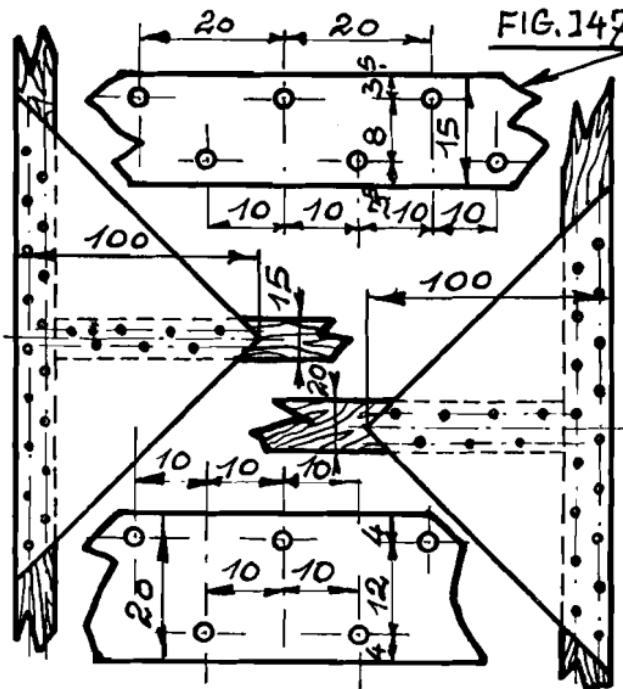


FIG. 146



FIG. 147



presses, des pièces de bois de 7 ou 8 cm. de côté en carré, et servant de support à la longueur du fuselage. Ce bâti devra être bien horizontal sur toute sa longueur (fig. 149).

Les longerons inférieurs étant fixés à l'aide des presses, on place les cadres du milieu et les longerons par-dessus. Un cordeau est tendu dans l'axe du fuselage et sert à disposer les cadres également dans l'axe. Ces premiers cadres sont placés verticalement à l'aide du niveau et les longerons inférieurs sont placés par-dessus. On installe ensuite les autres cadres, l'étrave et l'étambot. Ces pièces sont fixées provisoirement à l'aide de pointes et les croisillons sont coupés et ajustés exactement sur place. Avant le montage de ces croisillons, le fuselage est maintenu à l'aide de cordeaux tendeurs qui peuvent être serrés ou desserrés à l'aide d'une petite cheville de bois servant à enrouler la corde. Ces croisillons provisoires sont indiqués en pointillé sur la figure 149. Le montage de ces croisillons est fait en partant de la travée principale du poste de pilotage.

Si les longerons inférieurs ont de la difficulté à se cintrer, ils peuvent être sciés sur une certaine longueur par le milieu et, après leur montage, seront marouflés (fig. 150). Toutefois, cela ne peut avoir à se faire que pour la partie avant, plus relevée que la partie arrière.

Dans le cas où il sera étudié un fuselage dans lequel la partie avant sera arrondie (fig. 151), il est facile de réaliser cette forme en arrêtant le fuselage au premier cadre et en rapportant un avant.

Cet avant rapporté est constitué par le contreplaqué du fuselage cloué sur des flasques en contreplaqué épais qui sert de continuation aux longerons (Détail de montage fig. 152).

Pour cela, ces flasques, en cas où il n'y aurait pas de contreplaqué suffisamment épais, seraient faites avec plusieurs épaisseurs de 15/10 ou de 20/10 ou de 30/10, etc., jusqu'à former une épaisseur de 20 mm. pour une largeur de 40 à 60 mm.

Ces découpages seront collés et marouflés.

La construction des fuselages par ce procédé a l'avantage d'être très solide et résistante, de coûter très peu et d'être assez élastique. D'autre part, il est facile par des caissonnages, dans le cas de transformation en avionnette légère, de fixer les moteurs.

Un autre procédé, très employé au début de l'aviation, consiste à faire les fuselages en poutre, croisillonnée par

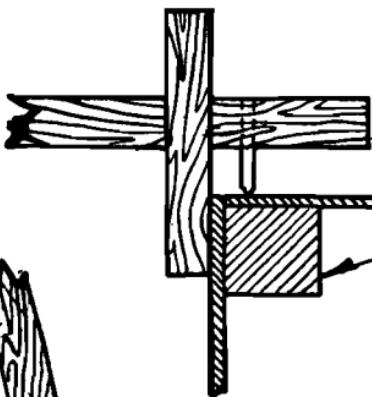


FIG. 148



FIG. 150

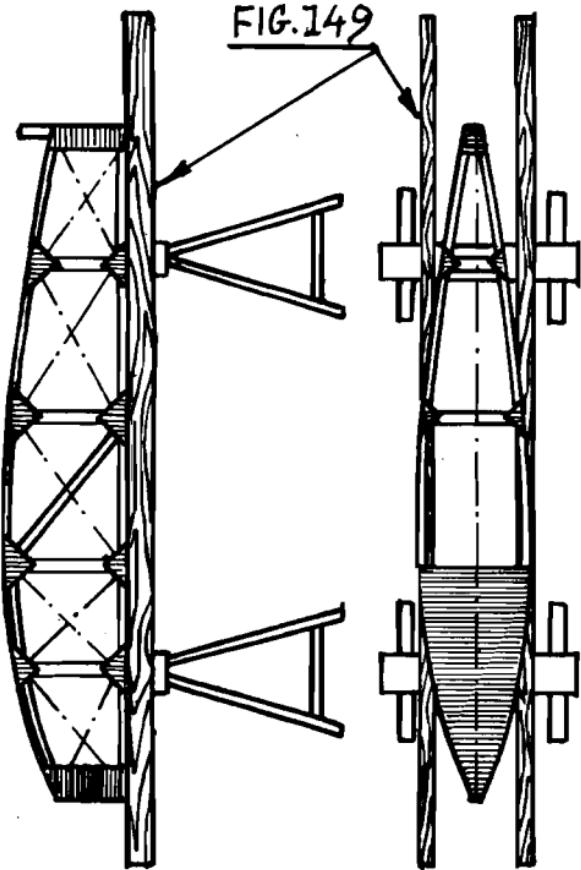
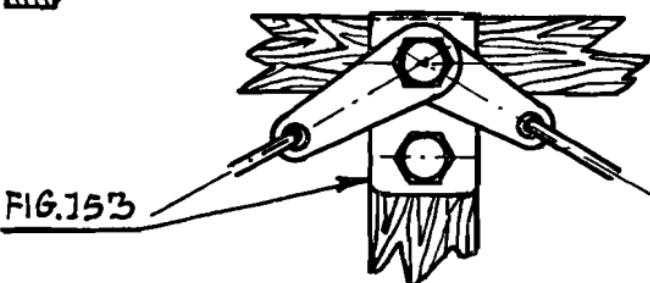
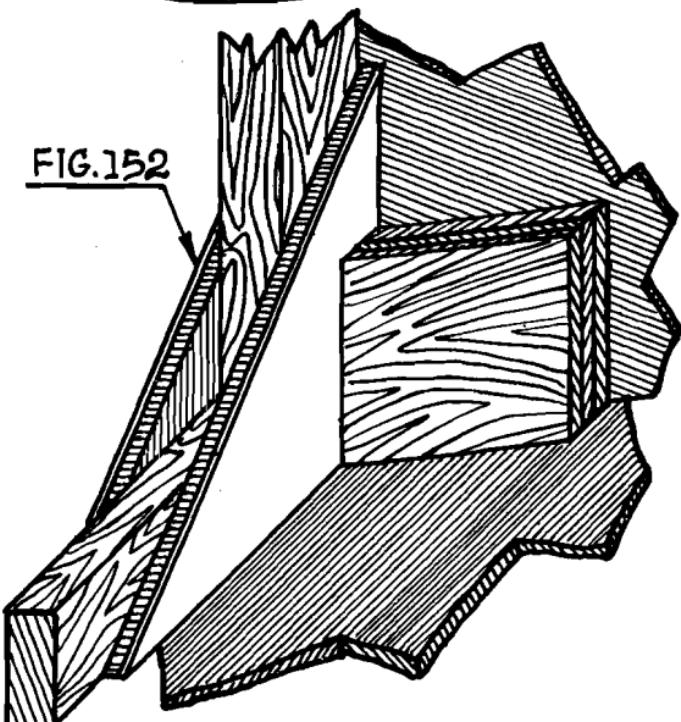
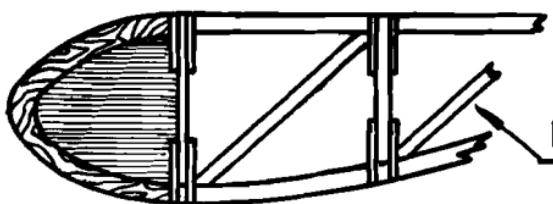


FIG. 149

40



de la corde à piano. Pour cela on emploie généralement du frêne. Il est possible pour des planeurs d'employer du peuplier qui se tortille moins.

Nous donnons, figure 153, un détail d'assemblage pour cette construction, constituée par une patte d'attache boulonnée dans le longeron et un montant, avec des tendeurs. Cette ferrure est peu difficile à exécuter dans les feuillards d'acier ou d'aluminium de largeur convenable. Les attaches de croisillons en corde à piano se font à l'aide d'attache-fils.

Pour les appareils légers, une section de 25/25 avec des boulons de 4 est suffisante et permet des cintages assez relevés.

### Fuselages en tubes soudés

Des fuselages de planeurs en tubes soudés à l'autogène ont été faits. Nous rappelons ce procédé pour mémoire. Il est assez peu coûteux et rapidement exécutable.

Il est préférable d'employer des tubes de 23/25 ou de 28/30. Le travail consiste à ajuster les tubes sur place. Toutefois, pour la soudure, il est presque indispensable de faire un gabarit de montage maintenant les tubes. Pour les croisillons, on peut employer la même méthode que pour les fuselages en bois (schémas fig. 144, 145 et 146). Un fuselage en tubes soudés est très résistant, mais il faut avoir un bon soudeur, car une soudure grillée peut entraîner la perte de la pièce. On peut encore, dans le cas d'une soudure grillée, couper la partie endommagée et rapporter un tube d'assez grande longueur.

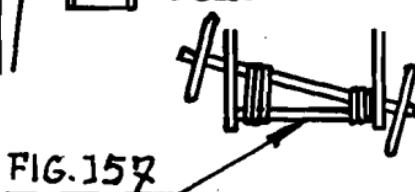
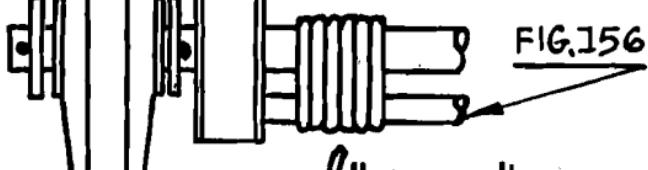
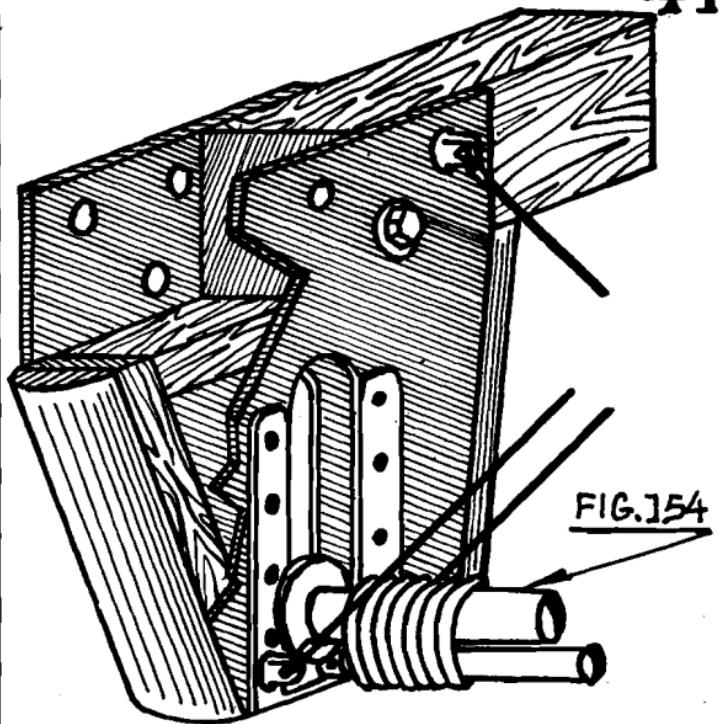
Ces fuselages peuvent être en poutre rigide ou croisillonnés par de la corde à piano qui permet un léger réglage et de rattraper les petites déformations pouvant se produire dans les atterrissages brusques.

A moins d'avoir une machine à cintrer les tubes ou de faire exécuter ce travail au dehors, il n'est possible avec ce procédé de faire que des longerons droits.

### Atterrisseur à roues

Si l'appareil en bois doit être muni d'un atterrisseur à roues, il est indiqué figure 154 la manière de le réaliser à l'aide de pièces de bois et de contreplaqué épais de 10 mm.

Les flasques de l'atterrisseur dépassent pour être bou-



lonnées sur le longeron inférieur renforcé du fuselage, à l'aide de plusieurs boulons de 4, de 5 ou de 6.

Des demi-ronds seront rapportés avant et arrière pour fuseler ces jambes de force.

Le faux essieu est monté à l'aide d'un embout de tube. C'est un tube de 28/30. Quand l'atterrisseur est monté, il est croisillonné avec de la corde de 15 ou 20/10.

Un évidement est pratiqué dans le contreplaqué pour la course de l'essieu qui est de 12 cm.

Des plaques sont rapportées sur les bords de l'évidement pour éviter l'usure du contreplaqué par le frottement des roues.

Des fabricants de roues d'avions ont établi des modèles spéciaux de roues légères de 500 de diamètre pesant 5 kg. la paire. Aussi toute une série de petites roues ballon.

Ces roues sont montées sur des tubes de 40 de diamètre. La longueur de l'essieu doit être suffisante pour permettre l'inclinaison totale du train sans coincement dans les jambes de force (fig. 157).

Les roues sont montées entre des rondelles de 2 mm. d'épaisseur avec un jeu de 1 mm.

Des boulons maintiennent les rondelles. L'atterrisseur est fixé après le faux essieu simplement par un sandow enroulé. Il doit y avoir un certain nombre de spires de sandow pour que le poids de l'appareil monté, au sol, ait une action produisant une petite course de 2 cm. (fig. 156).

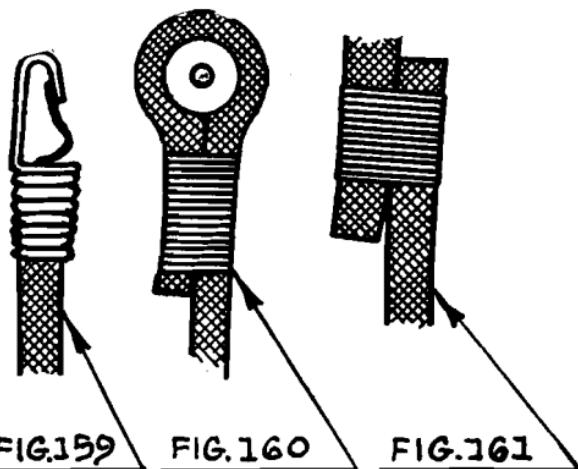


FIG.159      FIG.160      FIG.161  
agrafes mousqueton et sur laquelle on serre les extrémités du sandow pour l'attacher avec du fil fouet (fig. 160).

Le sandow peut être attaché soit par des agrafes (fig. 159), soit par un serrage des deux extrémités avec du fil fouet (fig. 161), soit à l'aide d'une cosse vendue dans le commerce comme les

Pour le nombre de spires à donner au sandow, les catalogues des fabricants donnant toutes les caractéristiques de tension suivant les allongements, il est facile de le déterminer. Il y a lieu néanmoins, pour des appareils inférieurs à 100 kg., d'employer du sandow de 13 mm. de diamètre, et au-dessus de 100 kg., du sandow de 15.

## Roues

Il est facile de fabriquer les roues. La figure 155 représente le moyeu en tube d'acier de 41/43 assez long, soit 110 mm. pour une roue de 400 et sur lequel sont soudées à l'autogène deux rondelles percées de trous pour la fixation des rayons. Ce travail peut être effectué à peu de frais par les mécaniciens du cycle qui possèdent les gabarits de perçage et l'habitude du montage et du centrage des roues.

Les jantes employées sont celles de bicyclettes, de 400, 450 ou 500.

## Les crochets de lancement

Nous donnons (fig. 162) les cotes exactes d'un crochet pour un planeur à poutre.

Etant donné les efforts semblables ainsi que leur direction, auxquels sont soumis ces crochets, ces cotes de tracé sont donc aptes à servir pour le tracé de tous systèmes. Il faut veiller dans un crochet à ce que le galbe soit suffisant pour retenir convenablement l'anneau du sandow, et éviter qu'il soit lâché trop facilement ou inopinément.

Ces crochets sont faits en tôle de forte épaisseur de 3 mm. par exemple.

Le trou dans la patte du crochet, sert à entretoiser les deux lames qui sont jumelées, étant placées des deux côtés de la poutre.

La fig. 163 montre un crochet monté sur une barre transversale de cadre de fuselage. Il est constitué par des crochets jumelés soudés sur des plaques de fixation.

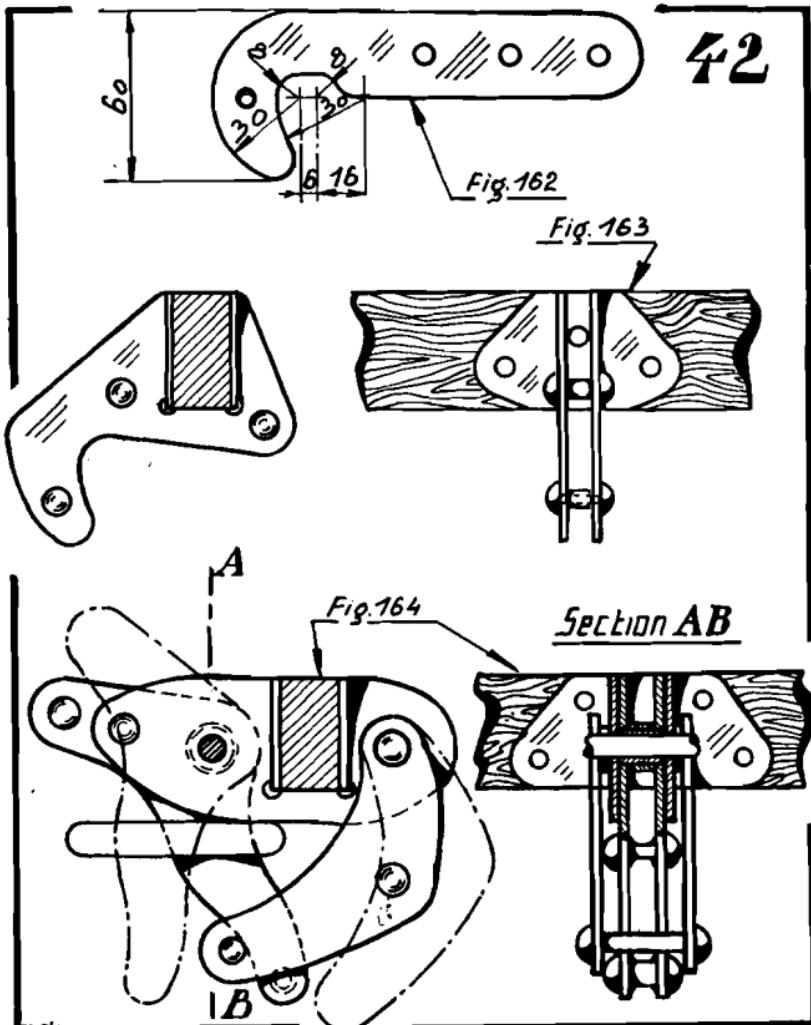
La fig. 164 montre un crochet qui peut être fermé, pour l'utilisation d'un planeur remorqué et largué à volonté.

Il peut être employé aussi comme crochet de lancement.

Un sandow maintient le crochet de traction à une pression, assurant sa fermeture, en cas de mollissement du cable de traction, et le crochet de retenue, peut être actionné par un bowden.

Le tracé des courbes de ce système importe le plus pour obtenir une bonne réalisation.

Sa fabrication est effectuée à l'aide de tôles jumelées soudées sur des plaques de fixation, pour constituer la monture sur laquelle sont montés les crochets qui sont articulés à l'aide de boulons serrés sur des entretoises, ou des boulons à épaulement, afin d'obtenir leur tourillonnement facile.



### Montage de l'appareil sur piste

Nous indiquons la manière pour une seule personne de monter un appareil sans escabeau ni trétaux.

Il est recommandé de prévoir des attaches d'aile pouvant assembler les ailes séparément. Le fuselage doit avoir la queue soulevée pour être en ligne de vol pendant le montage. Une aile est préparée en fixant à son extrémité un ou deux bâtons sur des ferrures dépassantes à l'aide de petites tresses qui doivent faire partie de l'outillage courant. L'aile est placée, et on enfile rapidement un ou deux boulons dans les ferrures d'encastrement. Il ne reste plus qu'à attacher les masts de haubannage. L'aile tenant suffisamment avant d'installer l'autre de la même manière, on dispose de l'autre côté du fuselage un poids au bout d'un levier pour équilibrer le poids de l'aile déjà installée. On peut monter ainsi la dernière aile.

Tous les boulons et tendeurs seront serrés, et le réglage sera vérifié à l'aide du niveau à bulle.

### **Entretien et réparations**

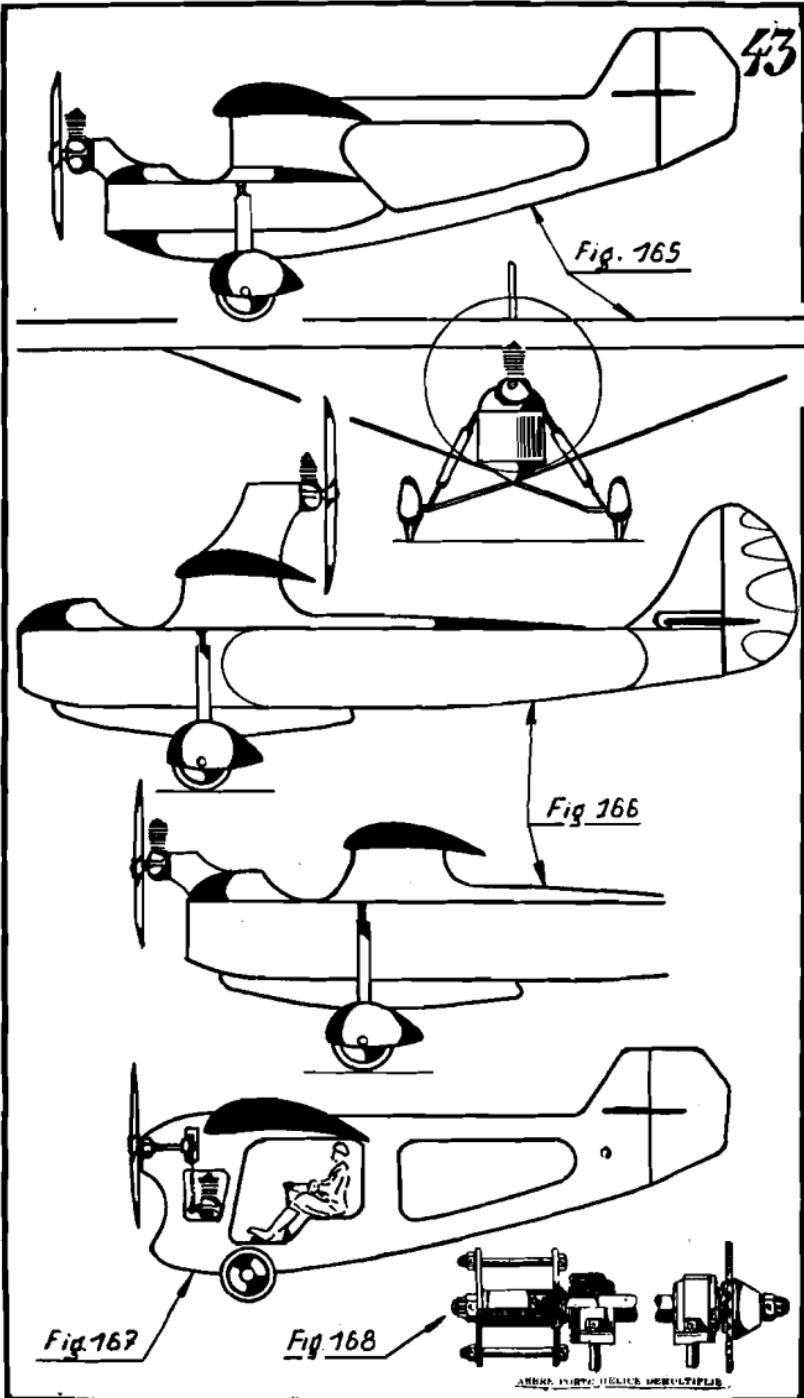
Il faut surtout, dans les premiers essais du planeur, étudier les déformations qui ont pu se produire après les atterrissages brusques ou les envolées qui ont pu faire travailler les voilures et les empennages. Pour cela, il faudra recommencer le réglage complet de la machine.

Les haubans, boulons, axes de gouvernes, doivent être vérifiés souvent et graissés. Au repos, l'atterrisseur sera monté sur des cales pour éviter la fatigue des pneus et des sandow amortisseurs.

Il est bon de mettre une cale sous l'empennage pour que l'appareil soit en ligne de vol au repos. Cela évite que le poids des voilures porte en arrière et fatigue les haubans. Certains planeurs à ailes épaisses sans haubans sont installés au repos avec des cales aux extrémités des ailes pour éviter leur fatigue constante.

Pour réparer les trous faits dans la toile, ce qui arrive fréquemment, il suffit de coller avec de l'émaillite une rondelle d'étoffe sur le trou. Après séchage, la tension de l'étoffe et de la pièce fait disparaître tous les plis.

Pour réparer les longerons, un procédé pratique consiste à coller contre la pièce cassée, dont les morceaux auront été remis en place, un morceau de bois, de section équivalente, qui sera de grande longueur pour bien transmettre les efforts et qui sera marouflé.



Le bras de levier d'empennage étant de 3 m. 50, la correction négative à mettre à l'empennage sera de :

$$32 \text{ kg.} : 3 \text{ m. 50} = 9 \text{ kg.}$$

Cette correction peut être effectuée pour une partie avec un lest de 5 kg. et le reste avec un réglage de plan fixe.

Cet exemple montre qu'avec un petit moteur, le centrage peut être effectué facilement.

L'emploi d'un moteur lourd, un Harley-Davidson ou un Indian par exemple, qui pèsent environ 50 kg., et donnent presque 20 Cv., obligent à monter ces moteurs plus près du centre de gravité.

Dans ce cas on les munit d'une démultiplication, dont l'arbre actionne l'hélice à l'extrémité du fuselage (fig. 168).

L'emploi d'un petit moteur, avec hélice en prise directe, comme cela est décrit plus haut, donne un très mauvais rendement à l'hélice.

Ce rendement peut baisser jusqu'à 50 % et même 40 %, avec le moteur de 8 Cv., laisse une puissance effective de 4 Cv.

Le rendement minime d'une petite hélice est dû aux disproportions, dans les rapports du Pas et du Diamètre qui sont compris dans des limites définies par l'expérience.

Le pas d'une hélice évolue entre 0,75, à 1,25 du diamètre.

D'autre part, l'hélice étant trop petite, conduit à un mauvais écoulement des filets d'air, qui est freiné par les résistances du moteur et du fuselage qui sont trop grandes, placées soit devant comme le montre la fig. 166, soit derrière.

L'obligation d'augmenter le diamètre de l'hélice à cause de cet inconvénient, fait qu'à ce moment, elle perd de son rendement du fait de la disproportion entre les rapports du pas et du diamètre.

D'autre part, le montage sur l'arbre démultiplié offre un grand avantage au point de vue pratique, car les moteurs n'étant pas prévus pour supporter l'hélice, risquent d'être détériorés. Le montage des hélices en prise directe n'est guère commode non plus, car les cônes d'entraînement sont de très petite longueur, pour permettre seulement le montage d'un pignon denté.

La fig. 166 montre deux dispositions de montage de moteurs, l'un sur un petit caisson à l'avant du fuselage, l'autre sur l'aile.

Le croquis montrant la disposition sur l'aile, montre que l'hélice est placée derrière le bord de fuite de la voilure, ce qui lui permet une augmentation appréciable de diamètre, sans que le moteur soit placé trop haut.

Ce système sur l'aile a l'avantage de ne pas trop faire varier le centrage, mais par contre, le couple de l'hélice, par rapport au centre de gravité, qui est placé plus bas, oblige quand même à une correction supplémentaire par le pilote, avec l'empennage, suivant les variations de puissance.

Sur les planeurs à poutre, le montage des moteurs auxiliaires est plus difficile.

Le système poutre caisson (fig. 167), montre un montage pratique, résolu de cette façon du fait de la poutre caisson, qui permet de placer le moteur dans un logement et d'actionner l'hélice à l'aide d'une démultiplication.

Le moteur est placé sur le patin, ce qui est pratique pour l'application de son poids dans la structure, et il est rapproché aussi du centre de gravité.

L'hélice est surélevée, et a ainsi un fort diamètre.

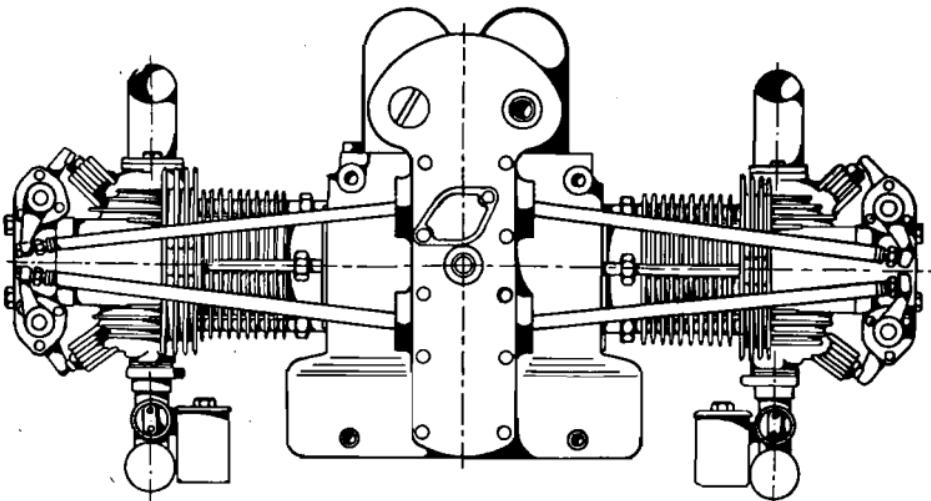
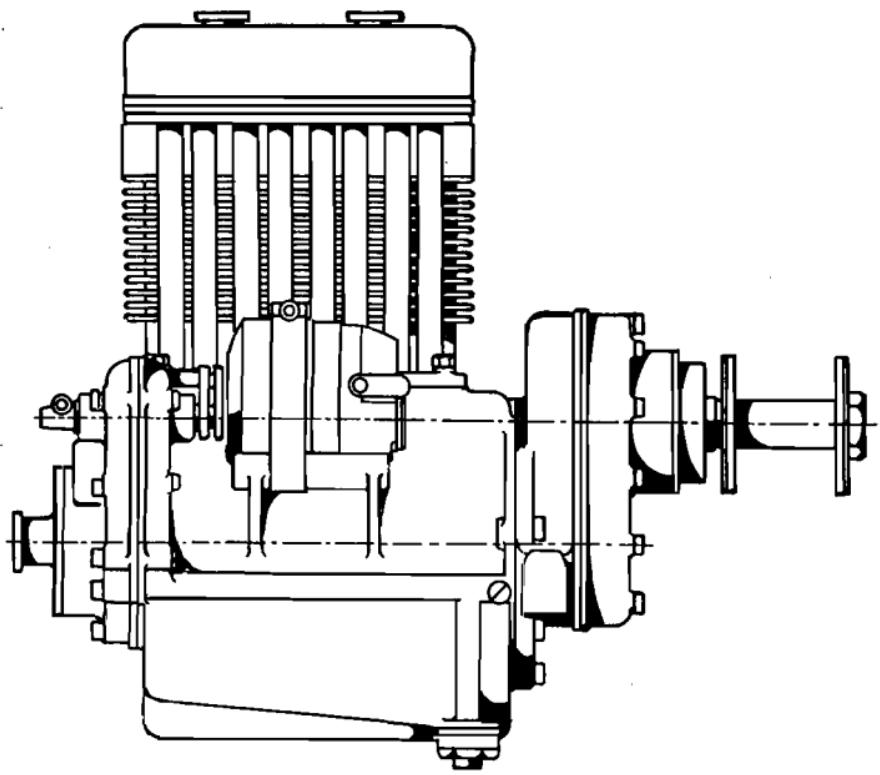
L'arbre démultiplié (fig. 168), est constitué par deux paliers, contenant l'un un roulement à rotule, pour recevoir le travail des oscillations et des vibrations de l'arbre, et l'autre un palier à billes à gorge profonde, pour résister à la traction de l'hélice.

La transmission peut se faire avec un pignon démultiplié dans des rapports de 1 à 2 jusqu'à 1 à 4.

Le lancement d'un moteur est beaucoup plus facile avec une hélice démultipliée, car le diamètre de l'hélice plus grand permet un brassage plus commode, et donne un plus grand nombre de tours de moteur, par tour d'hélice, ce qui est apte à provoquer un démarrage rapide.

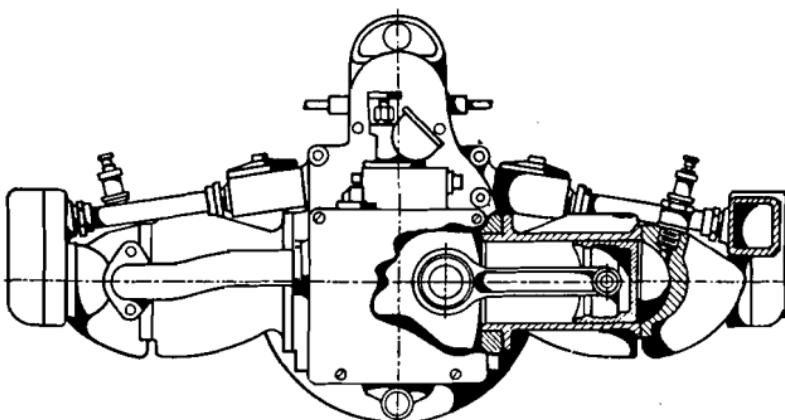
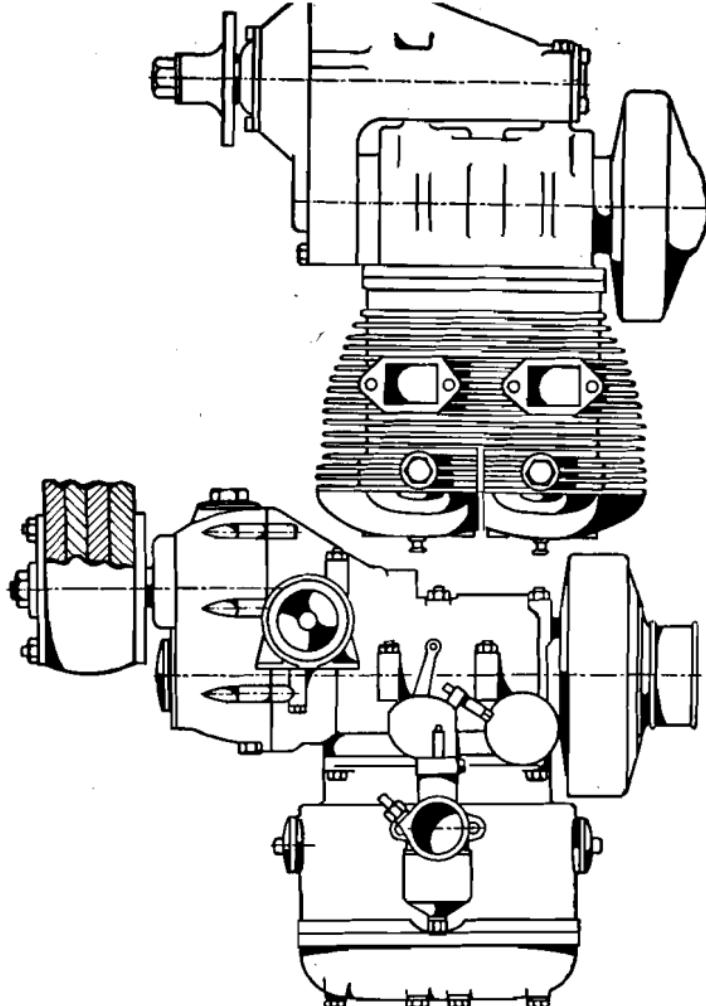
## Les moteurs pour planeurs à moteurs auxiliaires

Nous donnons quelques renseignements au sujet des moteurs auxiliaires.



*En haut* : moteur 4 cyl. Ruby-Péquignot, quatre temps, 65 kg., 35 cv. à 1750 tours d'hélice.

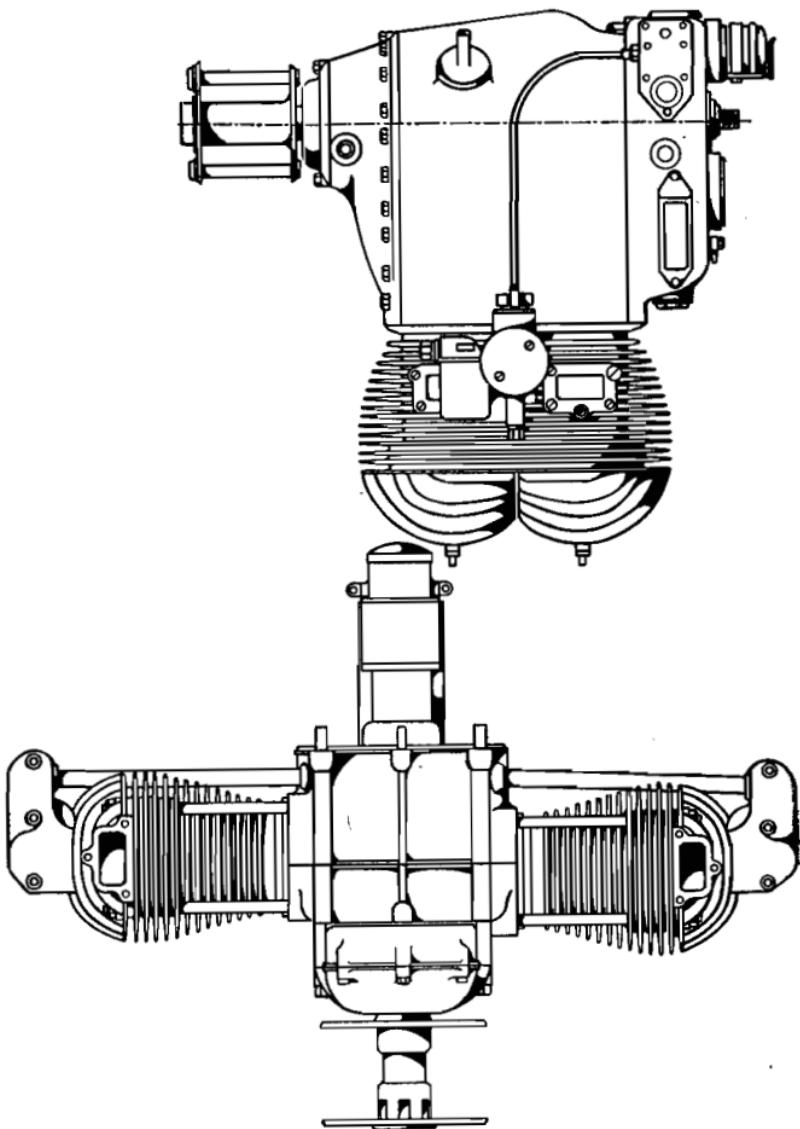
*En bas* : moteur Saroléa (Belge), 2 cyl. à quatre temps, 50 kg., 25 cv. à 2500 tours d'hélice.



*En haut* : Aubier et Dunne, 2 cyl. inversés à 2 temps de 18 cv. à 1600 tours d'hélice, 39 kg.

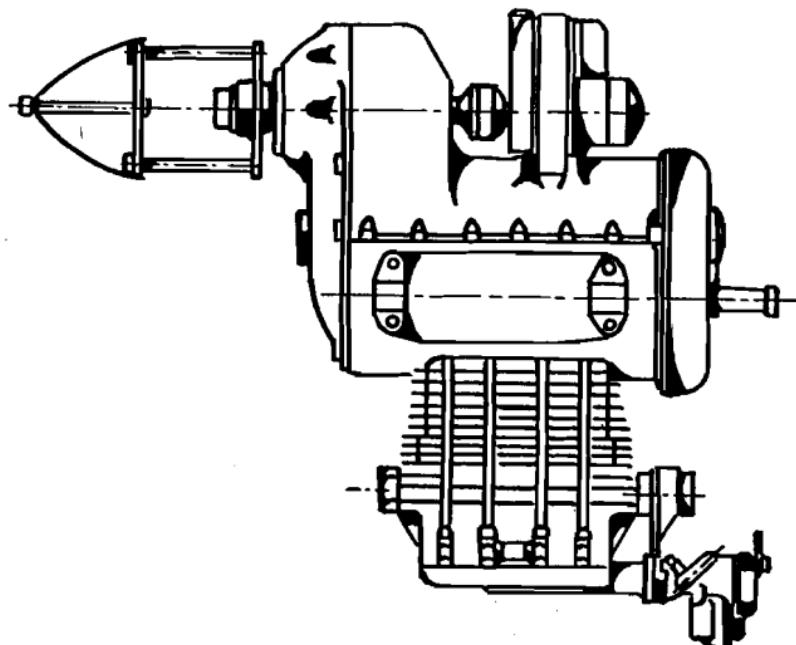
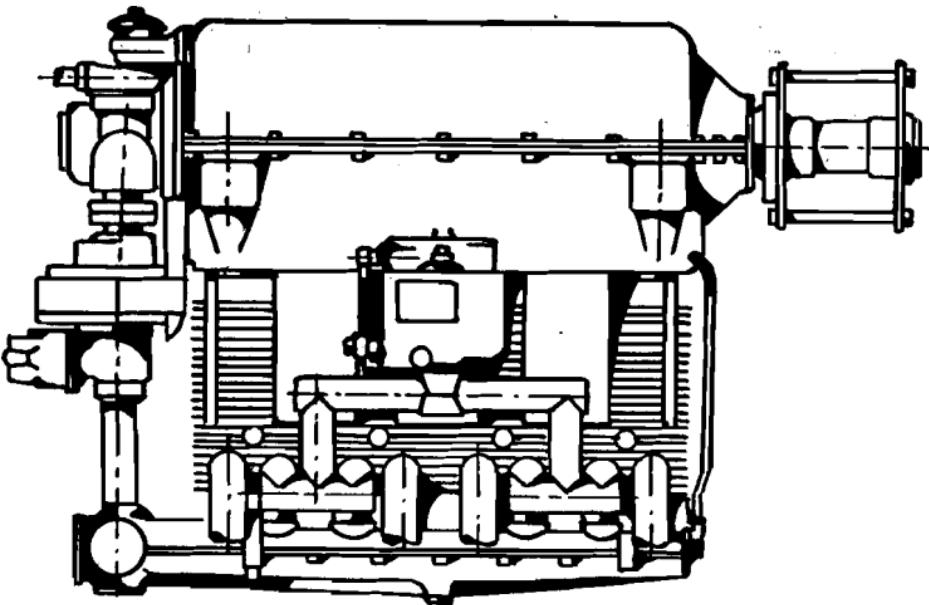
*Au milieu* : Moteur D. K. W. (Allemand), 2 cyl. inversés, refroidis par l'eau, 2 temps, 20 cv., démultiplié.

*En bas* : Douglas, 2 cyl horizontaux (Anglais), 4 temps, 50 kg., 24 cv. à 2400 tours d'hélice.



*En haut* : moteur Scott (Anglais), 2 cyl, 2 temps, inversé, 18 ev. à 1800 tours d'hélice, 40 k.

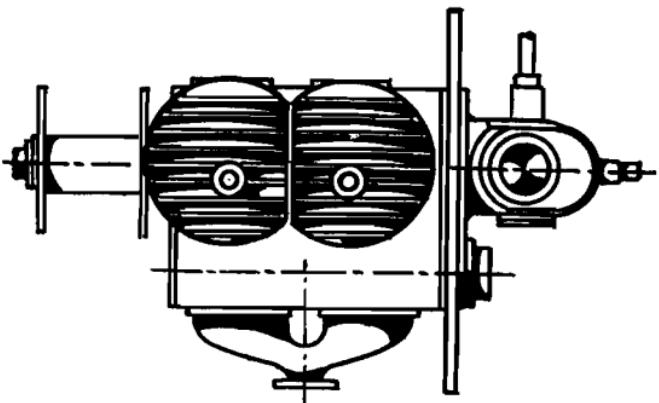
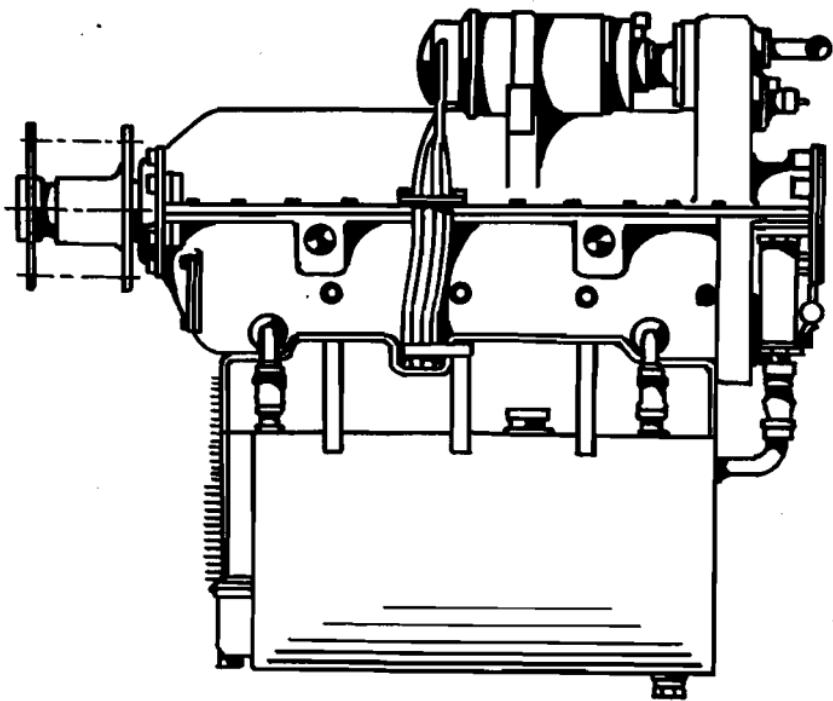
*En bas* : moteur Poinsard, 2 cyl. horizontaux, à 4 temps, de 1.250 cme., 64 kg.



*En haut* : moteur Train, 4 cyl. inversés, 4 temps, 48 kg., 40 cv. à 2300 tours d'hélice.

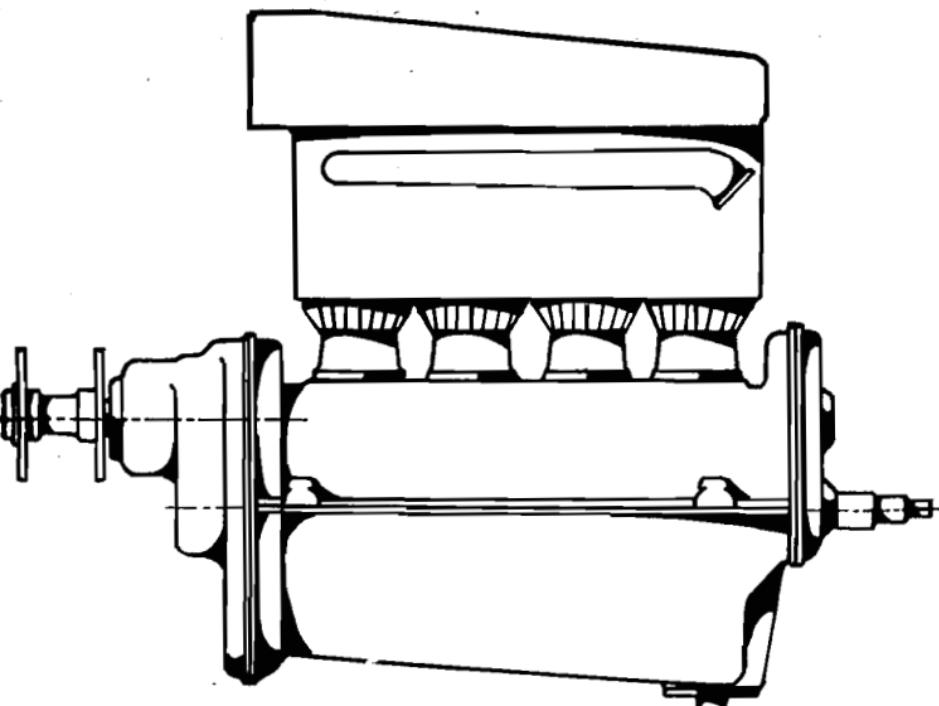
*En bas* : moteur Chaise, 4 cyl. en V, inversé, 25 cv., démultiplié.

*NOTA* : Tous les croquis de moteurs ont été réduits au 1/8, autant que la précision du clichage le permet, afin de les comparer facilement entre eux.

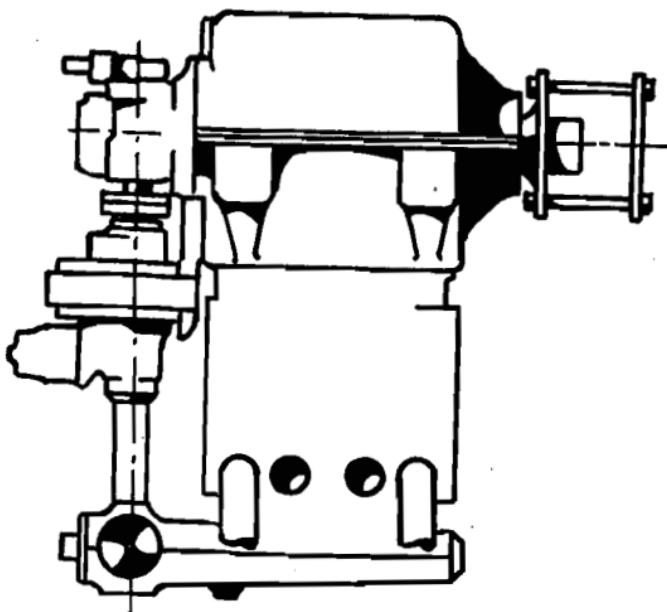


*En haut* : moteur Walter micron (Tchécoslovaque), 4 cyl. en ligne, inversé, 4 temps, 50 cv. à 2500 tours d'hélice, 60 kg.

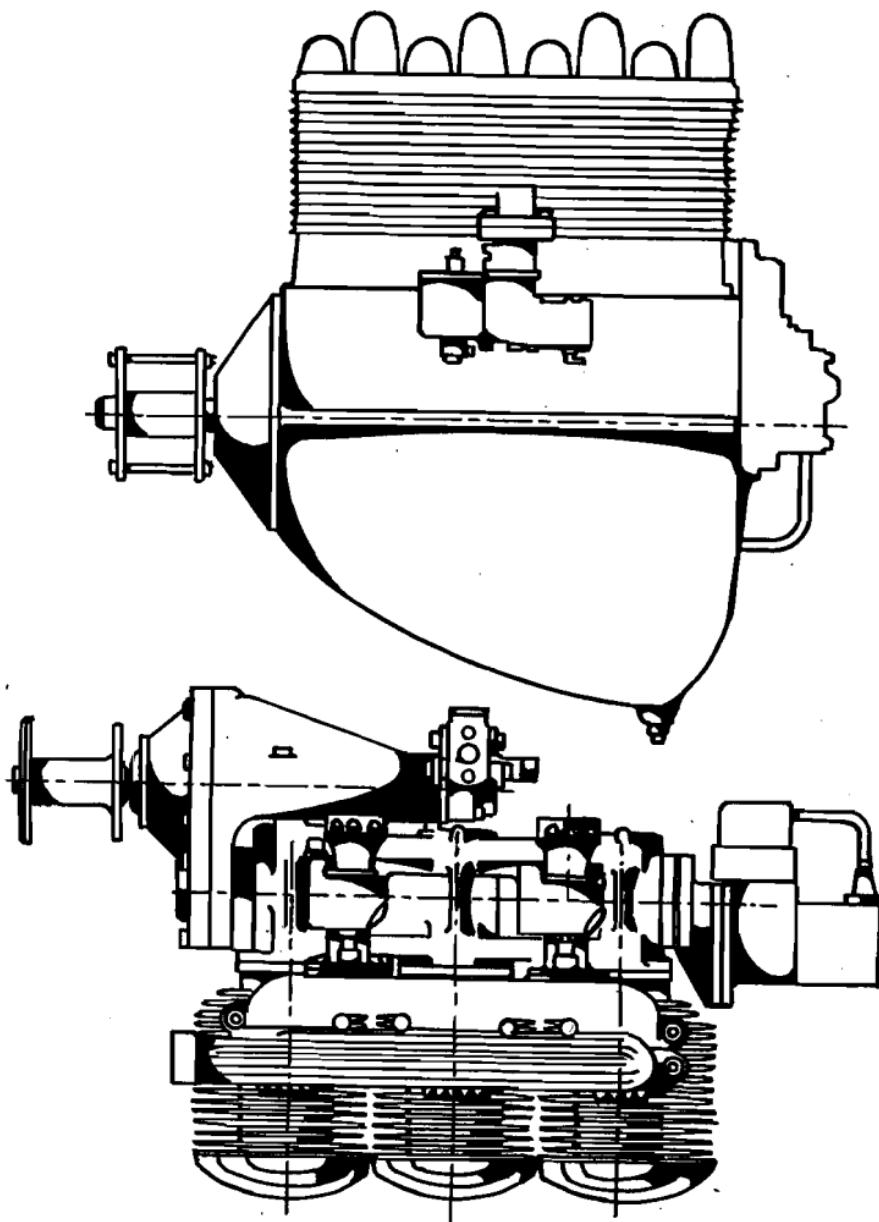
*En bas* : moteur A. V. A., 4 cyl. horizontaux, 2 temps, 30 kg., 25 cv. à 2400 tours d'hélice.



Moteur Sergeant, 4 cyl. à 4 temps, 16 cv. à 1400 tours d'hélice, 46 kg.



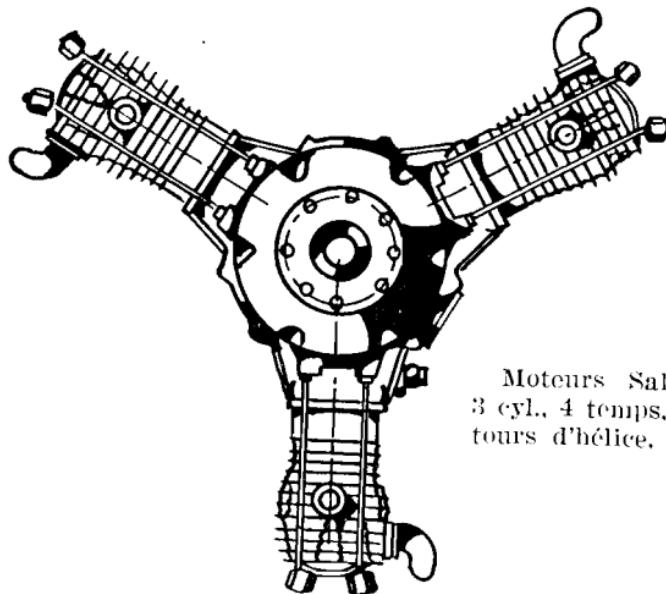
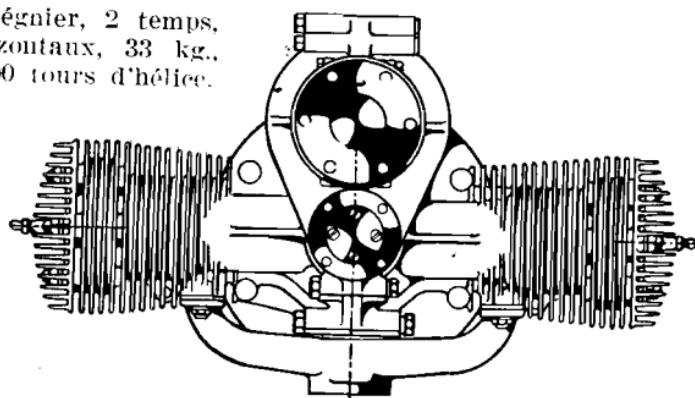
Moteur Train, 2 cyl. inversés à 4 temps (dérivé du 4 cyl.), 22 cv., 31 kg.



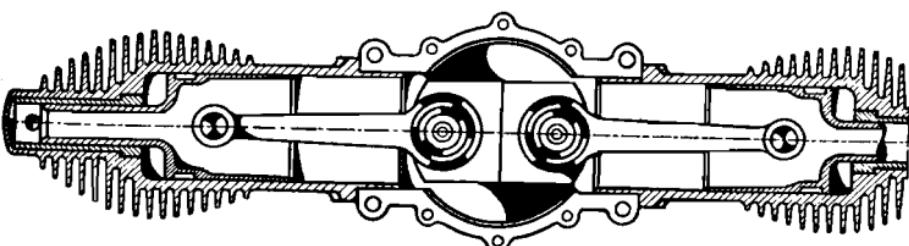
*En haut* : moteur Heath-Henderson (Américain), 4 cyl. à 4 temps, 27 cv. à 3000 tours d'hélice, 52 kg.

*En bas* : moteur Aubier et Dunne, 3 cyl. inversés à 2 temps, 53 kg., 27 cv. à 1600 tours d'hélice.

Moteur Régnier, 2 temps,  
2 cyl. horizontaux, 33 kg.,  
30 ev. à 2500 tours d'hélice.

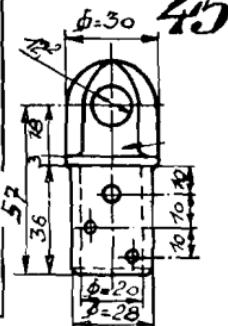
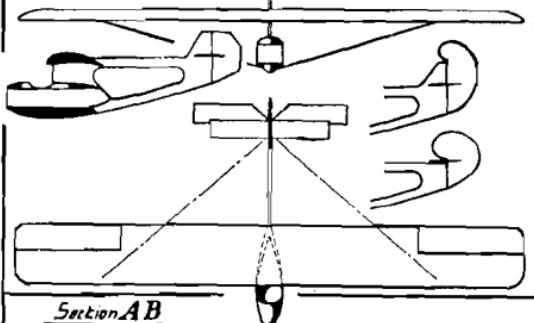


Moteurs Salmson, 3 AD,  
3 cyl., 4 temps, 16 ev. à 2000  
tours d'hélice, 34 kg.

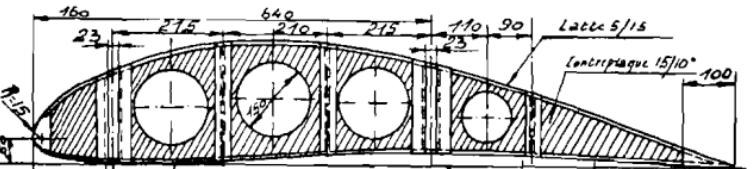
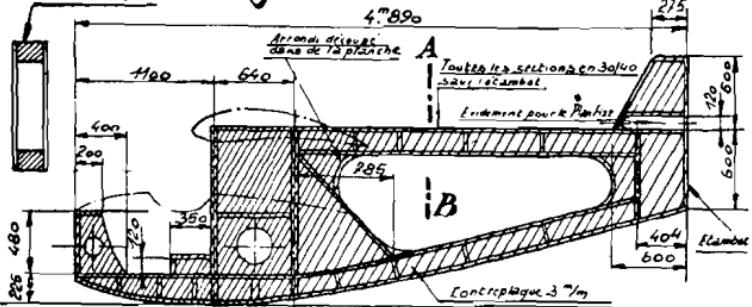


Moteur Schliha (Allemand), 2 temps, 2 cyl. horizontaux,  
34 ev. à 3000 tours d'hélice, 36 kg.

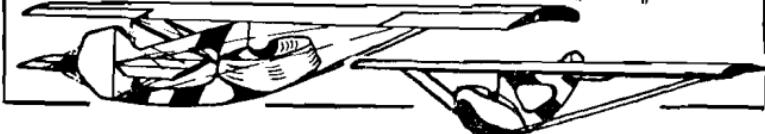
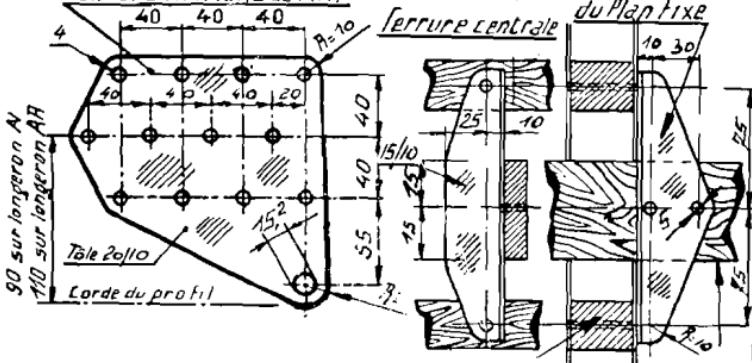
## PLANEUR CARÉNÉ



## Section AB



## FEUURE ATTACHE de MAT



## CHAPITRE VI

### DESCRIPTION CONSTRUCTIVE DE DIVERS APPAREILS

#### Planeur d'Entraînement caréné

La planche 45 montre les détails de construction d'un planeur à poutre dit « monobloc caisson ». Ce système de construction est, comme on l'a vu, très simple, et est caractérisé au point de vue facilité de fabrication par des assemblages à angle droit.

Le caissonnage en contreplaqué se prolonge à l'avant, à l'étrave, pour recevoir le cas échéant un moteur.

Le carénage est formé de couples, qui se montent facilement sur la poutre caisson.

Avec ce système de poutre caisson, les empennages, viennent pour ainsi dire « de forme ». Les détails divers de gouvernes de direction montrent les formes diverses que peut avoir cette gouverne.

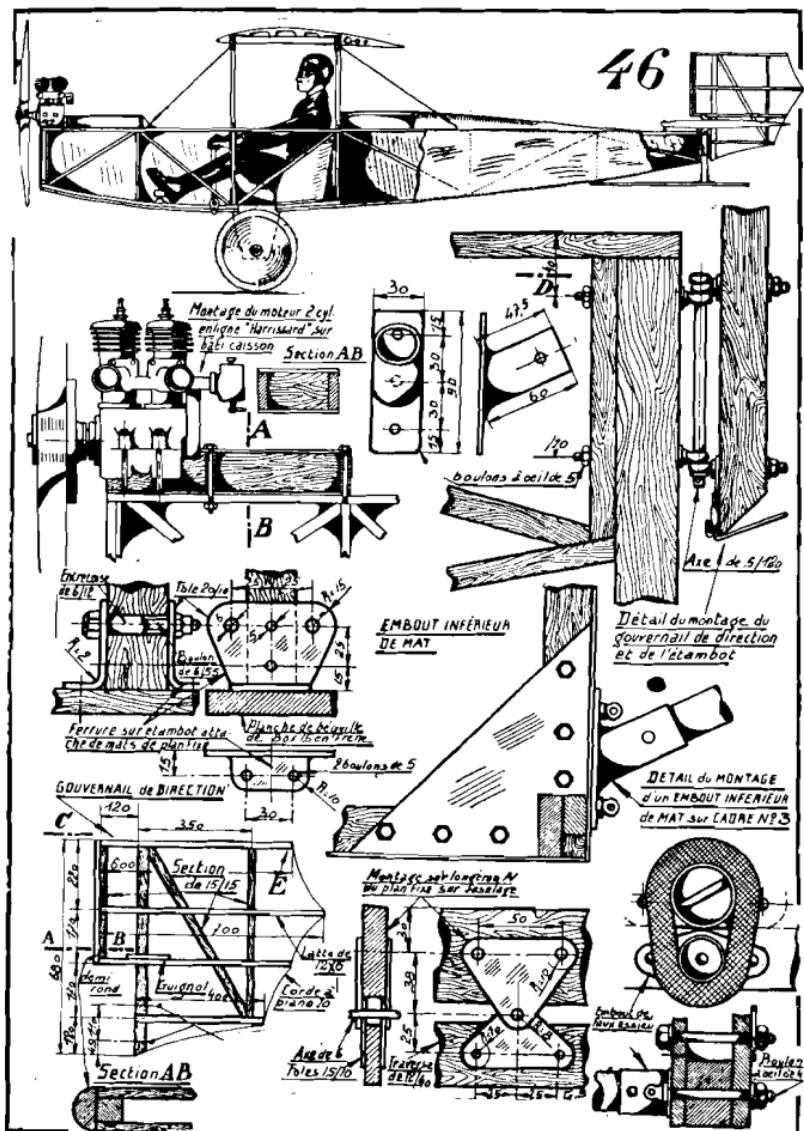
Dans cet appareil, la voilure est à longerons caisson de grand hauteur. Le détail d'une ferrure d'attache de mât montre la disposition des boulons, qui sont nombreux, afin de bien faire plaquer la tôle et répartir dans le longeron, la traction du mât.

Un autre détail, celui de la fixation de l'empennage sur la poutre, à l'aide d'une ferrure en L, se boulonnant à la fois sur un longeron de plan fixe et sur les traverses du caissonnage arrière de la poutre, est une réalisation très simple et très robuste.

Dans cet appareil, les embouts de mâts sont pris dans de la barre de dural.

#### Planeur à moteur auxiliaire

Ce petit appareil (planche 46) ressemble à une avionnette. Comme il est très léger, le pilote est placé sous l'aile afin d'éviter des couples de décentrement trop forts.



Les détails divers montrent l'assemblage de l'étambot, le montage d'un moteur Harrissard, des attaches de mâts, la gouverne de direction, etc.

## Planeur de performance

La planche 47 montre les détails de la construction d'un planeur de performance de 14 m. d'envergure, et de 14 m<sup>2</sup> de surface portante. Le poids de cette machine est de 90 kg., par conséquent assez léger.

Dans cette construction, le contreplaqué de 10/10 est presque partout utilisé.

La caractéristique principale de cette machine est la disposition de son patin central, en caisson de contreplaqué, qui s'encastre dans les cadres principaux du fuselage et se trouve lié avec les éléments de ces cadres.

De cette façon, la robustesse est très grande, car le poids du pilote, et le poste de commande, manche et palonnier, se trouve reposer directement sur ce patin central, auquel les efforts sont transmis, sans fatiguer la structure.

Ce patin central se prolonge sur une étrave largement dessinée pour pouvoir recevoir un moteur léger.

Le montage de l'empennage est effectué d'une manière analogue à celui du patin avant, par une bâquille caisson, encaissant les efforts locaux de la partie arrière.

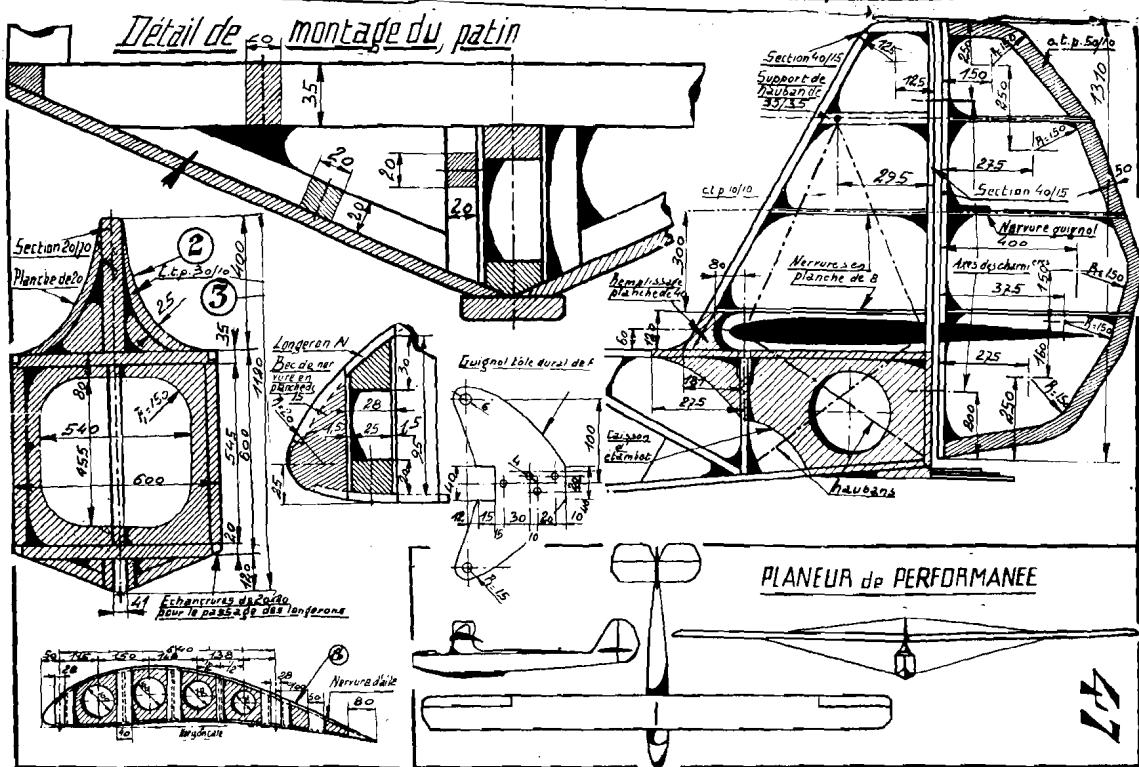
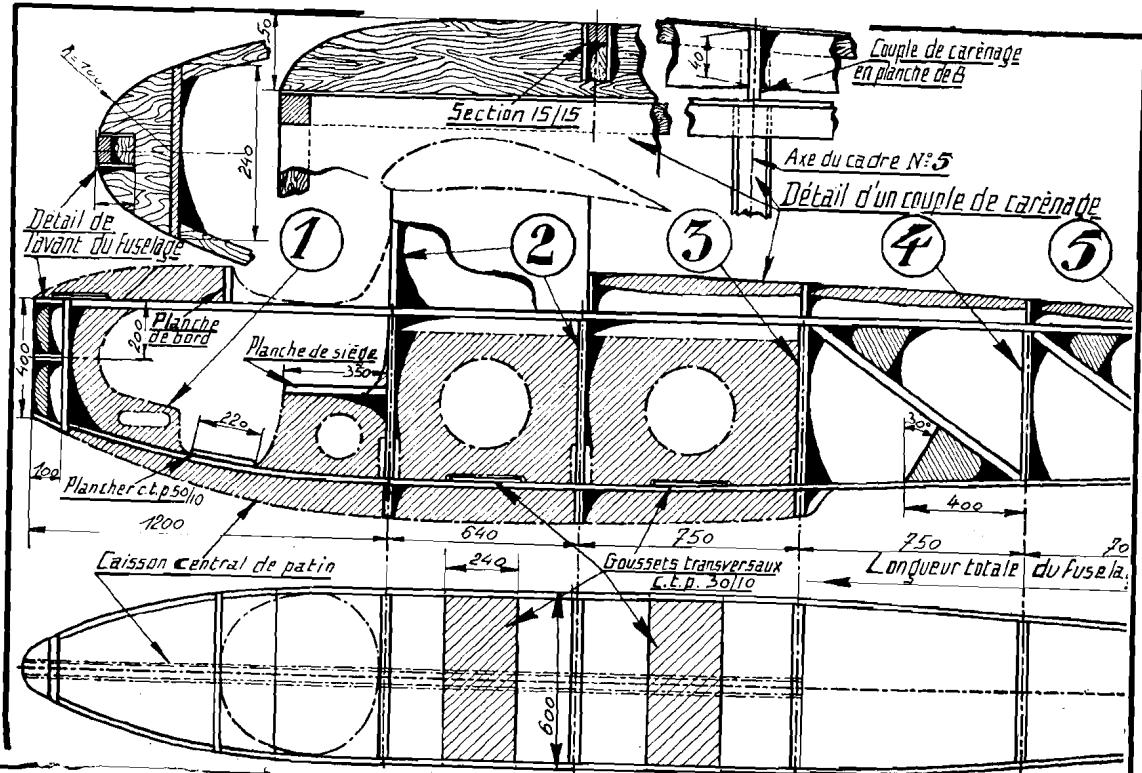
Le haubannage est en corde à piano. La construction d'un appareil de performance, à l'aide d'une aile rectangulaire, seulement amincie à la dernière extrémité de travée de nervure, est très simple et légère, et ses résultats sont comparables à ceux de la construction sans hauban, pour un prix moindre et beaucoup plus de facilités de fabrication et d'entretien.

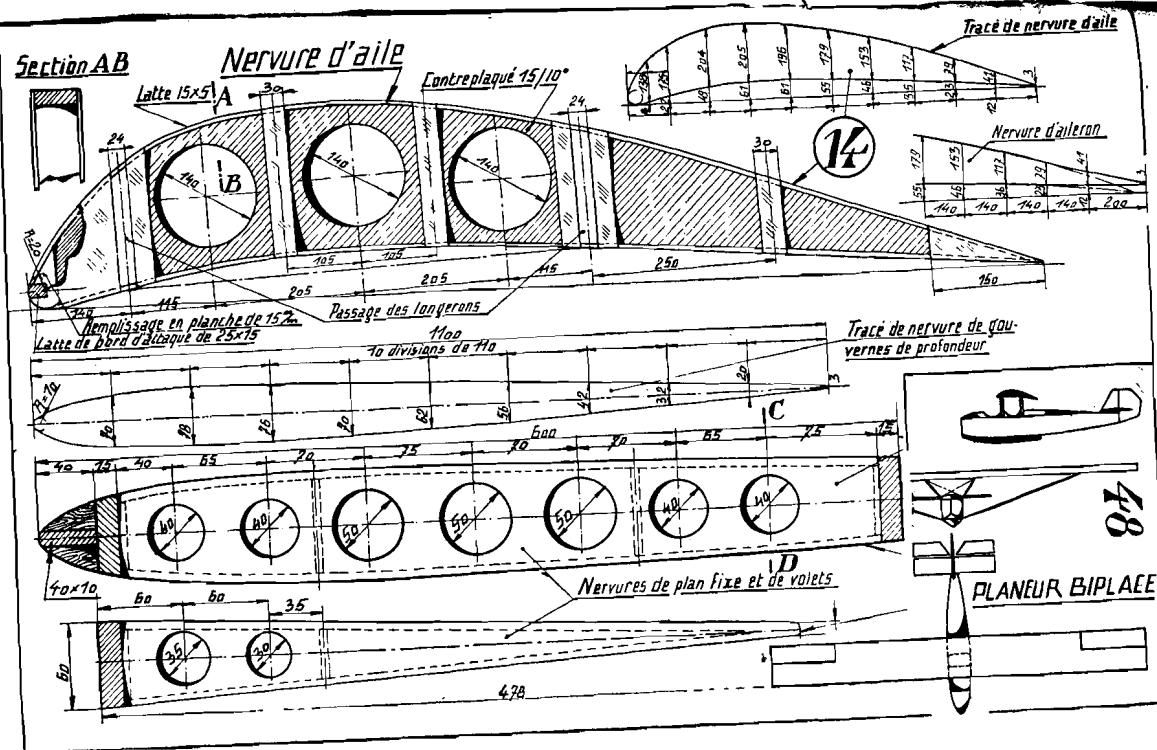
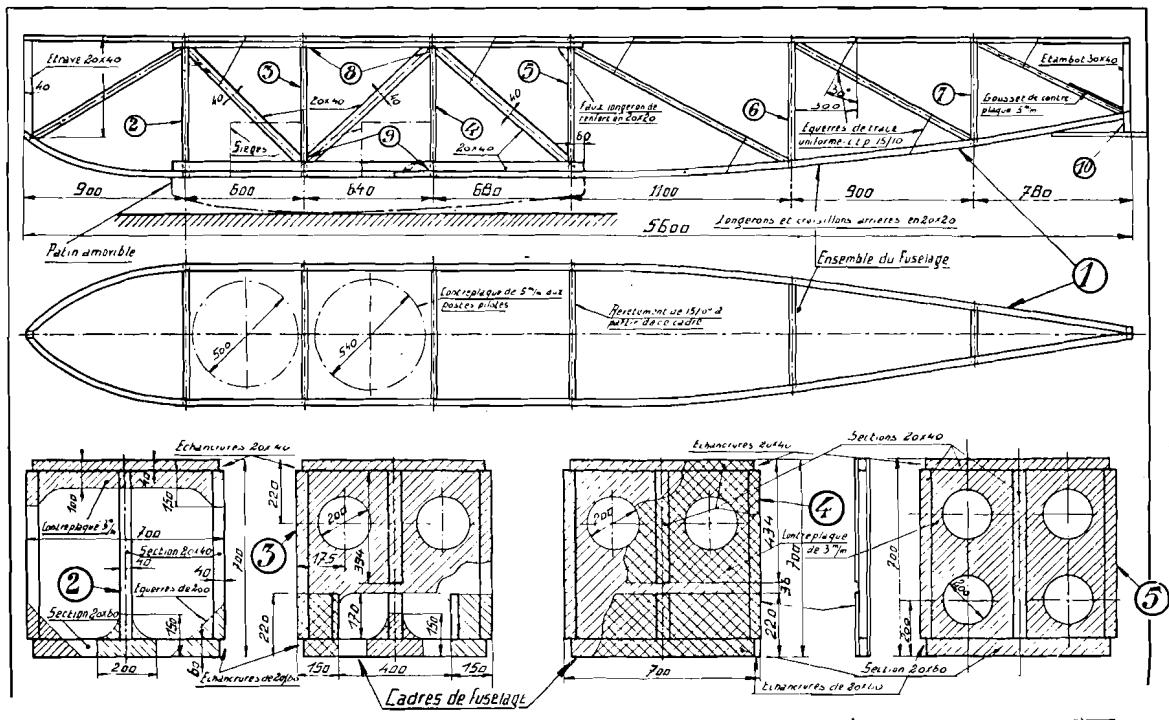
## Planeur biplace de performance

La planche 48 montre les détails du fuselage et de la voilure d'un planeur biplace.

L'envergure de cet appareil est de 12 m. 80, pour une surface portante de 18 m<sup>2</sup>. Le poids à vide est de 120 kg. et donne ainsi pour l'appareil en monoplace, une charge de 10 kg. 300 par mètre carré. La charge est de 14 kg. en biplace.

Le fuselage est constitué par des cadres carrés, à l'endroit des postes pilote et passager, ce qui donne de grandes facilités de montage.

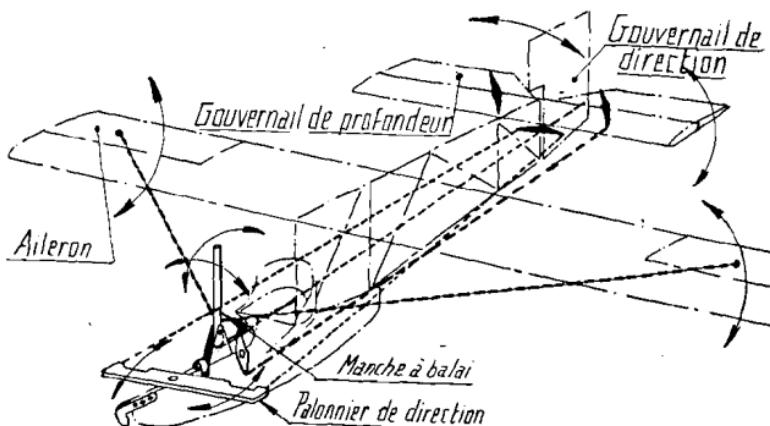




Ces cadres principaux sont munis de barres centrales et de caissonnage robuste en contreplaqué de 3 mm., pour supporter les efforts du patin central, qui forme une pièce à part et amovible.

Ce dispositif de patin amovible outre qu'il simplifie la construction, permet le montage facile d'un atterrisseur à roues. En effet, pour un planeur biplace, surtout en ce qui concerne les vols de piste, la solution à roues pour l'atterrisseur est d'un rendement assez élevé, car les décollages sont plus rapides, par conséquent les vols plus longs. Ceci avec la meilleure manœuvrabilité de l'appareil au sol, peut pour un groupement qui entraîne ses membres avec un biplace, augmenter le nombre de vols.

La construction des ailes, est très robuste par longerons caisson, et voilures à profil très porteur. Les détails donnés des nervures d'aile et d'empennage montrent le principe de cette construction, robuste et légère en même temps.



## CHAPITRE VII

### PILOTAGE DES PLANEURS

L'apprentissage du pilotage des planeurs peut se faire aisément, lorsqu'il est exécuté progressivement afin d'éviter les casses qui retardent, ou si elles ne sont pas dangereuses pour le pilote, peuvent interrompre longtemps quelquefois les vols.



Fig. 176

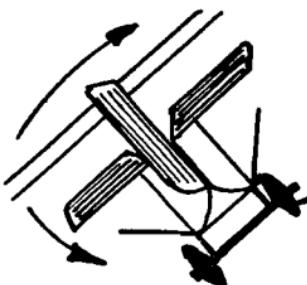


Fig. 180

Les planeurs à patins comme les planeurs à roues sont légèrement différents, mais, suivant la nature du terrain, il peut être préférable d'employer l'un ou l'autre système.

Le lancement du planeur s'effectue par un sandow. Pour cela, le sandow est muni dans son milieu d'une boucle (fig. 176) qui s'engage dans un crochet recourbé vers le bas, monté à l'avant du planeur.

Le crochet doit être très résistant et être fixé par plusieurs boulons sur une pièce de bois transmettant bien l'effort dans la poutre ou le fuselage.

Le planeur est placé face au vent. Il est facile de reconnaître la direction du vent en tenant un mouchoir ou en attachant après le montant de l'appareil un léger ruban.

Le terrain pour les premiers essais devra être très légèrement en pente. Le débutant apprendra progressivement à rouler au sol dans le planeur à roues et avec un appareil à patin central, à maintenir cet appareil équilibré dans le vent, ce qui est facile en actionnant les ailerons.

Nous allons décrire l'apprentissage de l'appareil à roues.

Le planeur étant orienté sur une piste assez longue, et

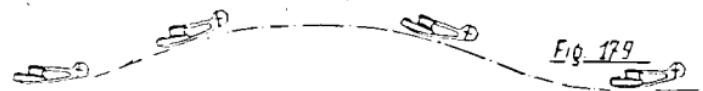
bien face au vent, qui doit avoir une vitesse d'au moins 5 à 6 mètres seconde, deux aides le retiennent en arrière, à l'aide d'une corde engagée dans les attaches de bêquille. Ces aides sont étendus sur le sol pour mieux se tenir et pour éviter que la queue soit trop haute.

Le manche est en ligne de vol ou légèrement tiré, pendant que l'équipe de lancement, qui pour les premiers tours de roue sera réduite à deux hommes, effectuera une dizaine de pas en s'écartant.

Il est bon que le pilote compte lentement les pas et surveille les deux équipes pour qu'elles soient à égale distance de l'axe de lancement, sans quoi, il se produirait un couple qui pourrait entraîner la machine de travers.

Au commandement de « halte », crié assez fort pour que tout le monde entende, les équipes de traction du sandow s'arrêtent. Un deuxième commandement de « attention » prévient tout le monde du lancement imminent.

Au commandement de « Hop », les aides retenant la bêquille lâchent et le planeur s'élance.



Dans les premiers essais, avec le sandow peu tendu, il faudra étudier comment se comportera l'atterrisseur et pousser le manche avec précaution pour se rendre compte de sa position exacte pour la mise en ligne de vol, c'est-à-dire la position horizontale. Il est, en effet, nécessaire que l'appareil soit bien horizontal et ait gagné de la vitesse pour tenter un envol.

Les essais se continueront en augmentant à chaque expérience le nombre de pas de l'équipe de traction, et lorsque la force de deux hommes sera insuffisante pour tendre le sandow à fond, il faudra en ajouter deux autres.

La figure 179 indique les manœuvres à effectuer pour le décollage et l'atterrissage.

Dès le premier vol, le sandow sera bien tendu pour donner un départ certain.

Au commandement de « Hop », le planeur étant lâché, pousser sur le manche et tirer très doucement pour décoller.

Aussitôt que le décollage est effectué, tenir le manche tiré pendant une ou deux secondes et le ramener au milieu.

L'appareil fait à ce moment un palier, et, pour descendre, il suffit de pousser légèrement.

Si le planeur est monté à une dizaine de mètres, le redresser à 2 ou 3 mètres du sol pour se poser.

Si l'atterrissement est un peu dur, tenir le manche au milieu, et ne pas le tirer, croyant que cela redresserait l'appareil, car il redécollerait aussitôt. Ce phénomène s'explique en ce que si l'appareil touche le sol violemment, c'est qu'il a encore trop de vitesse, et l'allègement subit du fait de son contact avec le sol, ainsi que l'élasticité de l'atterrisseur, a pour effet de le projeter en l'air. Des débutants font ainsi ce que l'on appelle des « bessonneaux ».

L'élève doit bien se pénétrer de cette idée que l'appareil n'obéit que si les manœuvres sont effectuées sûrement, mais avec précision. D'autre part, dans les débuts, le seul but à atteindre est de savoir piloter correctement en rase-mottes avant de se lancer dans les grandes descentes.

Quelques envols seront suffisants pour avoir la machine en mains.

Le décollage d'une planeur est presque instantané, car la traction du sandow est maximum au départ. Le sandow se dégage du crochet lorsque la machine est en l'air après un certain parcours. Toutefois, il faudra s'assurer que le crochet laisse bien tomber l'anneau, et, d'autre part, qu'il ne le lâche pas trop facilement.

Si, au départ, le manche est poussé trop longtemps, avec une très forte traction de sandow, cela peut faire capoter ou aller se jeter dans les équipes de lancement. C'est pourquoi il faudra, à chaque départ, tenter le décollage.

D'autre part, il ne faut pas rester trop longtemps en attente, car la fatigue du sandow peut amener une rupture, ou la fatigue d'un homme de l'équipe de lancement ou de retenue peut faire lâcher inopinément. C'est pour cela, que durant les manœuvres de traction, il faut avoir la main sur les commandes pour parer à un départ inopiné.

De toute façon, il faut prévenir l'équipe de lancement de ne jamais lâcher le sandow, car, à moins que l'appareil ne soit sur le point d'entrer en collision avec cette équipe, il peut se produire une forte inclinaison au départ, dangereuse seulement pour l'appareil. Si le sandow est lâché à ce mo-

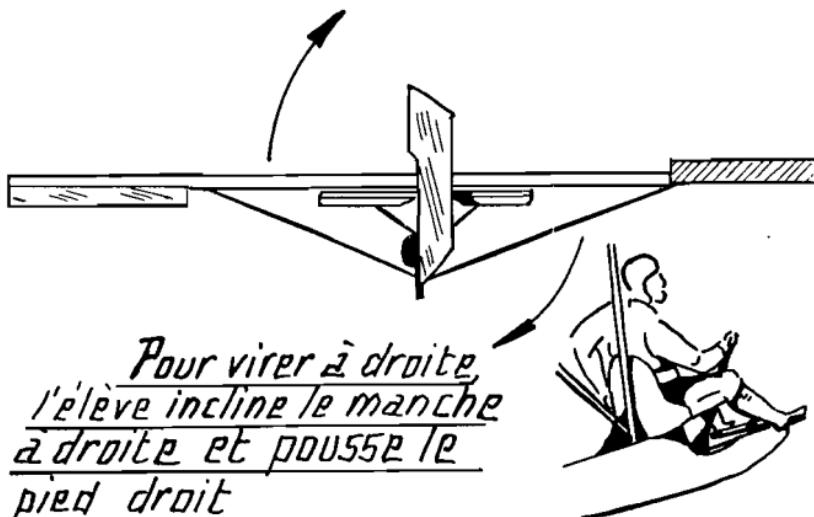
ment, il peut aller frapper l'équipe de retenue ou d'autres personnes, ou compromettre le redressement du planeur.

Ces règles étant bien établies, le lancement n'offre aucun autre danger.

Le départ étant instantané et la traction du sandow bien rectiligne, il n'existe pas, comme dans les avions à moteur la crainte de faire des « chevaux de bois ».

Le pilote doit toujours se soucier d'avoir une vitesse suffisante et éviter les cabrages et les apiquages trop prononcés, ce qui est le plus difficile à faire dans les débuts.

Il est bon de se tenir solidement avec la main gauche après une pièce solide de la machine, susceptible de ne pas se rompre en cas d'atterrissement dur.



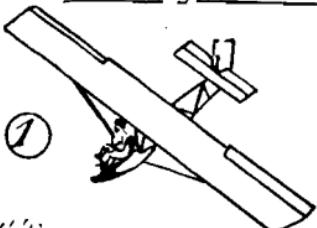
Au décollage, le sol donne l'impression de se dérober subitement. Il ne faut pas s'effrayer mais laisser monter quelques mètres. Pour atterrir, le sol semble aussi s'incliner. Quand l'appareil descend très penché, l'élève peut avoir la sensation d'un mur qui se dresse devant lui.

Les commandes répondent si elles sont maniées lentement, mais sûrement. Si la profondeur est agitée trop rapidement, l'effet est nul et l'appareil peut se mettre en perte de vitesse.

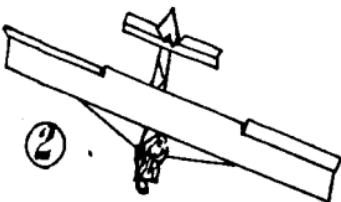
Quand une inclinaison latérale se produit, il faut, dès la sensation perçue, pousser le manche du côté opposé et à fond. En cas d'inclinaison brusque et considérable, le manche est

ramené au milieu dès la sensation de redressement. Ces manœuvres de redressement latéral peuvent se faire à n'importe quel moment d'inclinaison longitudinale. Pour faire les virages il faut les amorcer avec les ailerons et les redresser dès qu'ils commencent à être effectués. Le virage sera d'autant plus court que l'appareil aura été incliné, mais il est prudent dans les débuts de ne pas faire des virages trop penchés.

Les virages inclinés



L'élève amorce le virage du manche et au pied



Le virage étant assez incliné, pour le serrer davantage, tirer légèrement sur le manche en donnant des

pressions du pied, du côté opposé, pour "lâter" et "soutenir l'queue" - Redresser en mettant tout au milieu et en poussant légèrement le manche

Le virage se fait en même temps avec le palonnier qui actionne le gouvernail de direction. Seulement, le mouvement du palonnier est contraire à celui que l'on donne aux autres véhicules tels que bicyclette ou automobile.

Pour tourner à droite, il faut pousser le pied droit et pour tourner à gauche, il faut pousser le pied gauche. Il est à remarquer, qu'il ne suffit pas de pousser les commandes pour manœuvrer l'appareil d'une quantité exactement correspondante, mais que l'on doit les actionner autant qu'il est nécessaire pour amener un résultat.

D'autre part, dans les virages très inclinés, le gouvernail de profondeur devient gouvernail de direction, et réciproquement. Le pilote piquera en se servant du palonnier et virera en poussant ou en tirant sur le manche.

C'est dans la juste appréciation des manœuvres que se trouve la science du pilotage et ces manœuvres sont différentes en intensité suivant les types d'appareils.

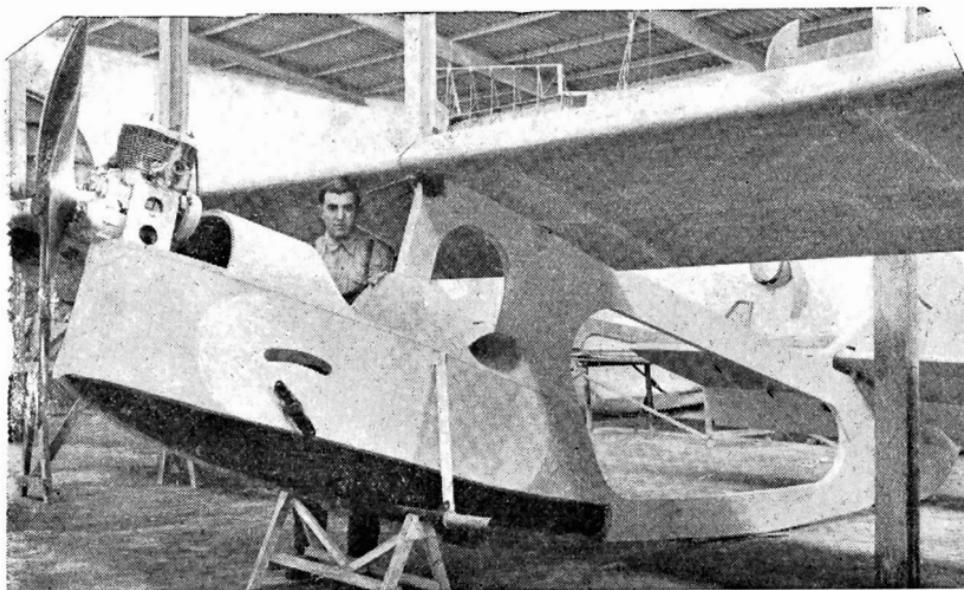
En cas de perte de vitesse, les commandes répondent

beaucoup moins, et il est nécessaire de piquer pour rattraper cette vitesse qui est indispensable pour rendre la machine manœuvrable et assurer la sustentation.

Pour le lancement, on emploie généralement du sandow de 15 mm. Une longueur de 30 à 40 mètres est suffisante.

Les appareils très légers, au-dessous de 100 kg., peuvent être lancés avec du sandow de 13.

Lorsque le pilote, connaissant bien son appareil, exécutera des vols planés de grande longueur, les départs se feront avec un vent de 8 à 10 mètres seconde. Il y aura lieu pour cela d'étudier le moment propice où souffle la rafale, qui, dans un vent régulier d'une vitesse donnée, produit à des périodes plus ou moins rapprochées et régulières, des accélérations momentanées de vitesse, dont il faut profiter pour s'élancer.



Motoplaneur biplace, avec montage du moteur Aubier-Dunne (Sablier, type 19). (Voir pages 10 et 118).

## CHAPITRE VIII

### CALCULS AÉRODYNAMIQUES ET DE CENTRAGE

L'étude aérodynamique d'un planeur est liée à la réalisation constructive. Nous allons donner quelques indications à ce sujet (1).

Le choix du profil pour une voilure est lié à l'utilisation de l'appareil. Pour des planeurs école, comportant des résistances à l'avancement assez élevées, quoique l'allongement de la voilure soit assez petit (de 6 à 8) on choisit habituellement un profil porteur, apte à procurer des décollages faciles, et à assurer une régularité de sustentation sur un grand nombre d'angles.

Il est à noter que la notion d'allongement est surtout celle qui guide le choix de profil, car plus l'aile est allongée, plus le profil choisi doit être porteur.

En effet, la diminution de résistance à l'avancement, est fonction du  $K_y$  ou coefficient de portance au carré.

Le croquis (fig. 174 bis) montre différents profils, obtenus par augmentation progressive de courbure, suivant les allongements progressifs.

Tandis que pour un allongement de 6, le profil est peu incurvé, à l'allongement de 20, il le devient très fortement.

En dehors de ces considérations d'allongement, le choix d'un profil porteur est plus indiqué pour un planeur, que pour un avion, car surtout pour un planeur école, il y a avantage à ce que le régime de vol, et la vitesse d'atterrissement soit la plus réduite possible.

Les exemples comparés des deux profils : fig. 184, montrent les différences entre un profil plat, et un profil arqué et bien porteur.

Le 70 A, qui a une bonne finesse, a une portance limitée à un  $K_y$  de 0,084, tandis que le 21 A a une portance maxi-

(1) Voir le *Précis d'aérodynamique*, R. G. DESGRANCHAMPS.

mum de 0,094. La différence est appréciable, car pour une vitesse de 10 mètres seconde, la charge au m<sup>2</sup> sera de 8 kg. 400 pour le 70 A, tandis qu'elle sera de 9 kg. 800 pour le 21 A.

D'autre part, la courbe de finesse du 70 A est trop pointue, ce qui rend le pilotage assez ardu, l'appareil, aux alentours de cette finesse maximum, ayant une disposition à prendre une grande variation d'attitude de vol, s'il s'en écarte tant soit peu. Ceci du fait de l'accroissement de résistance à l'avancement, qui n'est pas compensé par un accroissement de portance sensiblement parallèle, si l'appareil cabre, donne l'impression au pilote de « s'enfoncer ».

Si l'appareil s'enfonce, les gouvernes de profondeur, dont le profil peu porteur, s'accomode encore moins d'une trajectoire de vol plané trop accentuée, répondent encore moins.

Le profil 21 A, quoique sa courbe de finesse soit inscrite en dedans de celle du 70 A, peut rattraper aisément sa finesse moindre par un allongement de un ou deux points supplémentaires.

Il est à remarquer aussi, que l'angle de portance correspondant à l'angle de minimum de puissance, sera plus élevé pour un profil porteur, ce qui contribue à la qualité aérodynamique de l'ensemble.

Enfin les déplacements de centre de pression, ne sont guère plus élevés pour des profils porteurs, que pour des profils peu porteurs, c'est ainsi que pour les exemples choisis, les déplacements de centre de pression sont semblables pour le 70 A et le 21 A, c'est-à-dire de 33 à 48 %.

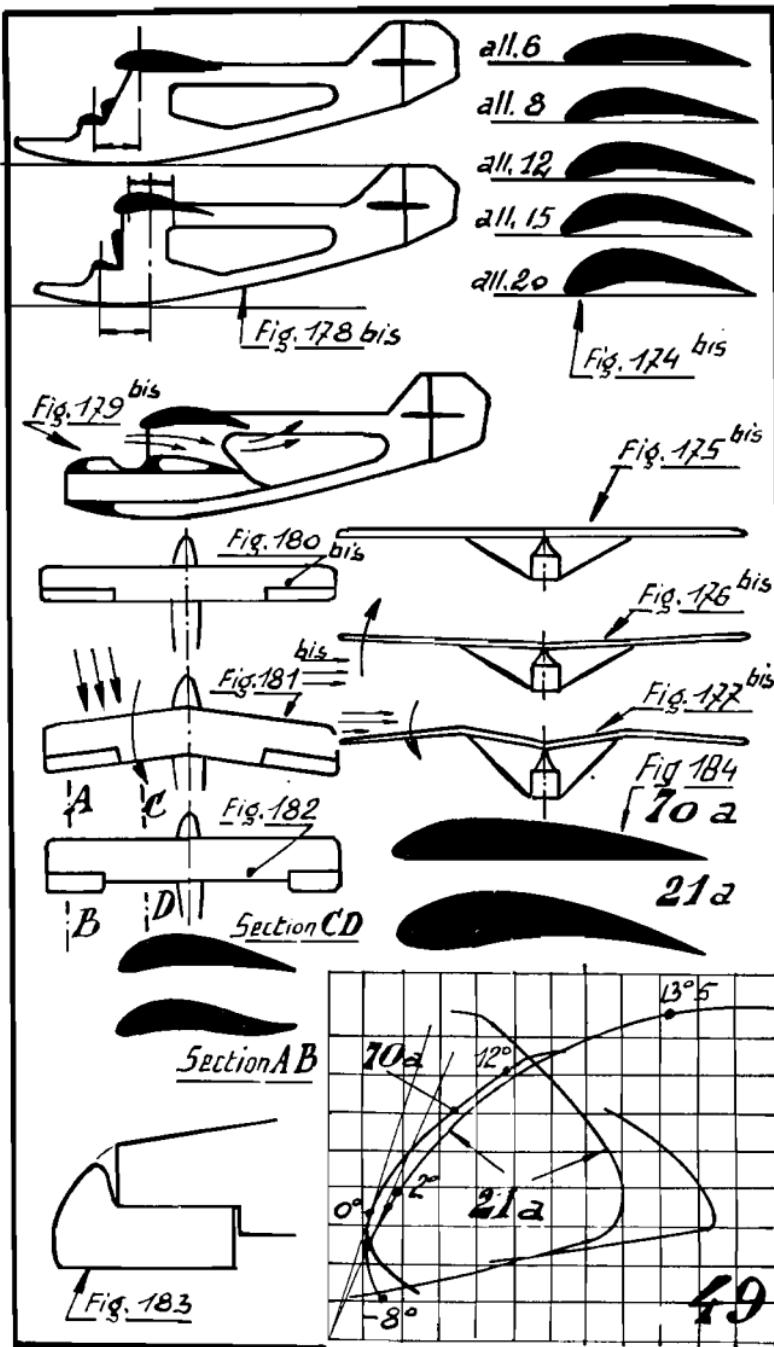
Toutefois, les profils porteurs ont une tendance à avoir la moyenne de leur centre de pression plus en arrière que pour les autres. Le centrage en est facilité.

En effet, on remarque que sur le croquis fig. 178 bis, l'emploi d'un profit peu porteur est très en avant (soit 25 %) nécessite un avancement correspondant du poids du pilote vers l'avant afin de donner un centrage convenable.

Il s'ensuit une construction plus allongée vers l'avant qui entraîne l'usage de barres obliques, causes d'efforts supplémentaires se répercutant dans la structure.

D'autre part, la dérive nuisible se trouve augmentée sur l'avant.

Le croquis B, montre que l'emploi d'un profil porteur, dont le centre de pression est plus en arrière, outre qu'il



favorise la position des longerons dans la partie la plus épaisse du profil, entraîne une construction dont les éléments sont plus rapprochés.

Sur la fig. 179 *bis*, la réalisation du planeur, convenablement caréné, montre que l'écoulement des filets d'air, s'il est ainsi bien réalisé, assure une bonne qualité de finesse, ainsi qu'un rendement meilleur de la voilure, par suite de la diminution des interactions.

Outre les considérations de profil, les voitures offrent des particularités de formes.

Fig. 175 *bis*, montre une voiture droite.

Fig. 176 *bis*, une voiture en dièdre.

Les voitures en dièdre offrent une certaine stabilité par temps calme, car l'aile qui penche vers le bas, se présente plus normalement à l'air, tandis que l'autre diminue de sustentation ce qui a tendance à ramener l'appareil horizontalement.

Toutefois, ces voitures sont instables en air agité, car lorsque le vent se présente de travers, il a tendance à faire basculer l'appareil. (Voir le sens des flèches).

La voiture en M (fig. 177 *bis*) évite cet inconvénient, et tend au contraire à faire virer l'appareil dans le sens du vent. D'autre part, cette forme de voiture augmente sensiblement la qualité sustentatrice.

La stabilité de route, c'est-à-dire en direction est obtenue d'autre part en donnant une forme en flèche à la voiture (fig. 181 *bis*).

Dans cette voiture en flèche, l'appareil s'oriente dans la direction du vent, car l'aile qui se présente plus normalement à cette direction, a tendance à virer, du fait de l'accroissement de résistance qu'elle reçoit.

Du reste la solution de l'aile en flèche rend mieux, lorsqu'elle est combinée avec un dièdre, qui dans un autre sens, s'oppose à la tendance à l'inclinaison latérale, lorsque la voiture est soumise à un vent de côté.

La maniabilité est plus puissante avec une aile droite comme la fig. 180 *bis*.

D'autre part, les ailes en flèches, occasionnent une construction plus compliquée, du fait des pentes qu'ont tous les éléments constructifs, ainsi que de l'amorce de recul qu'a déjà la voiture et qu'il s'agit de compenser.

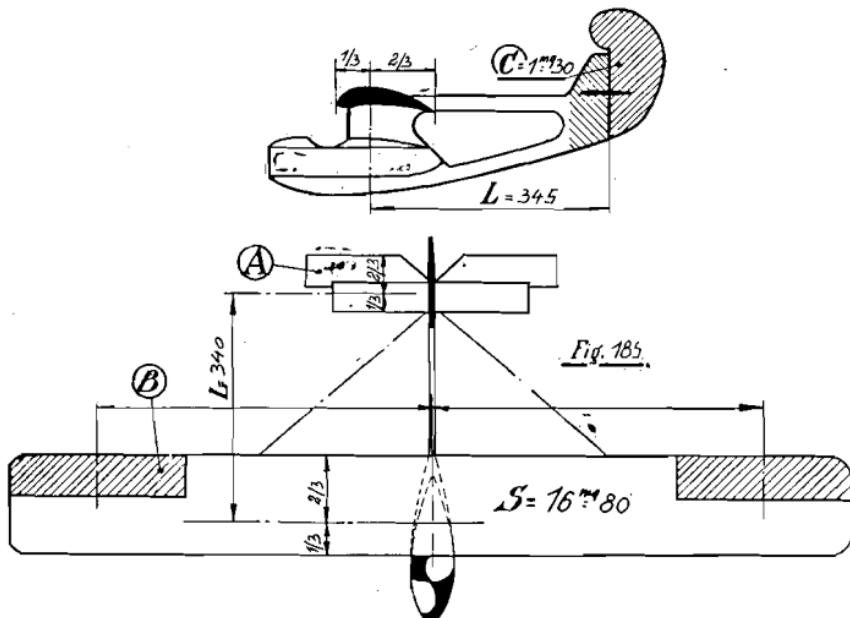
La stabilité de route due à l'aile en flèche, peut s'obtenir dans une grande mesure avec une aile droite, lorsqu'on la munit d'aileron dépassants (fig. 182), dont le profil assez relevé, donne aussi de la stabilité latérale, ainsi qu'une grande maniabilité d'aileron.

Afin d'accroître la maniabilité les ailerons peuvent être outre dépassants de la largeur de la voilure, dépassants de son envergure, et apporter ainsi un accroissement de surface, dont la position très éloignée du centre de gravité ajoute au rendement (fig. 183).

## Calcul de maniabilité et des surfaces de gouverne

### Profondeur

Les profondeurs peuvent être à portance nulle, à effet né-gatif ou porteur.



Du fait de la diminution d'action qu'ont les gouvernes à effet porteur ou négatif, il convient de leur donner une surface plus largement calculée que pour l'empennage nul.

Certaines dimensions sont données pour déterminer très rapidement ces surfaces.

La surface d'un empennage horizontal, comprenant le plan fixe et les volets de profondeur, est comprise entre le 1/6 et le 1/10 de la surface de la voilure.

Le bras de levier d'empennage est compté, depuis le 1/3 avant de la voilure, au 1/3 avant des gouvernes de profondeur (fig. 185). (Bras de levier L).

Le « moment d'empennage » est égal au produit de la surface de gouverne, par le bras de levier.

Ce « moment d'empennage » doit avoir une valeur comprise entre 6 et 10.

Le moment d'empennage doit être en fonction de la surface de voilure.

Le coefficient ainsi obtenu doit être compris entre 0,40 à 0,80.

Ajoutons que le bras de levier est compris entre une longueur de 3 à 4 mètres.

En effet, pour atteindre le moment d'empennage convenable, on ne peut employer une très petite surface de gouverne placée à une très grande distance de la voilure et inversement.

D'autre part, pour des raisons d'interactions de la voilure, et pour que la manœuvre de l'appareil s'effectue avec une amplitude de mouvement convenable, le bras de levier de l'empennage est à une distance comprise entre 3 et 4 mètres.

Enfin, on doit vérifier si le moment d'action est suffisant par rapport au poids de l'appareil.

Il doit être compris entre 0,025 à 0,055.

On obtient ce produit en divisant le moment d'action par le poids de l'appareil monté.

Nous donnons un exemple de ces différents calculs :

Surface principale :  $S = 16^{m^2}, 20$ .

Levier d'empennage :  $L = 3^m, 40$ .

Surface d'empennage :  $A = (1/8 \text{ de } S) = 2^{m^2}, 20$ .

Moment d'empennage :  $A \times S = 2^{m^2}, 20 \times 3^m, 40 = 7,48$

Coefficient du Moment par la Surface :

Moment  $S = 7,48 : 16^{m^2}, 80 = 0,44$ .

0,44 est compris entre 0,40 et 0,80.

Moment d'empennage par rapport au poids :

$7,48 : 180 \text{ kg.} = 0,041$

Ce chiffre est compris entre 0,025 et 0,055.

Pour tirer un bon parti des gouvernes, il faut que la construction de l'appareil soit très légère, pour la partie arrière de poutre, et l'empennage, afin que l'inertie pour manœuvrer ces masses soit la plus réduite possible.

En effet, le rendement de ces gouvernes, est surtout fonction de l'inertie de l'appareil, qui peut être due à des résistances aérodynamiques, comme à des poids mal répartis.

Plus les appareils sont lents, plus l'action des gouvernes doit être puissante.

D'autre part, on doit veiller à ce que les profils d'empennage soient en accord avec les profils de voilure et le centrage. Pour un appareil dont la voilure est très porteuse, et susceptible d'assurer la sustentation à des angles de cabré assez forts, il faut que le profil d'empennage soit assez épais, pour que sa portance soit encore puissante aux grands angles, ou le pilote redressera un cabré par exemple.

Sans quoi, si le profil d'empennage, tombe en perte de vitesse, lorsque le cabré est trop grand, l'appareil a tendance à cabrer encore.

Les empennages négatifs offrent plus de sécurité à ce sujet, car la position de quelques degrés négatifs par rapport à la voilure, qu'ils ont déjà par leur calage, leur assure une moindre incidence aux grands angles.

Les empennages porteurs, doivent avec une surface plus grande ,du fait de leur effet diminué par une fraction de leur portance qui est affectée au centrage de l'appareil.

Ces empennages sont quelquefois recommandés, car on apprécie que leur emploi donne une finesse aérodynamique au planeur, car au lieu d'avoir une portance négative comme d'autres dispositifs, qui amènent une surcharge de plusieurs kilogrammes, ils procurent une sustentation supplémentaire, qui allège la voilure d'autant.

Ce résultat peut s'obtenir dans le cas d'une réalisation très soignée au point de vue concentration des masses, car l'empennage porteur devant avoir à égalité d'efficacité manœuvrière, une surface plus grande que l'empennage négatif, il s'en suit que le gain de finesse ainsi obtenu sera annulé par les résistances à l'avancement de la surface qui devra être ajoutée en supplément.

Enfin, nous ajouterons, que plus l'empennage a un couple compensant en vol normal une position du centre de

gravité écartée du centre de pression (empennage négatif ou porteur, correspondant à des centres de gravité placés avant ou derrière le centre de pression), plus la stabilité sera grande pour le pilote, car l'empennage a dans ce cas une analogie, entre une bascule et une balance trop sensible.

On voit que la réalisation d'une cellule : voilure et empennage, est un compromis entre un certain nombre de données

### Ailerons

Leur surface est déterminée d'une manière analogue à celle des gouvernes de profondeur. Le bras de levier des deux ailerons doit être pris du centre de leur surface, à l'axe de l'appareil.

Le moment d'action est égal à la surface des deux ailerons multipliée par leur bras de levier. Ce moment d'action doit être égal à un chiffre compris entre 8 et 20.

D'autre part, le coefficient de ce moment d'action par rapport à la surface doit être de 0,5 à 0,9.

Soit les ailerons de surface B, considérés sur l'exemple.

Leur moment d'action est de :  $B \times L$   
soit  $3^{m^2} \times 4^m, 80 = 14,40$ .

Moment d'action par rapport à la surface de voilure :

$$14,40 : 16^{m^2}, 80 = 0,85$$

La largeur de l'aileron est comprise entre 0,40 à 0,25 de la largeur de l'aile.

On utilise guère pour des planeurs, les ailerons de petite surface et de grande longueur, car ces appareils lents, doivent avoir une modification assez considérable de la courbure de leur profil, pour avoir un bon rendement.

### Gouvernes de direction

Sur la fig. 185, on voit que les gouvernes de direction, comportent le gouvernail de direction et une certaine partie de poutre, formant dérive, que l'on estime faisant partie de la surface totale déformée par l'action du gouvernail.

La surface totale de cet empennage doit être telle que le moment d'action ait pour valeur un chiffre compris entre 3 et 8.

Le coefficient de moment d'action par rapport à la voilure doit être entre 0,02 et 0,03.

Le bras de levier L est déterminé par la distance entre le centre de pression de la voilure (grossso modo au 1/3 avant de cette voilure) et l'étambot.

Dans l'exemple nous avons : surface de gouvernes :

$$C = 1 \text{m}^2, 30.$$

$$\text{Bras de levier } L = 3 \text{m}, 45.$$

$$\text{Moment d'action : } 1 \text{m}^2, 30 \times 3 \text{m}, 45 = 4,49.$$

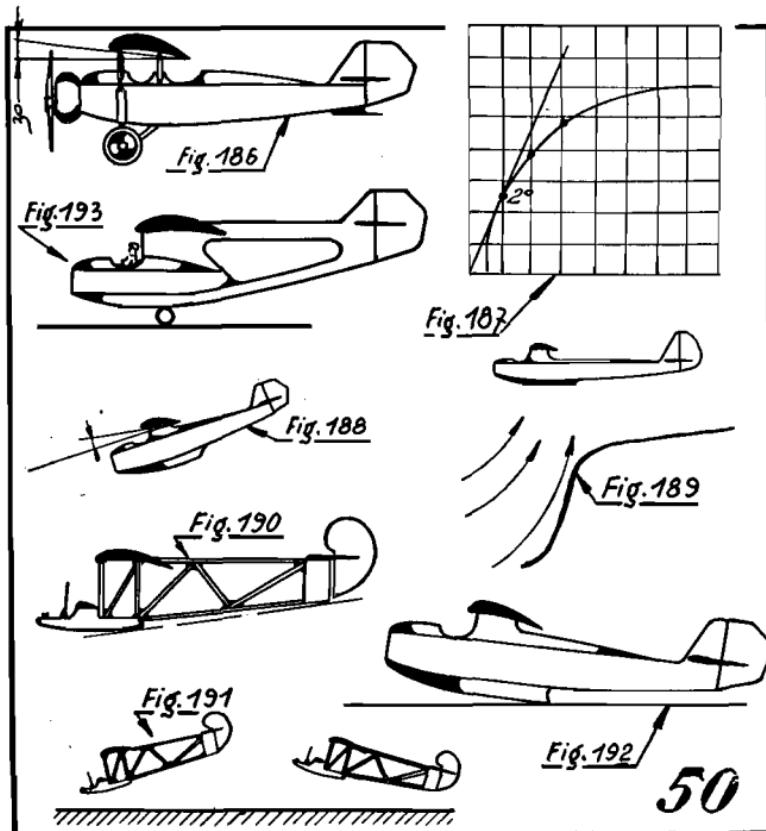
Coefficient du moment d'action par rapport à la voilure :

$$4,49 : 16 \text{m}^2, 68 = 0,027.$$

compris entre 0,02 et 0,03.

### Centrage

Sur un avion (fig. 186), on cale la voilure à un angle dit de « minimum de puissance » l'appareil étant en ligne de vol horizontal.



Pour un appareil en vol plané, la trajectoire descendante du vol plané, est la ligne de vol normale de l'appareil, et l'angle est disposé de la même façon.

Toutefois, pour les appareils de vol à voile (fig. 189), dont la ligne de vol, qu'ils maintiennent sur les courants ascendants ou thermiques, est due à une composante de direction des filets d'air, il peut être opportun de caler la voilure à un angle de 2 ou 3 degrés moindre que le même calage pour un avion.

Cela évite ainsi au pilote d'avoir à pousser par trop souvent le manche, lorsqu'il évolue longtemps sur ces courants.

Toutefois, comme pour l'atterrissement il devra cabrer davantage, il faut mettre un dégagement suffisant au patin (fig. 192).

Ceci afin aussi de pouvoir prendre les cabrés suffisants au départ.

Pour les appareils d'école de piste, il est intéressant au contraire d'augmenter un peu le calage de l'aile sur l'angle de minimum de puissance.

On peut mettre ainsi 1 ou 2 degrés de plus.

Cela permet d'avoir au moment du départ une incidence apte à faire monter l'appareil, sans que le pilote ait à manœuvrer par trop le manche, ce que les élèves ont toujours tendance à faire avec brusquerie.

Egalement au moment de l'atterrissement, le planeur sans être trop cabré, quand l'élève fait son « arrondi » et surtout à l'instant de la prise de contact avec le sol, la voilure ayant une certaine incidence, reprend la sustentation.

Ceci parce que les élèves ont plutôt tendance à « sonner » les appareils.

Ces écarts dans le réglage ne peuvent s'effectuer d'autre part qu'avec l'emploi de profils porteurs ayant une portance répartie sur un déplacement angulaire assez grand.

L'angle de minimum de puissance s'obtient en tracant sur une polaire une tangente, venant de l'origine des graduations qui indique l'angle de « finesse maximum ».

L'angle de minimum de puissance est un à deux degrés en dessus, du fait de l'adjonction des résistances à l'avancement de l'appareil, à celles du profil de l'aile, qui changent la position de l'angle de « finesse maximum ».

## Recherche du centre de gravité

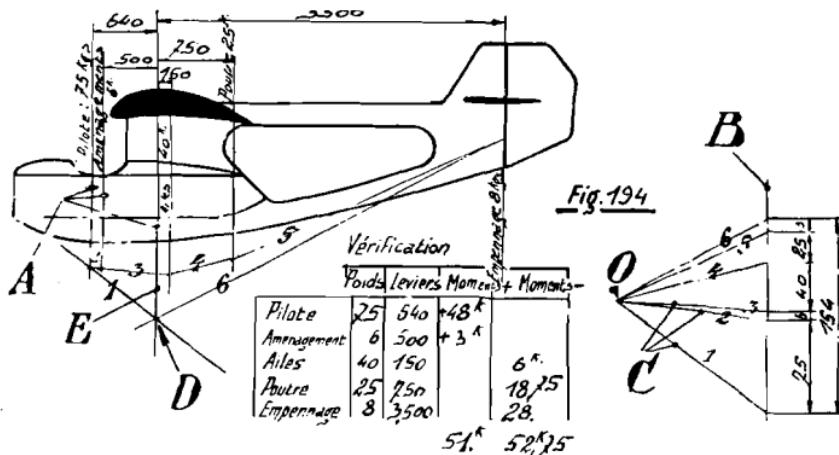
L'appareil étant terminé, on vérifie le centrage, en le mettant en bascule (le pilote étant dessus) sur un rouleau, (fig. 193).

Le centre de gravité se trouve grossièrement au 1/3 avant de la voilure.

Nous indiquerons plus loin les façons de centrer un appareil et de corriger les erreurs de centrage.

Pour déterminer le centre de gravité de l'appareil, indispensable, pour établir ce centrage, on emploie une méthode graphique très simple, celle du polygone funiculaire.

Sur un croquis de l'appareil, on trace des verticales, au droit de chaque poids de détail de construction que l'on aura calculé.



Il faut évidemment placer ces verticales au centre de gravité de chaque charge.

D'autre part, sur une verticale B, on trace à une échelle quelconque les charges figurées dans l'ordre sur le croquis de l'appareil.

Par exemple on trace ces charges en prenant le millimètre pour un kilogramme.

On tracera un point à 75 kg., 6 kg., 40 kg., en millimètres, ces mesures correspondant aux poids du pilote, des aménagements, des ailes, etc.

Ensuite, on réunit ces points, à un pôle O, placé à un endroit quelconque, mais de manière à fournir une épure claire.

Les lignes C ainsi numérotées 1, 2, 3, etc. sont reportées, parallèlement à l'aide de deux équerres à dessin que l'on fait glisser l'une contre l'autre, sur l'épure du croquis de l'appareil.

Ces parallèles se rejoignent à la suite l'une de l'autre à l'intersection de chaque verticale A.

On remarque que les deux forces extrêmes 1 et 6, partent des verticales extrêmes, et se rejoignent au point D.

Sur ce point D, on tracera une verticale E qui sera la verticale du centre de gravité cherché.

### Position des empennages

Suivant que l'appareil a son centre de gravité en avant, en arrière du centre de pression, ou sur ce centre de pression, il est centré ainsi qu'on l'a déjà vu, empennage négatif, porteur, ou nul.

Du fait de ces dispositions, une position convenable des gouvernes de profondeur dépend.

C'est ainsi que pour un empennage porteur, l'empennage devra dans le centrage en hauteur, se trouver en dessous ou sur l'axe du centre de gravité.

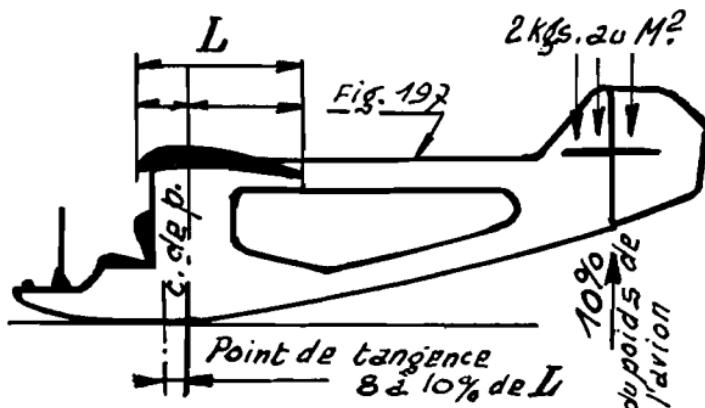
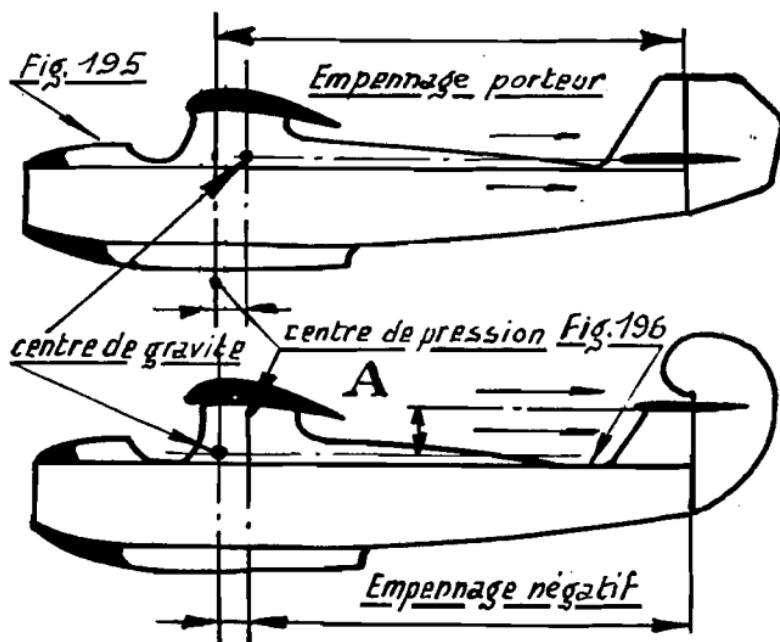
La construction des appareils à fuselage effilé, ne permet guère du reste de placer ces gouvernes très bas (fig. 195) car elles seraient trop près du sol, ce qui pourrait provoquer des avaries.

On peut tout au moins les placer sur l'axe du centre de gravité.

D'autre part, pour un appareil à gouvernes de profondeur négatives, on disposera ces gouvernes sur le centre de gravité, en établissant au besoin une surélévation de la poutre ou du fuselage à cet endroit.

Cette disposition, donne une meilleure action à la gouverne, car, du fait de la différence de niveau A, la résistance à l'avancement qui est provoquée quand l'empennage est manœuvré, ou quand il y a un coup de vent, s'ajoute à l'action de l'empennage.

Si le montage de ces gouvernes était inverse, ce couple diminuerait au contraire l'action de l'empennage. Aussi, une bonne disposition de gouverne, est indispensable, pour la stabilité.



Enfin, l'écart entre le centre de gravité et le centre de pression, doit être environ de 8 à 10 % de la largeur de la voilure.

Lorsque l'appareil repose en ligne de vol, sur ses roues, ou sur le point de tangence du patin, l'effort pour soulever l'arrière de l'appareil, sur l'étambot doit être environ du 1/10 de son poids en charge.

D'autre part, le couple négatif, ou positif, que l'on attribue à l'empennage, pour équilibrer le bras de levier du poids de l'appareil (centre de gravité) au centre de pression correspondant à l'angle de minimum de puissance, est d'environ 2 kg. par mètre carré (fig. 197).

On voit que le centrage n'est pas une opération qui effectue l'appareil terminé, mais qui s'étudie dès le début de l'étude de l'appareil.

En effet, la concentration des masses et la disposition des gouvernes ainsi que leurs calculs de surface, doivent être déterminés très exactement, en prévoyant une marge pour les erreurs éventuelles.

C'est à ce moment que l'art du constructeur intervient, pour établir un ensemble constructif apte à donner les meilleurs résultats au point de vue constructif.

En effet, l'utilisation judicieuse des matériaux, doit permettre une construction qui ne doit pas s'écarte dans de trop grandes proportions du poids qui est à l'origine du projet.

Pour les planeurs, il importe de placer le pilote le plus près possible du centre de gravité (fig. 197).

En effet, les pilotes étant de poids variables, la correction du centrage se fait avec l'empennage, et est limitée.

Si le pilote est trop en avant, les corrections doivent être trop accentuées.

De toute façon, l'appareil est centré pour un poids moyen de 80 kg., si le centre de gravité est un peu en avant du centre de pression correspondant à l'angle de minimum de puissance.

Si l'opération de vérification sur l'appareil terminé (fig. 193) révèle un écart, il peut être corrigé en fixant un lest à l'étambot.

De cette façon, les corrections à faire du fait de la différence de poids des pilotes sont minimes.

Le système qui consiste à centrer l'appareil avec un déplacement du poids du pilote est défectueux, car la dimension généralement calculée juste des aménagements du poste pilote, ainsi que la position des organes de commande, ne permet guère cette opération.

Toutefois, il faut éviter l'usage du lest dans la queue, car ce lest enlève de la maniabilité.

La planche 25, montre une réalisation de poutre en tubes d'acier qui a donné des résultats remarquables au point de vue de la correction du centrage, avec pilotes de poids différents.

En effet, des pilotes pesant 50 et 110 kg., sont montés alternativement sur cet appareil, sans modification de la position du siège et sans addition de lest à l'arrière.

La compensation qui a été essayée du décentrement avec un lest, d'un pilote lourd, n'a pas donné de résultats appréciables au point de vue maniabilité, le lest, 5 kg., dont l'excédant venant avec celui du pilote, alourdisant sensiblement l'arrière, pour la maniabilité ainsi diminuée, ne compense pas la perfection du centrage.

L'aspect du dessin de cette poutre, montre la réalisation de rapprochement du pilote au centre de gravité, qui permet ainsi une meilleure réussite des corrections de centrage.

## CHAPITRE IX

### NOTE SUR LA RESISTANCE DES MATERIAUX

On considère souvent que les longerons avant et arrière d'une voilure travaillent différemment, mais nous admettrons, et le constructeur également, qu'il sera plus pratique de donner les même dimensions aux longerons avant comme aux longerons arrière.

L'étude des positions différentes des centres de pression sur un profil de voilure, montre que le C de P (centre de pression) avance quand l'incidence croît, et, par conséquent, la portance. Si cette augmentation d'incidence se produit brusquement, par suite d'une ressource, exécutée rapidement par le pilote, à la suite d'un piqué prolongé, ce longeron AV peut être surchargé de plusieurs fois la portance normale.

D'autre part, le longeron AR peut être chargé anormalement, car si le centre de pression se déplace vers lui dans le cas de diminution de portance, la vitesse plus considérable produite par ce régime de vol augmente la charge. Il faut considérer aussi les charges supplémentaires supportées par le longeron AR du fait des ailerons.

#### Etude de la flexion

Dans les calculs, on se sert pour les longueurs du millimètre comme unité et du kilo pour les forces.

Pour une poutre en porte à faux dont la charge est également répartie, le moment fléchissant est :

$$MF = \frac{PL}{2}$$

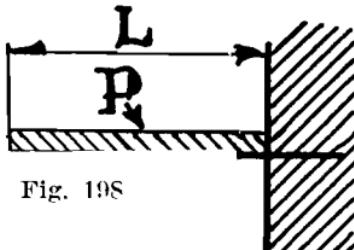


Fig. 198

P est la charge, L la longueur.

Le moment fléchissant pour une poutre entre deux points d'appui, la charge étant répartie, est :

$$MF = \frac{PL}{8}$$

Réactions sur appuis :  $T = P : 2$ .

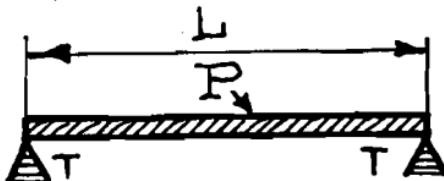


Fig. 199.

Dans le cas de poutres continues et uniformément chargées, comportant plusieurs points d'appui à égale distance, les moments de flexion et les réactions sur les appuis ne sont pas les mêmes.

\*\*  
2 travées égales :

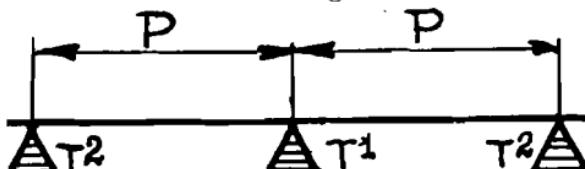


Fig. 200.

Moment fléchissant maximum en T1.

$$MF = \frac{PL}{8}$$

Réactions sur appuis :

$$T_1 = \frac{10P}{8} \qquad T_2 = \frac{3P}{8}$$

\*\*

3 travées égales :

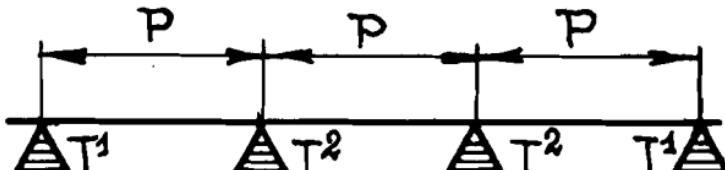


Fig. 201.

Moments fléchissants maximum en T2.

$$MF = \frac{PL}{10}$$

Réactions sur appuis :

$$T1 = \frac{4 P}{10}$$

$$T2 = \frac{11 P}{10}$$

\*\*

4 travées égales :

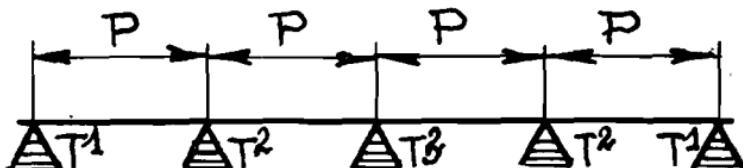


Fig. 202

Moments fléchissants maximum en T2.

$$MF = \frac{3 PL}{28}$$

Réactions sur appuis :

$$T1 = \frac{11 P}{28}$$

$$T2 = \frac{32 P}{28}$$

$$T3 = \frac{26 P}{28}$$

\*\*

5 travées égales

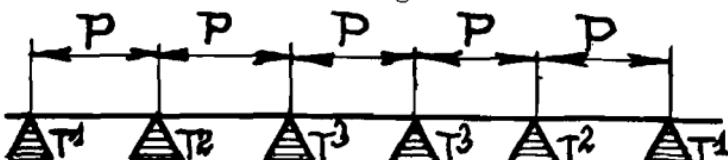


Fig. 203.

Moments fléchissants maximum en T2.

$$MF = \frac{4 PL}{38}$$

Réactions sur appuis :

$$T_1 = \frac{15 \text{ P}}{28}$$

$$T_2 = \frac{43 \text{ P}}{28}$$

$$T_3 = \frac{37 \text{ P}}{28}$$

En plus des efforts de flexion, les longerons ont à subir des efforts de compression dus à la traction oblique des haubans.

L'effort de compression dans le longeron et l'effort de traction dans le hauban sont déterminés à l'aide de la réaction à l'appui que l'on décompose d'après la règle du parallélogramme des forces.

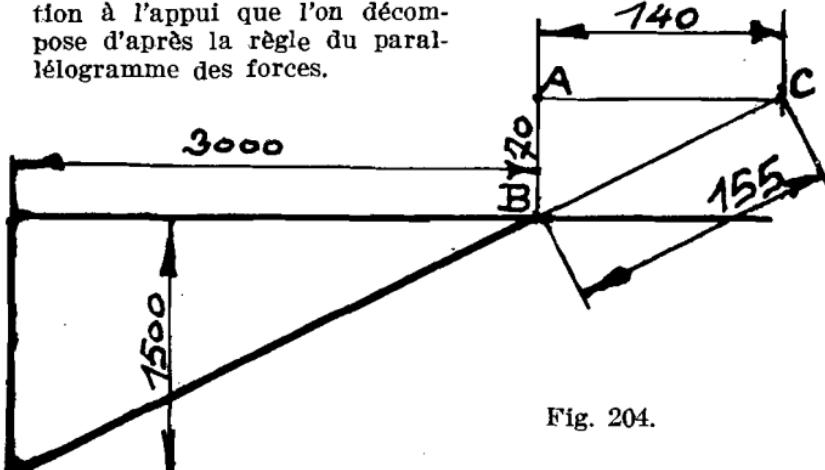


Fig. 204.

Supposons le point d'attache du hauban à 3 m. du point de l'articulation de l'aile à l'épaule, et l'autre attache du hauban à 1 m. 50 en dessous (fig. 204).

Prolongeons le hauban et menons une perpendiculaire de 70 mm. représentant les 70 kg. de la réaction à l'appui.

Une parallèle au longeron menée de A coupe la prolongation du hauban en C.

La ligne AC parallèle au longeron donne en millimètres par kg. le nombre de kilos représentant la compression dans le longeron, soit dans le cas présent : 140 kg.

L'oblique prolongée du hauban, mesurée de B à C, donne, toujours en mm. par kg., la traction du hauban soit 155 kg.

Ces efforts étant déterminés, il ne reste plus qu'à étudier les résistances des pièces correspondantes, suivant les sections employées.

Pour la flexion, le moment résistant des sections doit égaler le moment de flexion.

Le moment résistant est égal au module de section mul-

tiplié par la résistance pratique à la flexion du matériau.

Soit  $W$  le moment résistant :

Fig. 205.

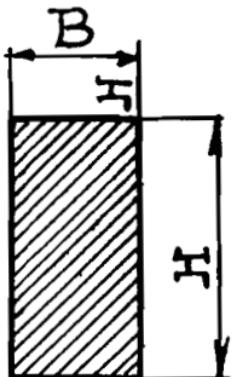


Fig. 206.

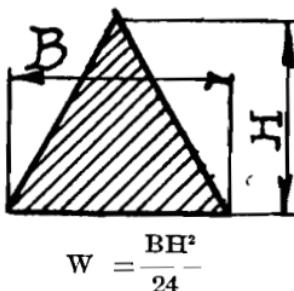
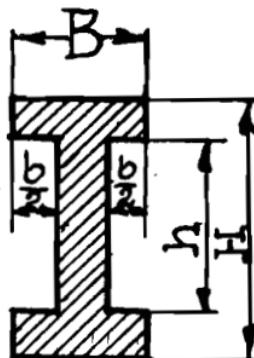


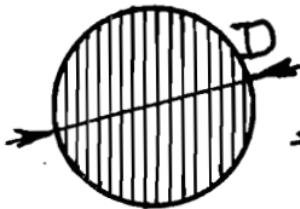
Fig. 209



$$W = \frac{BH^3}{6}$$

$$W = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$$

Fig. 207.



$$W = 0,0982 D^3$$

$$W = 0,0982 \frac{D^4 - d^4}{D}$$

Fig. 208.

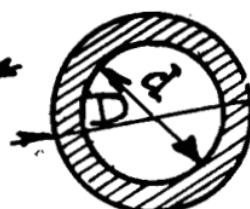
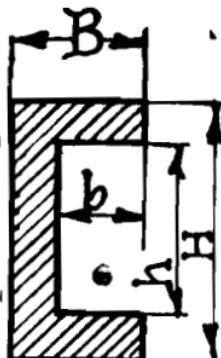


Fig. 210



Même formule que fig. 209.

Fig. 212

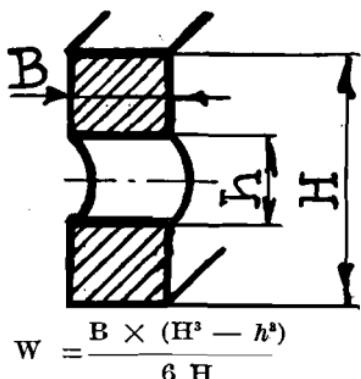
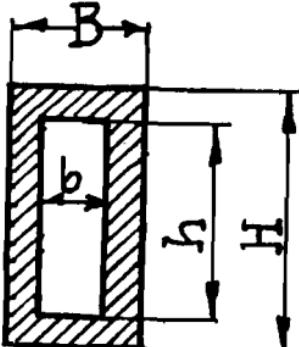


Fig. 211



Même formule que fig. 209

### Efforts de traction

Ces efforts à étudier dans les haubans tendent à les allonger.

### Efforts de compression

Ces efforts à étudier dans les attaches de mâts, principalement dans les cellules de multiplans, outre le flambage, tendent à détruire les substances fibreuses comme le bois, par écrasement.

### Efforts tranchants ou de cisaillement

Les boulons de fixation de ferrures doivent être en nombre et de diamètre suffisant, pour résister à leur cisaillement, sans que les trous produits, affaiblissent les pièces dans lesquelles ils sont fixés, qui, dans le cas de longerons caisson, comme nous l'avons vu précédemment, sont munies de renforcement.

C'est pour cela que les boulons sont munis de rondelles pour ne pas enfoncer le bois par suite de leur serrage.

Nous donnons dans le tableau ci-après les différentes charges pratiques à observer.

Charges pratiques des principales matières en kgs  
par mm<sup>2</sup> de section

Matières	Flexion	Traction	Compres-sion	Cisaille-ment
Acajou (Hondu-ras) . . . . .	0,8	0,5 à 1,5	0,58	
Bouleau . . . . .	1,1 à 1,55	1,1	0,45	
Châtaignier . . . . .	0,52	0,7		
Chêne . . . . .	0,7 à 0,96	0,7 à 1,4		1,6
Frêne . . . . .	0,84 à 0,99	1,2	0,63	1
Hêtre . . . . .	0,63 à 0,84	0,81	0,66	
Orme . . . . .	0,42 à 0,68	1	0,73	1
Peuplier . . . . .	0,51			
Pin rouge . . . . .	0,5 à 0,67	0,84 à 1	0,3 à 0,44	0,4 à 0,6
Sapin . . . . .	0,7 à 0,87	0,87	0,4	0,4
Acier doux la-miné . . . . .		10	10	8
Fil de fer . . . . .		12		
Fil d'acier . . . . .		19		

Les charges pratiques sont égales au 1/10 des charges de rupture.

**Exemple de calcul d'un longeron**

Supposons un planeur de 9 m. d'envergure et pesant 180 kg. monté, dont les ailes sont articulées à l'attache centrale et haubannées sur les 2/3 de l'envergure (fig. 213).

La partie entre deux points d'appui aura 3 m. La charge par mètre de longeron en supposant les deux longerons équi-distants du centre de pression moyen est de :

$$\frac{180 \text{ kg.}}{9 \times 2} = 10 \text{ kg.}$$

On pourrait, dans le poids, enlever celui des ailes, mais nous le négligerons.

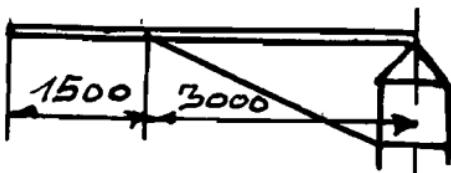


Fig. 213

La charge, pour la partie entre deux points d'appui, est de  $10 \text{ kg.} \times 3 = 30 \text{ kg.}$

Le moment fléchissant est de :

$$\frac{30 \text{ kg.} \times 3.000}{8} = 11.250$$

Supposons que la hauteur maximum permise au longeron du fait de la nervure soit de 80 mm., et que le bois utilisé soit du peuplier ayant une résistance de 0 kg.,5 par  $\text{mm}^2$  de charge.

Le module de section du longeron devra être de :

$$\frac{11.250}{0,5} = 22.500$$

La largeur du longeron deviendra :

$$\frac{h^3}{6} = \frac{80 \times 80}{6} = 1066,$$

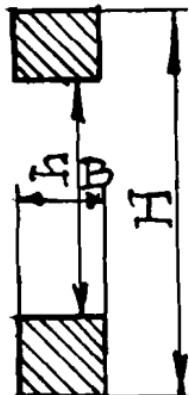
$$b = \frac{22.500}{1066} = 21,1 \text{ soit } 22 \text{ mm.}$$

La partie en porte à faux étant deux fois moins longue que la partie entre deux points d'appui, subira un moment fléchissant égal.

Comme le trou d'attache du hauban affaiblit le longeron à l'endroit de la flexion maximum de la partie en porte à faux, nous allons vérifier, au moyen de la formule figure

202, le module de section à cet endroit, en supposant pour l'exemple un trou de 8 mm. :

$$W = \frac{22 \times 80^3 - 8^3}{6 \times 80} = 23.443,$$



supérieur encore au module de section nécessaire qui est, comme on l'a vu de 22.500.

### Poutres composées

Le calcul de la résistance de ces poutres revient au calcul de leur module de section.

$$W = \frac{B \times (H^3 - h^3)}{6 H}$$



Fig. 214 et 215.

Pour l'entretoisement, on emploie pratiquement les mêmes sections que les tables (fig. 214).

Soit la poutre ci-contre en  $20 \times 20$  (fig. 215).

Le module sera :

$$\frac{20 \times (180^3 - 140^3)}{6 \times 180} = 57.185.$$

### Calcul d'une poutre de biplan

Supposons un biplan de 16 mètres d'envergure, dont le plan inférieur sera fixé après le fuselage (fig. 204).

Considérons la poutre entretoisée par trois montants, deux correspondant aux bords du fuselage, et les autres

écartés de trois mètres. Les cellules droite et gauche étant symétriques, nous n'en étudions qu'une.

Admettons un léger dièdre, et pour cela un écartement des plans de 3 mètres au milieu et de 2 m. 50 aux extrémités latérales.

Supposons une charge de 20 kg. par mètre de longeron. Aux nœuds A et D, les charges sur appuis correspondront à des réactions de voilures de :

$$1 \text{ m.} + \frac{3 \text{ m.}}{2} = 2 \text{ m. } 50 \times 20 \text{ kg.} = 50 \text{ kg.}$$

Aux nœuds B et E, les charges sur appuis seront de :

$$\frac{3 \text{ m.}}{2} + \frac{3 \text{ m.}}{2} = 3 \text{ m.} \times 20 \text{ kg.} = 60 \text{ kg.}$$

Aux nœuds C. la charge sera de :

$$\frac{3 \text{ m.}}{2} + \frac{2 \text{ m.}}{2} = 2 \text{ m. } 50 \times 20 \text{ kg.} = 50 \text{ kg.}$$

Au nœud F, la charge sur cet appui correspondra à la charge de la cellule, soit toutes les charges des appuis ABDEC, et la charge de la réaction de voilure de 1 m. 50, soit :

$$270 \text{ kg.} + (1 \text{ m. } 50 \times 20 \text{ kg.}) = 300 \text{ kg.}$$

Ces données établies, le Crémona ou épure de statique graphique déterminera les efforts de compression et de tension dans les divers éléments de la poutre.

Sur une droite verticale, parallèle aux forces, prenons à partir de O, et à une échelle convenable (soit 1 mm. pour 5 kg.), les forces correspondantes aux appuis A et D : 50 kg., qui sont totalisés en A par l'intermédiaire du montant AD soumis à une compression égale à l'effort en D, soit 50 kg.

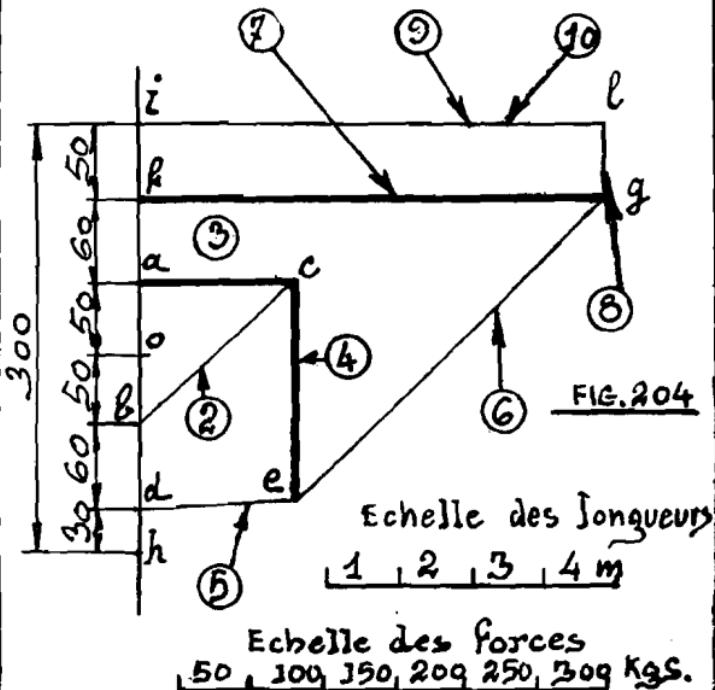
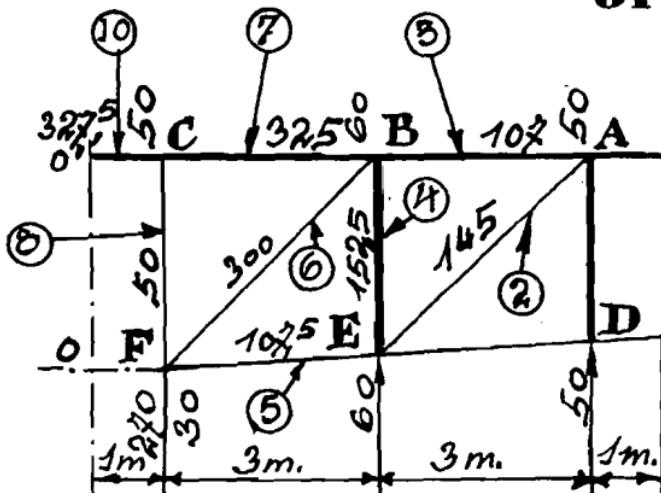
Par a, menons une parallèle à AB (3).

Par b, une parallèle à AE (2).

Ces deux lignes se coupent en c.

ac représente à l'échelle des forces qui a été convenue (5 kg. pour 1 mm.) l'effort de compression en AB, soit : 107 kg.

51



$bc$ , à l'échelle choisie, représente l'effort de traction supporté par  $\Delta E$ , soit : 145 kg.

Continuons toujours avec la même échelle des forces :  
par  $c$ , menons une parallèle à  $BE$  (4).

de  $b$ , sur la première verticale servant à la construction de l'épure, prenons une longueur égale à la réaction en  $E$  : soit 60 kg. aboutissant à  $d$ .

de  $d$ , menons une parallèle à  $FE$  (5).

4 et 5 se coupent en  $e$ .

$ce$  représente l'effort de compression de  $BE$ .

$de$  représente l'effort de traction de  $EF$ .

Etudions maintenant le nœud  $B$ .

Sur la verticale des forces, menons, à partir de  $a$ , une longueur égale à l'effort du nœud  $B$ , soit 60 kg., aboutissant à  $f$ .

De  $f$ , menons une parallèle à  $BC$  (7).

Par  $e$ , menons une parallèle à  $BF$  (6).

7 et 6 se coupent en  $g$ .

$fg$  = la compression de  $BC$ , soit : 325 kg.

$eg$  = la traction de  $BF$ , soit : 300 kg.

Au nœud  $F$  agissent deux forces : l'une de réaction sustentatrice (30 kg.), l'autre correspondant à la moitié de la charge portée par la voilure, moins les 30 kg. précédents, soit 270 kg., la voilure ayant une charge totale de 600 kg. pour la poutre avant.

Sur les lignes de forces, menons de  $d$  une longueur = à 30 kg., et de  $h$  à  $i$  une longueur = à 300 kg.

Par  $i$ , menons une parallèle à  $FO$  (9).

Par  $g$ , menons une parallèle à  $FC$  (8).

9 et 8 se coupent en  $l$ .

$gl$  représente l'effort de traction de  $FC$ , soit : 50.

$li$  représente l'effort de traction de  $FO$ , soit : 327,5

Dans le schéma de la cellule, les haubans travaillant à la traction ont seuls besoin d'être figurés.

### Résistance au flambage

Une pièce travaillant en compression, risque de se briser par flambage (fig 216) bien avant d'avoir été soumise à la charge qui provoquerait sa rupture par simple écrasement.



Ceci a lieu pour les barres de grande longueur par rapport à leur largeur. Il faut donc majorer la section de la pièce.

Suivant le rapport de la longueur avec la plus petite largeur de la pièce, nous indiquons dans le tableau ci-après, les diminutions à opérer sur les charges pratiques de compression pour éviter le flambage.

D'après le général Morin :

L étant la longueur de la pièce,

C le plus petit côté de la section,

$\frac{L}{C}$	12	14	16	18	20	22	24
Coeff. de réduction.	0,74	0,70	0,66	0,62	0,58	0,54	0,50
$\frac{L}{C}$	28	32	36	40	48	60	72

Exemple : un mât constitué par une section ronde de frêne, dont la résistance pratique à la compression est de 0 kg. 63 par mm<sup>2</sup>, a 2 m. de long et 50 mm. de diamètre.  
Longueur 2.000

Rapport :  $\frac{\text{longueur}}{\text{diamètre}} = \frac{2000}{50} = 40$ .

Dans le tableau du général Morin, la réduction à opérer sur la résistance du frêne est de 0,28 correspondant à un allongement de 40.

Charge à admettre par mm<sup>2</sup> :

$$0 \text{ kg. } 63 \times 0,28 = 0 \text{ kg. } 176.$$

Résistance à la compression :

$$D = 50 = \text{Surface } 1.963 \text{ mm}^2 \times 0,173 = 345 \text{ kg.}$$

# LIBRAIRIE DES SCIENCES AÉRONAUTIQUES

FONDEE EN 1905

Téléphone : ODEON 13-98 - C. C. Postaux : Paris 5301

## Catalogue Général de Livres sur l'Aviation (gratuit sur demande).

BONOMO. — L'aviation commerciale. Etude des moyens de transports modernes .....	12
BOISSONNAS. — Résistance des fluides. Calcul des avions.....	15
BOUILLOUX-LAFONT (Claude). — L'aviation commerciale en France.....	15
BUSSET (M.). — En avion : vols de combats (Album de 24 estampes).....	30
BALLET. — L'air et le droit.....	30
BREGUET (Louis). — Travaux scientifiques sur l'aérodynamique, les hélices, vol des oiseaux, l'aviation de transport (demander catalogue).....	6.00
BREGUET. — Considérations sur le vol à voile dynamique.....	2.50
BREGUET et DEVILLERS. — Problème de la stabilité des avions.....	2.50
CARAFOLI. — Influences des ailerons, propriétés aerodynamiques, surfaces sustentatrices .....	20
DORAND. — Amélioration des hélices et calcul de résistance.....	12
DESGRANDSCHAMPS (R.-G.). — Calcul et construction des avions légers. Les trois parties en un volume.....	50
— 1 <sup>re</sup> partie : Calcul aérodynamique.....	25
— 2 <sup>e</sup> partie : Calcul des efforts.....	20
— 3 <sup>e</sup> partie : Calcul de résistance, technologie et construction.....	20
— Précis d'aérodynamique. 3 <sup>e</sup> édition.....	12
— Impressions d'un bombardier. 1915.....	6.00
DUPUY (Guy-D.). — Le rail et l'aile.....	25
GASTOU (R.). — L'hélice aérienne à pas constant et à pas variable, 2 vol.....	24
HAMEL (G.-R.). — Éléments de navigation aérienne pratique.....	12
IDRAC (P.). — Études expérimentales sur le vol à voile.....	15
IMMELMANN (Lieutenant Max). — Mes vols de combat vécus et racontés.....	8
KIRSTE (L.). — Flexion et torsion des ailes Cantilever. Etudes sur les gouvernails compensés.....	10
LAINÉ. — Manuel pratique de pilotage.....	30
MAGNAN — HUGUENARD — PLANIOL : Les souffleries aérodynamiques à très grande vitesse.....	6.50
— Méthode d'étude aérodynamique expérimentale des voitures souples d'avions .....	6.00
— Le calcul des trajectoires des avions voiliers avec application au vol à voile dynamique.....	6.50
— Recherches expérimentales sur les conditions de vol des oiseaux et des avions .....	6.50
— Contribution à l'étude de la structure interne du vent.....	6.50
— Etude de l'énergie interne du vent, son rôle dans le vol à voile et la navigation aérienne .....	6.50
— L'aviation sans moteur .....	6.50
— Le vol à voile avec contribution à l'étude expérimentale de la physique et de mécanique des fluides.....	30
MARGOULIS. — Coefficients, turbo-machines et des machines volantes.....	10
MARC (Lieutenant). — Notes d'un pilote disparu.....	10
MORTANE. — La vie des hommes illustres de l'aviation.....	12
PEPE (P.). — Précis d'hydraviation, 2 vol.....	15
Premier congrès international de la sécurité aérienne, organisé par le Comité français de propagande aéronautique, avec le patronage du Ministère de l'Air. Rapports. 5 vol. in-4°. (Chaque vol. 40 fr.).....	24
ROY. — Contribution à la théorie de l'hélice propulsive.....	180
ROY (M.). — Contribution à la théorie des ailes sustentatrices.....	20
SABLIER. — Plans et construction d'une avionnette.....	20
— Plans et construction d'un planeur d'entraînement.....	6.50
— Notions d'aérodynamique (sur les profils).....	6.50
— Notices techniques de construction de planeurs et d'avionnettes.....	6.50
— Plans et construction d'une avionnette et planeur biplaces.....	6.50
— Plans et construction d'un planeur de performance, d'un planeur chauhan.....	6.50
SEE. — Le vol à voile et la théorie du vent louvoyant.....	2.50
VILLAMIL. — Les problèmes du vol sans moteur.....	12

Expédition franco (Joindre montant à la commande) et contre remboursement pour la France et pays étrangers acceptant les remboursements. (Frais de remboursement en plus).