

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AVIATION CIVILE
SERVICE DE LA FORMATION AÉRONAUTIQUE
ET DU CONTRÔLE TECHNIQUE

ÉLÉMENTS DE TECHNOLOGIE AÉRONAUTIQUE

5^e édition

par

E. et R. BELLIARD - A. MALDANT - G. SALOMON

Préface de
J. POIRIER
Inspecteur Général
de l'Aviation Civile

Avant-propos de
B. PALAYRET
Ingénieur Général
de l'Aviation Civile
Chef du S.F.A.C.T.

Illustrations de **M. BRAULT - R. DHENAUX - A. MARIOT**

**ÉLÉMENTS DE
TECHNOLOGIE AERONAUTIQUE**

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AVIATION CIVILE
SERVICE DE LA FORMATION AÉRONAUTIQUE
ET DU CONTRÔLE TECHNIQUE

ÉLÉMENTS DE TECHNOLOGIE AÉRONAUTIQUE

5^e édition

par

E. et R. BELLIARD - A. MALDANT - G. SALOMON

Préface de
J. POIRIER
Inspecteur Général
de l'Aviation Civile

Avant-propos de
B. PALAYRET
Ingénieur Général
de l'Aviation Civile
Chef du S.F.A.C.T.

Illustrations de **M. BRAULT - R. DHENAU - A. MARIOT**

**OUVRAGES AÉRONAUTIQUES
RÉALISÉS PAR LE SERVICE DE LA FORMATION AÉRONAUTIQUE
ET DU CONTRÔLE TECHNIQUE**

OUVRAGES PARUS

Notions élémentaires d'Aéronautique, par A. Maldant et G. Salomon.
Technique élémentaire du Vol. Livres I et II, par E. et R. Belliard, A. Maldant et G. Salomon.
Éléments de Technologie, par R. Aubert, A. Maldant et G. Salomon.
Météorologie et Aérologie élémentaires, par E. et R. Belliard, A. Maldant et G. Salomon.
L'Aéronautique - Son Histoire, par A. Bié, J. David et G. Salomon.
Notions élémentaires de Navigation et Réglementation aérienne, par P. Gaulmier, *épuisé*.
Connaissances Générales, par E. et R. Belliard, A. Maldant et G. Salomon.
Notions de Navigation et de Circulation aériennes, par E. et R. Belliard, A. Maldant et G. Salomon.
Éléments de Technologie Aéronautique par E. et R. Belliard, A. Maldant et G. Salomon.
Météorologie, par E. et R. Belliard et G. Salomon.
Aérodynamique et Mécanique du Vol, par M. Grandjean et G. Salomon.
Histoire de l'Aéronautique, par A. Bié et G. Salomon.
Le vol des avions et des planeurs (44 fiches) par E. et R. Belliard, A. Maldant et G. Salomon.
Le Voyage Aérien, par R. Belliard, A. Hémond et R. Forgeat.
La Technique du Vol, par A. Hémond.
Le Groupe Motopropulseur, par A. Hémond.

**COURS AUDIO-VISUELS
FILMS PARUS**

Technique élémentaire du Vol - Action de l'air sur les corps en mouvement et Mécanique du vol (200 diapositives et deux minicassettes C 60).
Éléments de Technologie aéronautique (200 diapositives et deux minicassettes C 60).
Notions de Navigation et de Circulation aériennes (200 diapositives et une minicassette C 90).
Météorologie et Aérologie (200 diapositives et deux minicassettes C 60).
Introduction à l'Aéromodélisme - Différentes catégories d'aéromodèles - Matériaux - Outillages - Structures (80 diapositives et une minicassette C 60).
Initiation à l'aéromodélisme - Le planeur de vol libre - Le moteur à combustion interne - Le vol circulaire contrôlé (120 diapositives et une minicassette C 120).
Radiotélécommande (160 diapositives et une minicassette C 60).
Planeurs et sections scolaires (160 diapositives et une minicassette).

Manuels

1 - CONNAISSANCES GÉNÉRALES

E. et R. BELLIARD - A. MALDANT - G. SALOMON

2 - TECHNIQUE ÉLÉMENTAIRE DU VOL

Livre 1 - Action de l'air sur les corps en mouvement

Livre 2 - Notions de mécanique du vol

E. et R. BELLIARD - A. MALDANT - G. SALOMON

3 - MÉTÉOROLOGIE ET AÉROLOGIE - NAVIGATION ET CIRCULATION AÉRIENNES

E. et R. BELLIARD - A. MALDANT - G. SALOMON

4 - L'AÉRONAUTIQUE - SON HISTOIRE

A. BIE - G. SALOMON

5 - ÉLÉMENTS DE TECHNOLOGIE AÉRONAUTIQUE

E. et R. BELLIARD - A. MALDANT - G. SALOMON

Avant-propos

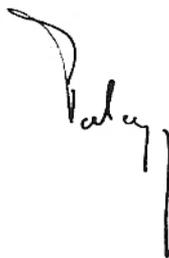
CETTE 5^e édition des « *Éléments de Technologie aéronautique* » répond à une double nécessité :

— Donner à ce manuel une dimension dépassant largement le cadre de la préparation au B.I.A., ce qui était jusqu'à présent sa vocation première, puisque cet examen n'est désormais plus nécessaire pour l'obtention des bourses de pilotage, d'où l'addition d'un chapitre sur les conditions de navigabilité des avions présentés et un aperçu sur la réglementation.

— Rendre compte des techniques les plus récentes ; insister sur l'élargissement de la gamme des matériaux employés : stratifiés, matières plastiques, entoilage en polyester..., présenter les derniers modèles de planeurs et d'avions légers.

Je remercie M. et Mme Belliard de s'être chargés de cet important travail de mise à jour et de s'en être acquittés avec le sérieux et la conscience qu'ils apportent à toute tâche.

Je souhaite que cette nouvelle édition rencontre, auprès du jeune public auquel elle est destinée, autant de succès que les précédentes, prouvant ainsi qu'au-delà de ses aspects purement utilitaires l'Aviation reste un précieux moyen d'éducation.



Bernard PALAYRET

*Ingénieur général de l'Aviation Civile
Chef du Service de la Formation Aéronautique
et du Contrôle Technique*

Préface

POURSUIVANT son effort pour la préparation des jeunes au Brevet d'Initiation Aéronautique, mon service fait paraître ce nouvel ouvrage : la Technologie.

Les ouvrages précédents, *Technique élémentaire du vol*, *Météorologie*, *Navigation* tendaient à faire acquérir des connaissances d'un caractère théorique et abstrait, développant chez le candidat des qualités purement intellectuelles sans toutefois négliger l'appel à l'esprit d'observation et à l'expérience.

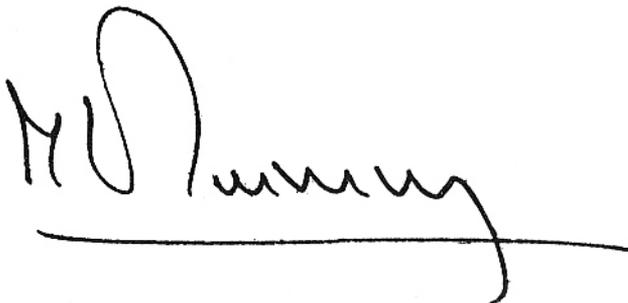
Le présent ouvrage complète ceux-ci et a pour but de rapprocher l'élève de la réalité en lui faisant connaître les matériels avec lesquels il se trouvera en contact dès ses premiers vols.

C'est ainsi que traitant successivement du planeur et de l'avion, il passe en revue les matériaux utilisés pour leur construction, la technique de leur fabrication, une gamme des modèles actuels et, en vue de la sécurité, les accessoires (parachutes, ceintures...) qui doivent y concourir.

L'une des difficultés susceptibles d'apparaître au lecteur est la question du vocabulaire. Toute technique a son langage. Il est indispensable de le bien connaître et de le bien comprendre pour le bien reconnaître et l'utiliser sur le terrain auprès de l'avion ou du planeur.

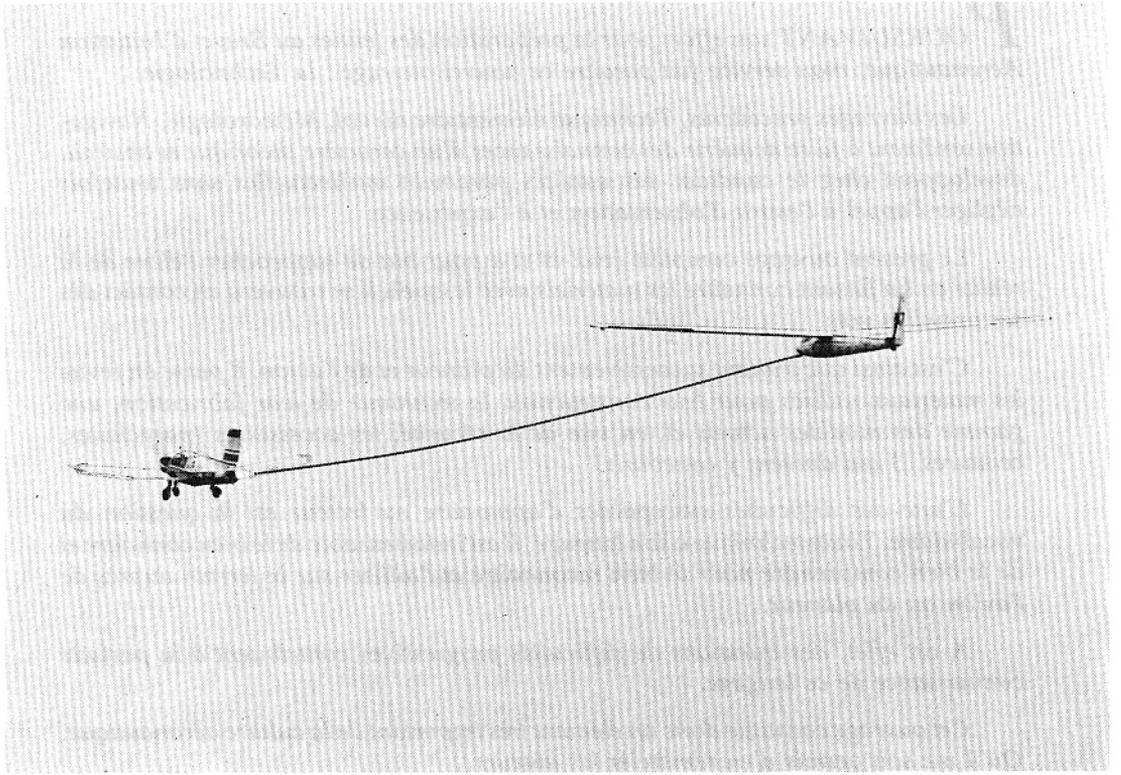
A cet effet, des questions de difficultés progressives contribuent à la parfaite connaissance de ce langage.

Cet ouvrage constitue donc un élément très important de la culture aéronautique. Qu'il me soit permis d'en remercier les auteurs.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Poirier', with a long horizontal stroke underneath.

J. POIRIER

Inspecteur Général de l'Aviation Civile
Chef du Service de la Formation Aéronautique



LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

1.1. — LES BOIS.

1.2. — MÉTAUX ET ALLIAGES.

1.3. — ENTOILAGES AÉRONAUTIQUES.

1.4. — PROTECTION (Enduits, Peintures).

1.5. — LES COLLES.

1.6. — CAOUTCHOUC - ÉLASTOMÈRES.

1.7. — LES MATIÈRES PLASTIQUES.

1.1. — LES BOIS.

1.1.1. — Structure des bois.

Un tronc d'arbre est formé de longues fibres sensiblement parallèles. Ces fibres sont différentes suivant leur place ; à partir du centre, on distingue : le cœur, l'aubier, le liber et l'écorce (Fig. 1).

1.1.2. — Qualités mécaniques.

Le **bois** utilisé en construction aéronautique doit répondre à des **normes bien précises** et il subit des essais (Fig. 2-3-3 bis-4) permettant de déterminer ses qualités mécaniques.

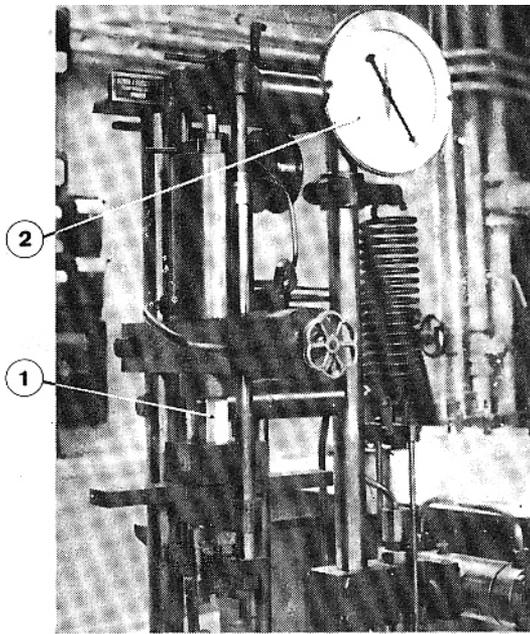
Celles-ci varient suivant les genres d'efforts appliqués (traction, compression, choc, flexion) et le degré d'humidité.

Il faut utiliser des bois de premier choix (1) bien secs, exempts de défauts (nœuds, fibres torses, fentes, gerçures, vermoulures, ...).

Remarque : En général, les bois résistent beaucoup mieux, dans le sens axial, aux efforts de traction qu'aux efforts de compression et ceci s'explique assez facilement.

Dans le cas de traction, l'effort agit sur les fibres comme sur les fils parallèles d'un sandow que l'on tire par ses extrémités : l'adhérence mutuelle est accrue. En compression, la dilatation transversale écarte les fibres les unes des autres et la rupture est vite atteinte.

(1) Le deuxième choix peut être toléré (sauf spécifications contraires) dans les petites pièces de structure n'intervenant pas dans le calcul de la résistance de la structure.

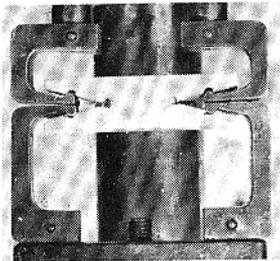


(Photo C.T.B.)

Fig. 2. — Essai de compression.

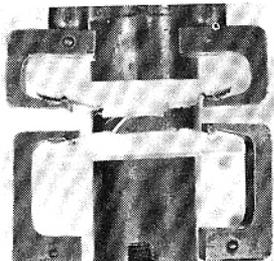
1. Éprouvette d'essai.
2. Cadran indicateur des charges.

Fig. 4. — Essai de traction : Traction perpendiculaire aux fibres.



Dispositif d'essai.

(Photo C.T.B.)



Rupture de l'éprouvette.

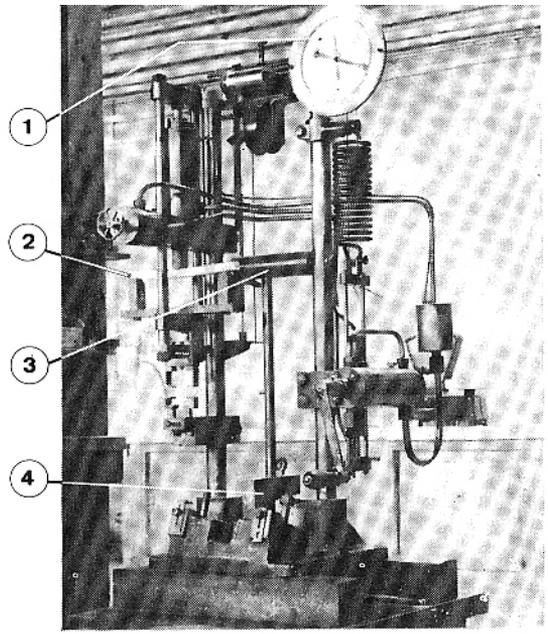


Fig. 3

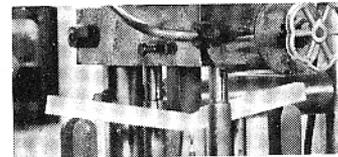
(Photo C.T.B.)

a. — Essai de flexion.

1. Cadran indicateur des charges.
2. Éprouvette soumise à une charge graduellement croissante.

b. — Essai de choc.

Masse pendulaire mobile 4 autour d'un axe horizontal 3, permettant l'étude de la résistance au choc de certains matériaux.



(Photo C.T.B.)

Fig. 3 bis. — Rupture de l'éprouvette.

Caractéristiques mécaniques des bois.

Un lot de bois destiné à être utilisé en construction aéronautique n'est réceptionné par le bureau VERITAS (1) et tamponné que si ces bois répondent à des normes bien précises (2).

C'est ainsi que différents essais sont effectués sur des éprouvettes prélevées, dans des conditions définies, sur le bois à contrôler.

Ces éprouvettes, spécialement préparées, ont des dimensions normalisées.

Les essais consistent, dans la plupart des cas, à rompre une éprouvette pour déterminer la valeur de la résistance à la rupture.

Cette valeur, affectée d'un coefficient de sécurité adapté aux besoins, permet de trouver la résistance pratique admissible (3).

(1) Organisme privé international qui a reçu du Secrétariat général à l'Aviation civile certains pouvoirs de contrôle aéronautique.

(2) Qualité « Aviation ».

(3) Exemple : Contrainte de rupture d'un résineux en compression, 4 000 newtons par cm², coefficient de sécurité 5, contrainte admissible $\frac{4\ 000}{5} = 800\text{ N/cm}^2$.

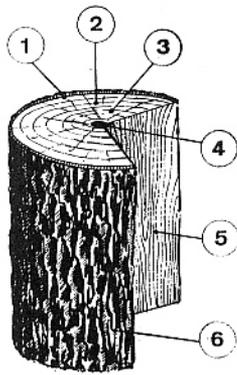


Fig. 1. — Coupe d'un tronc d'arbre :

- | | |
|------------|------------|
| 1. Liber. | 4. Moelle. |
| 2. Aubier. | 5. Fibres. |
| 3. Cœur. | 6. Écorce. |

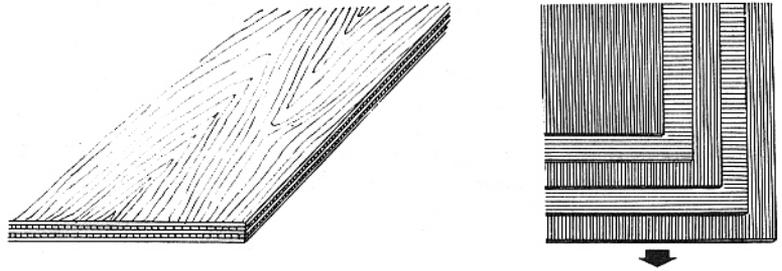


Fig. 5. — Contreplaqué 5 plis croisés.

La résistance à la traction est supérieure si le matériau est utilisé dans le sens de la flèche (trois épaisseurs de fil et deux épaisseurs transversales).

1.1.3. — Bois d'aviation.

Ils sont classés en deux grandes catégories :

1° **Résineux** : sapin, spruce, épicéa.

Les résineux sont utilisés pour les pièces longues devant résister aux efforts de flexion (longeron).

2° **Feuillus** : Mi-durs : hêtre, frêne.

Tendres : peupliers, okoumé, bouleau, balsa.

Les feuillus mi-durs sont utilisés pour les cales et pour certaines pièces travaillant beaucoup (patin).

Les feuillus tendres entrent dans la fabrication du contreplaqué.

Le balsa (Fig. 6), très apprécié par les aéromodélistes, ne sert, en aéronautique, que pour des pièces ne subissant que peu d'efforts : remplissage, raccordements. Ce bois, fourni par l'ochroma, grand arbre des forêts tropicales (Antilles, Amérique du Sud), est remarquable par sa légèreté (densité 0,08 à 0,15).

1.1.4. — Contreplaqué.

Le contreplaqué est obtenu en collant, par forte pression, plusieurs feuilles de bois de faible épaisseur.

Chaque épaisseur est appelée pli (Fig. 5).

Ces plis sont toujours en nombre impair, le sens des fibres est croisé (90°, 60°, 45°). Les plis extérieurs ont leurs fibres parallèles.

Le contreplaqué est utilisé pour les revêtements ou pour certains renforts.

Il est défini par :

— le bois utilisé (bouleau, okoumé, hêtre) (Fig. 6) ;

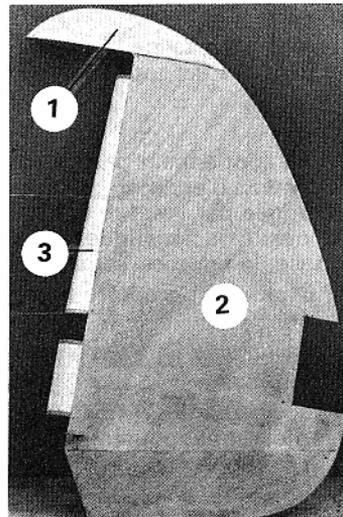


Fig. 6. — Contreplaqué bouleau 1. Contreplaqué okoumé 2. Balsa 3.

— le nombre de plis ;

— l'épaisseur en dixièmes de millimètre (12/10, 16/10, 20/10, 24/10, 32/10, ...).

Par exemple, on utilisera un contreplaqué bouleau 5 plis, 32/10.

1.1.5. — Bois améliorés.

L'amélioration des bois par adjonction et pénétration de matières étrangères donne à ceux-ci des caractéristiques autres ; le nouveau matériau possède une résistance mécanique supérieure, ainsi qu'une grande résistance aux agents chimiques.

1.2. — MÉTAUX ET ALLIAGES.

1.2.1. — Généralités.

La formation d'un alliage a pour but d'améliorer les propriétés des métaux.

Un alliage métallique est constitué par :

- un **métal de base** (métal principal de l'alliage puisque celui-ci en contient au moins 50 %) ;
- des **éléments d'addition** introduits volontairement ;
- des **impuretés**, dont la teneur maximale en poids est fixée par des normes.

1.2.2. — Aciers.

Pour les aciers, le métal de base est le fer. La teneur en carbone est toujours inférieure à 1,8 %.

Aciers non alliés.

Ces aciers ne contiennent **pratiquement pas d'autres éléments** d'addition que le **carbone** ; ils sont désignés par la lettre **C**, le **X** de tête désignant des caractéristiques serrées. Le métal de base, le fer, n'est jamais indiqué.

X-C 10 f (Nature du produit : barres, tôles, tubes soudés).

- **X** : acier à caractéristiques serrées.
 - **C** : acier non allié.
 - **xx** : groupe de chiffres indiquant la teneur moyenne en carbone (pourcentage multiplié par 100).
- Exemple : 10 indique 0,10 % de carbone.
- **f** : indice de pureté chimique.

Aciers faiblement alliés.

Ils contiennent d'**autres éléments que le carbone**, mais **aucun de ces éléments** n'atteint 5 %.

42-CD 4 (tubes, par exemple).

- **42** : comme dans l'exemple des aciers non alliés, **42** indique 0,42 % de carbone.
- **CD** : éléments d'addition : chrome (**C**), molybdène (**D**), dans l'ordre des teneurs décroissantes.
- **4** : Nombre indiquant la teneur moyenne en chrome, élément principal multiplié par **4** : 4 représente 1 % de chrome.

Aciers fortement alliés.

Un acier est dit fortement allié (symbole **Z**), si un **élément d'addition**, au moins, **atteint ou dépasse** une teneur de 5 %.

Z-10 CNT 18 (fils, tôles, goupilles,...).

- **Z** : symbole des aciers fortement alliés.
 - **xx** : groupe de chiffres indiquant, comme dans les exemples précédents, la teneur en carbone.
- Exemple : **10**, soit 0,10 % de carbone.
- **CNT** : éléments de l'alliage dans l'ordre des teneurs décroissantes.
 - **xx** : teneur de l'élément principal (ou des éléments principaux), non multipliés.

C : 18 % de chrome.

N : Nickel.

T : Titane.

1.2.3. — Alliages légers.

Le métal de base est l'**aluminium**. Dans la désignation, l'aluminium est obligatoirement séparé par un tiret des éléments d'addition dont les principaux, cuivre et magnésium, ont pour symboles **U** et **G**.

A-U4G (fils, ronds à rivets, ...) (1).

- **A** : métal de base, aluminium.
- - : tiret obligatoire.
- **U4G** : éléments d'addition (classés par teneurs décroissantes).

(1) A-U4G : symbole ancien (désignation alphanumérique).

2017 A : symbole nouveau (désignation numérique) obligatoire à partir de 1976, reposant sur l'emploi d'un nombre de 4 chiffres.

Lettre X : alliage expérimental.

Lettre A : elle indique un alliage très voisin de l'alliage USA désigné par le même nombre (2017).

A-U4G1 : 2024 ; A-U2G : 2117 ; A-U2GN : 2618 A.

Chaque élément est suivi de sa teneur en pourcentage à partir de 1 %.

U4 Cuivre 4 %.

G Magnésium.

1.2.4. — Alliages ultra-légers.

Alliages à base de **magnésium (G)**. Dans la quasi-totalité des cas, le principal élément d'addition est l'**aluminium (A)**.

G-A6Z1

— **G** : métal de base magnésium.

— - : tiret obligatoire.

— **A6Z1** : voir exemple précédent.

A6 Aluminium 6 %.

Z1 Zinc 1 %.

1.2.5. — Cuivre et alliages de cuivre.

Le **cuivre (U)**, métal de base, a pour principal élément d'addition le **zinc (Z)**.

U-Z40

— **U** : cuivre, métal de base.

— - : tiret obligatoire.

— **Z40** : zinc, élément d'addition, teneur 40 %.

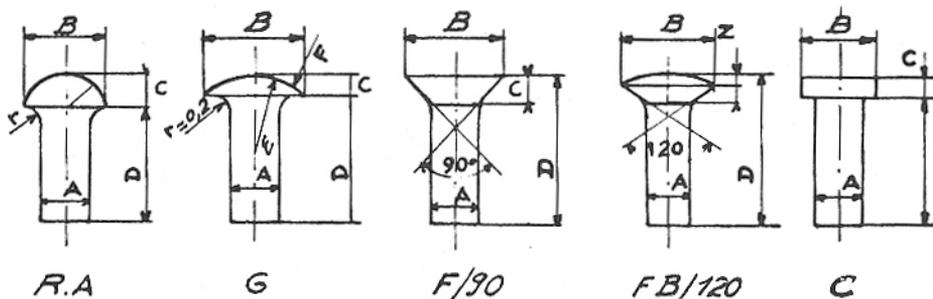
1.2.6. — Alliages à base de titane.

La technologie moderne entraîne à citer les alliages à **base de titane** déjà utilisés couramment dans certains domaines de l'aéronautique.

1.2.7. — Rivets.

On se doit de citer une des applications importantes des alliages légers : les **rivets**.

Les rivets sont des éléments d'assemblage pour pièces assez minces. Le rivetage, d'exécution relativement facile, ne reste utilisable que pour des assemblages subissant des ef-



Ø de la tige mm	A	2	3	4	6	8	10	12	14	16	22
Tête ronde R.A.	B C	3,5 1,5	5,5 2,5	7 3	11 4,5	14 5,5	17 7	21 8	24 10	28 11	38 16
Tête goutte de suif G	B C E F	4 1 3 0,5	6 1,5 4,5 0,75	8 2 6 1	12 3 9 1,5	16 4 12 2	20 5 15 2,5	24 6 18 3	28 7 21 3,5	32 8 24 4	44 11 33 5,5
Tête fraisée 90° F/90	B C	4 1	6 1,5	8 2	12 3	16 4	20 5	24 6	28 7	32 8	44 11
Tête fraisée bombée à 120° FB/120°	B M N		6 0,86 0,15	8 1,15 0,20	12 1,73 0,31	16 2,31 0,41	20 2,88 0,51	La longueur des rivets est fonction de l'épaisseur des pièces à serrer et de la forme de la rivure.			
Tête cylindrique plate C	B C	4 1	6 1,5	8 2	12 3	16 4	20 5				

Fig. 7. — Rivetage des alliages d'aluminium. Série normale des rivets français (Bureau Véritas - Service Aéronautique).

forts exercés dans le plan des tôles et non des efforts de sollicitation en traction.

Différentes formes (Fig. 7) :

La série normale des rivets français comprend :

- le rivet tête ronde (RA) ;
- le rivet tête plate (C) ;
- le rivet goutte de suif (G) ;
- le rivet tête fraisée (F 90) (bonnes qualités aérodynamiques) ;
- le rivet tête fraisée bombée (FB 120).

Les alliages utilisés pour la fabrication des rivets sont de deux sortes :

- Alliages sans cuivre : A-5 ; A-M ; A-G1 ; A-G3 ; A-G4 ; A-G5 ; A-SG (1).
- Alliages avec cuivre : A-U4G ; A-U2G (qui remplace A-U3G).

Les rivets de cette famille (alliage avec cuivre) sont impérativement utilisés à l'état de trempe fraîche.

1.2.8. — Essais - Contrôles.

Les métaux, comme les bois, sont soumis à des essais mécaniques, physiques et chimiques [essais de traction (Fig. 82) dureté, résistance (choc, fatigue, fluage...)] et enfin à des essais de corrosion. Les différentes pièces métalliques subissent des contrôles au moment de leur élaboration, en cours de fabrication et en révision.

Les caractéristiques de tous ces métaux et alliages sont, bien entendu, fonction :

— de leur mode d'élaboration :

- Corroyé (forgé, laminé...) ;
- Ou coulé (moule sable ou métallique...).

— de leur état structural :

- Écroui (déformation sur tête de rivet par exemple) ;
- Recuit et trempé ; chauffage, maintien de température et refroidissement effectués dans des conditions nettement déterminées pour chaque alliage.

(1) Silicium S.

1.3. — ENTOILAGES AÉRONAUTIQUES

Les matériaux utilisés pour l'entoilage (Fig. 8) doivent être :

- de **qualités aéronautiques** et porter les **caquets d'acceptation** du Contrôle ;
- **adaptés à l'appareil** ;
- **homogènes** (Exemple : la résistance du fil à coudre doit correspondre à celle de la toile).

On peut remarquer qu'actuellement les toiles traditionnelles (lin et coton) sont, en grande partie, abandonnées à la suite de l'apparition, sur le marché, de textiles nouveaux, d'emploi relativement ou apparemment plus facile et, dans l'ensemble, de résistance supérieure.

C'est ainsi que la toile **polyester** vieillit beaucoup moins vite au soleil que les fibres végétales, qu'elle est moins sensible aux intempéries, tout en s'utilisant sans plus de difficultés et à peu près de la même façon que la toile de lin, si l'on tient compte de certains caractères propres au matériau considéré.

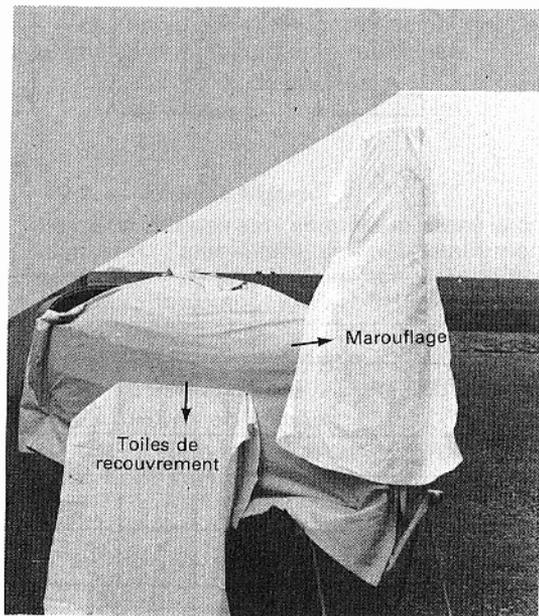


Fig. 8.

Il sera bon, par exemple, de retenir que les bords du tissu polyester s'effilochent facilement ; la toile doit être coupée par fusion (un fer à souder affûté peut rendre ce service) et posée par collage.

Sous l'action de la chaleur, la tension d'une toile polyester augmente dans de fortes proportions. Cette particularité exige, de la part de l'utilisateur, certaines précautions : on peut — entre autres procédés — se servir d'un fer à repasser, dont le thermostat sera réglé sur « LAINE ».

Toutefois, il apparaît indispensable, en cas de recouvrement total ou partiel d'un appareil, de **se référer aux plus récentes notices et recommandations du fabricant**, afin de ne pas risquer d'endommager la structure (1).

La résistance des toiles polyester (non enduites) est de l'ordre de 25 000 N/m pour une masse de 118 grammes au mètre carré.

L'enduit de tension (nitro-cellulosique) porte cette résistance à 30 000 N/m.

1.4. — PROTECTION (Enduits - Peintures).

La protection de chaque élément de la structure contre la détérioration, la diminution de la résistance, **doivent être considérées** comme faisant partie de la sécurité.

1.4.1. — Toiles.

Les enduits du type nitro-cellulosique ont pour utilité de tendre la toile, de la rendre imperméable, d'accroître sa résistance (masse approximative 135 g/m²).

Pendant le déroulement des opérations, la température et l'humidité sont maintenues dans des limites tempérées. La peinture assure la finition.

1.4.2. — Métal.

La **corrosion** (ou transformation d'un métal en composés métalliques) qui entraîne une alté-

ration des propriétés (2) a pour origine un phénomène chimique ou électro-chimique.

Les métaux peuvent être protégés de la corrosion :

1° par **application d'une couche de protection** généralement appliquée après préparation de la surface :

— **mécaniquement** : sablage (Fig. 9) ;

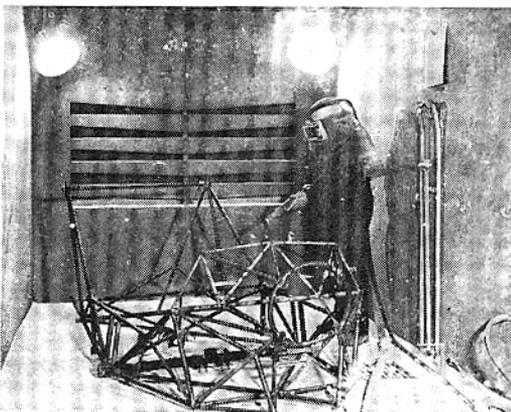


Fig. 9. — Sablage.

— **chimiquement** : un procédé consiste à développer le film naturel d'oxyde ; une autre possibilité étant dans l'application d'une peinture au chromate de zinc (cas des peintures et vernis).

2° **en modifiant la nature de la surface par revêtement d'un métal** assurant une meilleure protection (oxydation anodique, zingage, cadmiage, nickelage,...).

Remarque : Diverses notices techniques mentionnent que certaines tôles sont protégées par placage. L'opération consiste, lors du laminage de la tôle A-U4G par exemple, à recouvrir les deux faces de celle-ci par de la tôle A5. La susceptibilité à la corrosion de l'A-U4G est réduite. On réussit ainsi à allier caractéristiques mécaniques, A-U4G, et résistance à la corrosion, A5.

(1) Les maisons spécialisées en matériaux de recouvrement jugent nécessaire de préciser certains points qui sont surtout des mises en garde pour l'utilisateur (Documentation Sirbain Aviation S.A., Avions Pierre Robin...).

(2) Formation d'oxydes, de carbonates, de sulfures...

1.4.3. — Traitement des pièces corrodées.

Il existe des traitements pour les pièces corrodées qui sont en service. Ceux-ci consistent, en général, à :

- nettoyer soigneusement les pièces atteintes pour éliminer les produits formés par la corrosion ;
- supprimer les causes favorables à une reprise de l'attaque ;
- mettre à nu jusqu'aux parties saines pour que la nouvelle protection soit appliquée sur des pièces propres.

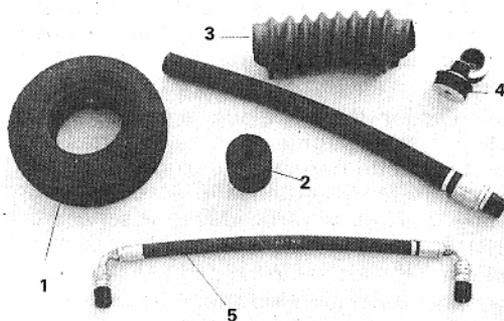


Fig. 10 a. — 1 Pneumatique - 2 Amortisseur
3 Soufflet - 4 Silent-bloc - 5 Canalisation renforcée.

1.5. — LES COLLES.

Le collage est une technique de fabrication qui doit donner une structure parfaitement saine. En conséquence, il doit être effectué suivant une spécification approuvée de procédé.

Les constructeurs doivent respecter, **impérativement**, les **notices d'utilisation** fournies par les vendeurs et n'employer que les **colles autorisées** par le Service Technique Aéronautique.

Pour certaines colles, il est parfois conseillé aux utilisateurs, à la livraison, de procéder à des « essais de fendage » avec joint collé suivant le plan de symétrie.

Pour l'assemblage des bois résineux et feuillus tendres, les colles dont la liste figure ci-dessous sont autorisées.

Aérodur 185 B	durcisseur HRP 155
Penacolite G 1131 A	durcisseur G 1131 B
Résine 60 01 44	durcisseur 94-97-14

1.6. — CAOUTCHOUC - ÉLASTOMÈRES.

Les caoutchoucs naturels et synthétiques (élastomères) entrent dans la fabrication des **pneumatiques**, des **amortisseurs**, des **durits**, des **soufflets** (Fig. 10 a), des **silent-blocs** (Fig. 10 a et 10 b), des **joints de verrière** (Fig. 10 c).

Certaines canalisations renforcées sont protégées par du caoutchouc synthétique.

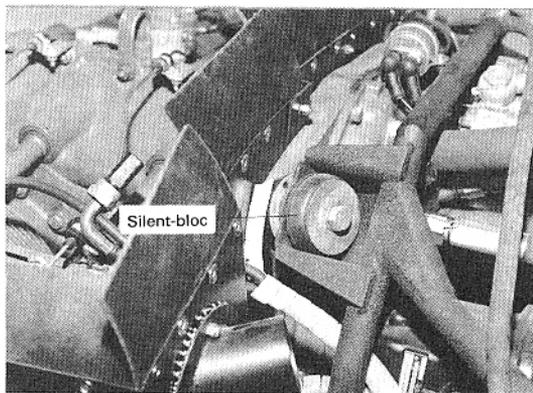


Fig. 10 b. — Silent-bloc.

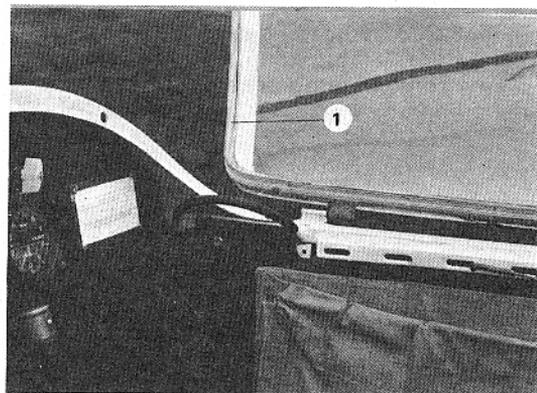


Fig. 10 c. — Joint de verrière 1.

1.6.1. — Pneumatiques.

Lors des déplacements au sol, les pneumatiques sont soumis à des sollicitations très diverses qui entraînent :

- **fatigue** (flexions alternées, accroissement de la température, ...) ;
- **usure** (réactions horizontales à l'atterrissage, freinage, ripage, ...) ;
- **blessures** (mauvais état du terrain, corps étrangers, ...).

Le bon entretien des pneumatiques exige la surveillance :

- de l'**état général** ;
- de la **pression** ;
- des conditions de **stockage** (abri de la lumière, contact avec l'huile, rayons ultra-violet, ...).

1.7. — LES MATIÈRES PLASTIQUES.

Les plastiques sont des matières généralement solides, stables à l'état commercial, mais susceptibles d'être modelées ou mou-



Fig. 11. — La résine se présente sous la forme d'un liquide visqueux.

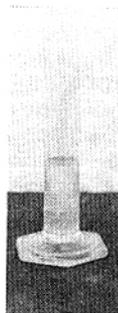


Fig. 12.
Catalyseur.



Fig. 13.
Accélérateur.

lées pendant leur mise en œuvre qui se fait à chaud, avec ou sans pression.

Les matières plastiques ou **résines artificielles** (1) sont appelées :

Thermodurcissables si la plasticité ne peut être obtenue qu'une fois par le premier chauffage. C'est ainsi que la bakélite est utilisée dans la fabrication des pièces moulées sous haute pression, à condition que ces pièces n'aient plus à subir d'usinage par la suite ;

Thermoplastiques si la plasticité peut être renouvelée lors d'un nouveau chauffage (tubes et profils obtenus par moulage).

Les résines utilisées pour la fabrication des planeurs et des avions appartiennent à la famille des **polyesters** ou à celle des **époxydes**.

La **polymérisation** (2) de ces résines — qui se présentent sous l'aspect d'un liquide visqueux (Fig. 11) — peut se faire :

— par l'action d'un *catalyseur* (Fig. 12) avec activation par un ou plusieurs produits appelés *accélérateurs* (Fig. 13) ;

— par un apport d'énergie (chaleur, rayonnement, ...).

La résine peut être livrée avec accélérateur incorporé ; cependant, en aucun cas, elle ne peut être utilisée pure car elle est trop fragile.

(1) Les résines artificielles sont des produits issus, le plus souvent, du pétrole, mais qui subissent de nombreuses transformations.

(2) Polymérisation : Transformation des résines à l'état liquide en une masse solide.

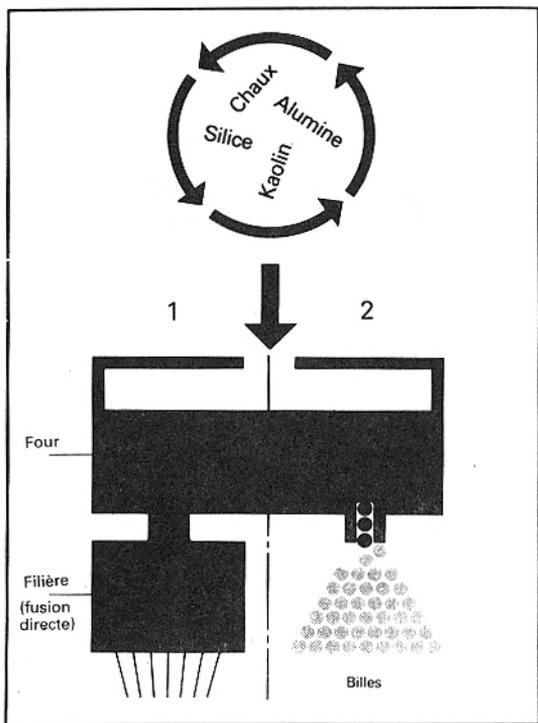


Fig. 14 (Doc. VETROTEX)

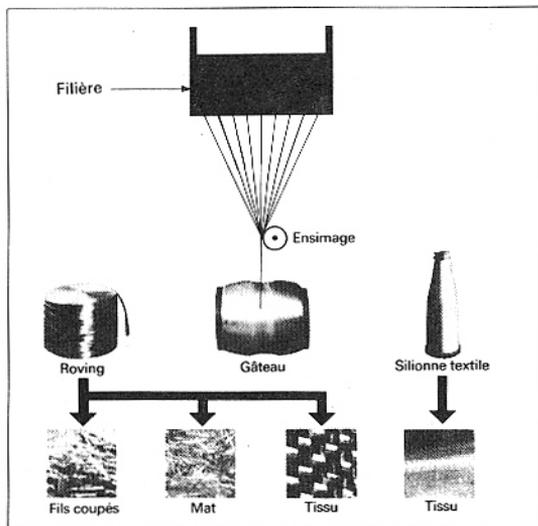


Fig. 15 - Silionne (Doc. VETROTEX)

1.7.1. — Les stratifiés.

Le renforcement d'une résine synthétique (en aviation, thermodurcissable) par un support fibreux ou lamellaire donne un produit appelé STRATIFIÉ.

Les stratifiés sont donc des matériaux composites à deux constituants principaux :

- une matrice : la résine ;
- un renfort : la fibre.

Il ne sera question ici que de polyester et d'époxyde renforcés verre.

Polyester renforcé verre : PRV ;

Époxyde renforcé verre : ERV.

Renforts en fibre de verre.

Le verre.

Les matières premières de carrière (silice, chaux, alumine, kaolin, ...), soigneusement dosées, finement broyées, sont introduites en continu par un système à vis, dans un four à haute température (Fig. 14.1). A la sortie du four, le verre coulé alimente directement les filières : c'est la fusion directe.

L'ancien procédé consistait à débiter le verre (Fig. 14.2) à la sortie du four, grâce à des machines à billes, en petites sphères. Les billes obtenues étaient alors refondues dans les filières chauffées électriquement pour le fibrage.

Fibrage.

A la sortie de la filière, le verre d'aspect plastique est, simultanément et rapidement, étiré et refroidi. Selon le procédé utilisé pour l'étirage, on obtient des types de fil différents :

— l'étirage mécanique produit par la traction due à l'enroulement du fil sur une broche tournant à grande vitesse donne des filaments continus que l'on nomme SILIONNE (Fig. 15) ;

— l'étirage, réalisé par entraînement des fibres sous l'action d'un jet d'air sous pression, est le procédé d'étirage pneumatique qui donne naissance au ruban VERRANNE (Fig. 16).

Ensimage.

A la sortie de la filière, les filaments reçoivent un ensimage qui a pour but d'agglomérer en-

tre eux les filaments d'un même fil, de les revêtir d'une pellicule lubrifiante et de favoriser la liaison verre-résine.

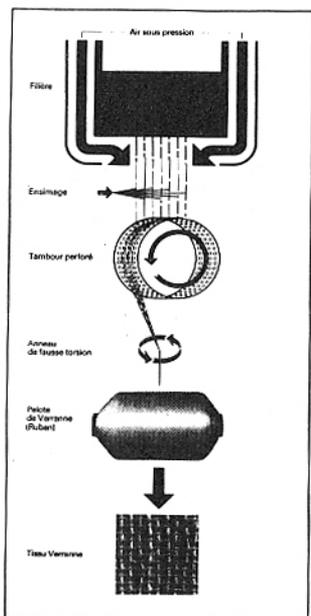


Fig. 16 - Verranne (Doc. VETROTEX)

Pour la silionne, le produit d'ensimage est appliqué par contact avec un organe tournant ; pour la verranne, les fibres, à la sortie de la filière (Fig. 16), traversent un ensimage. Ces fibres discontinues étirées et ensimées sont aspirées par un tambour perforé ; elles forment alors une nappe afin de pouvoir être assemblées en ruban.

Conditions d'emploi.

La fabrication d'une pièce consiste à alterner couches de **renfort verre (tissu ou mat)** et de résine synthétique (polyester, époxyde) (Fig. 17) après avoir appliqué sur le moule, tout d'abord l'*agent de démoulage* (cire, par exemple) (Fig. 18), puis une couche de « *gel-coat* » (1) (Fig. 19) qui constituera, fabrication terminée, le revêtement extérieur de la pièce. Le gel-coat, accéléré et dilué à l'acétone, peut être passé au pistolet (Fig. 20). Ce produit évite l'altération des propriétés mécaniques des stratifiés utilisés.

Un bon stratifié exige la pose du tissu de verre sur la résine (Fig. 21), et non l'inverse.

Il peut être utile de renforcer localement certaines résines (Fig. 22).

L'air emprisonné lors de la fabrication peut être éliminé (ébullage) au rouleau cannelé, au pinceau, ... (Fig. 23).

(1) Gel-coat : Produit à base de résine, dont la composition varie selon les besoins.

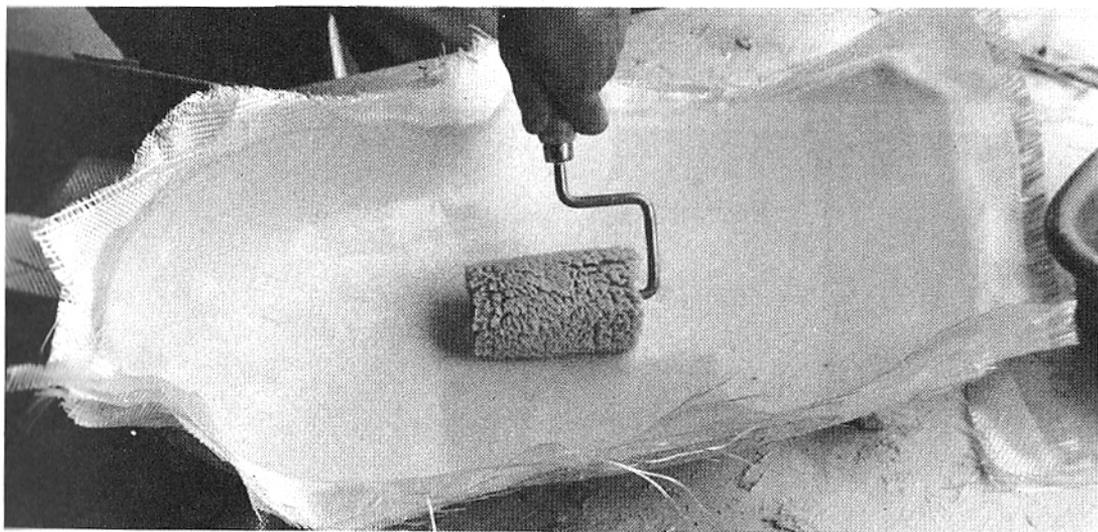


Fig. 17. — Application d'une nouvelle couche de polyester.

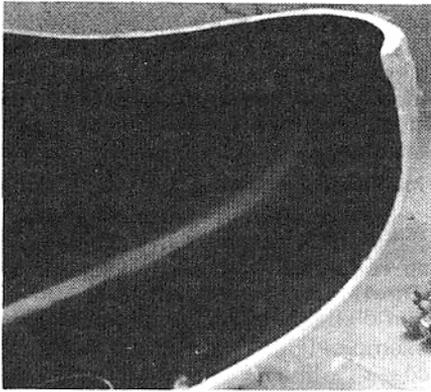


Fig. 18

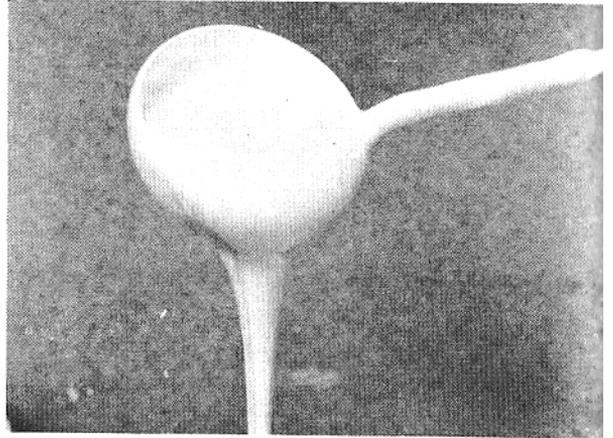


Fig. 19

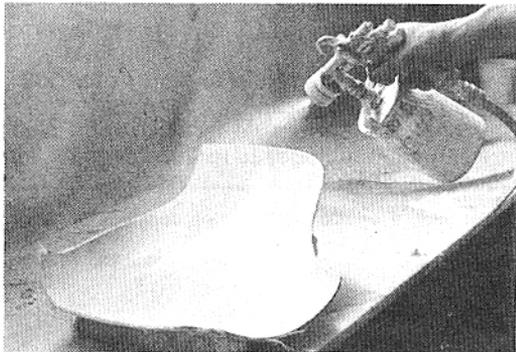


Fig. 20

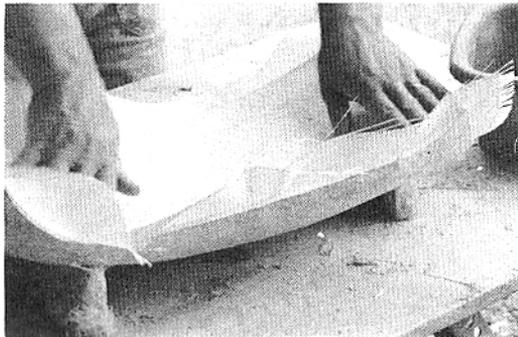


Fig. 21

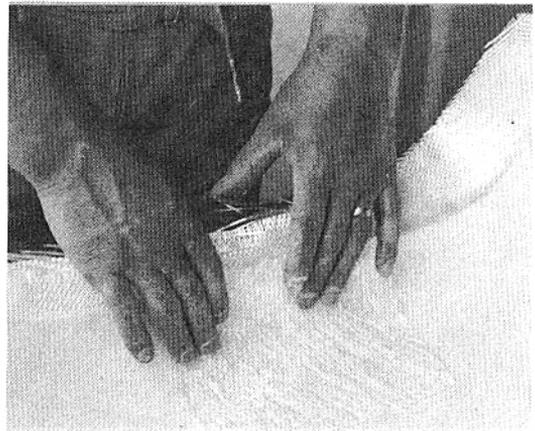


Fig. 22

Fig. 18
Moule sur lequel on a appliqué de la cire

Fig. 19
Gel-coat (que l'on verse dans le godet du pistolet)

Fig. 20
Passage du gel-coat dilué

Fig. 21
Pose du roving sur la résine

Fig. 22
Pose d'un renfort en mat

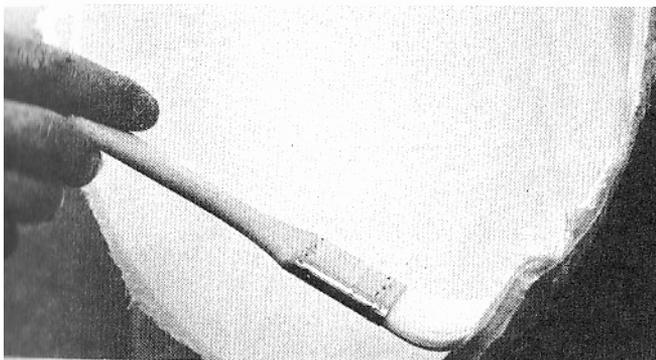


Fig. 23.

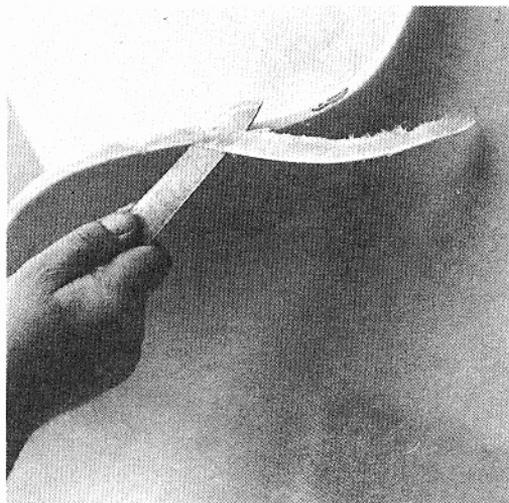


Fig. 24.

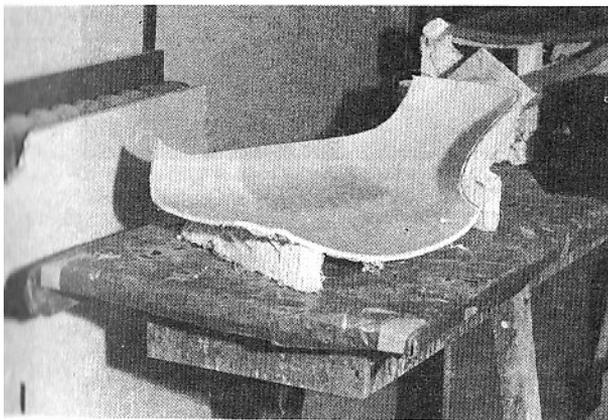


Fig. 25.

Pendant la polymérisation en température ambiante, environ 20° C, avant durcissement, on procède à l'*ébarbage à la main* (Fig. 24), à l'aide d'un outil tranchant.

Après polymérisation (celle-ci nécessite, à un certain stade, l'apport d'une source de chaleur : lampe infra-rouge, étuve) (Fig. 25), on démoule la pièce (Fig. 26), puis on la parfait par un *ébarbage définitif* à la scie diamant, à la ponçeuse ou à la scie circulaire, selon le cas.

Fig. 23
Ébullage

Fig. 24
Ébarbage à la main

Fig. 25
Polymérisation en étuve

Fig. 26
Démoulage

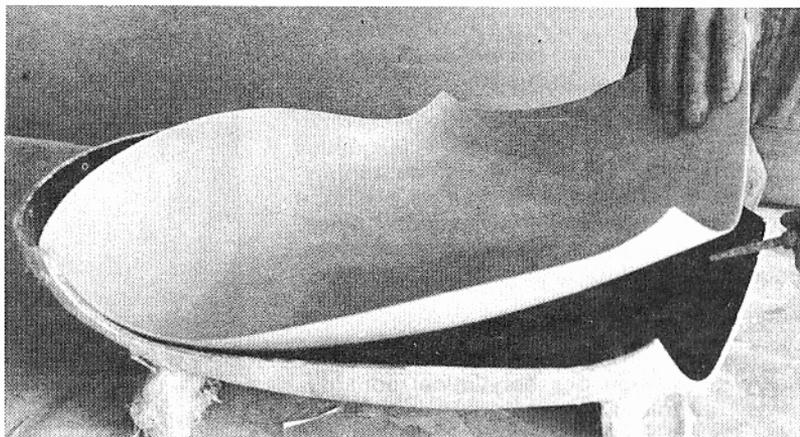


Fig. 26.

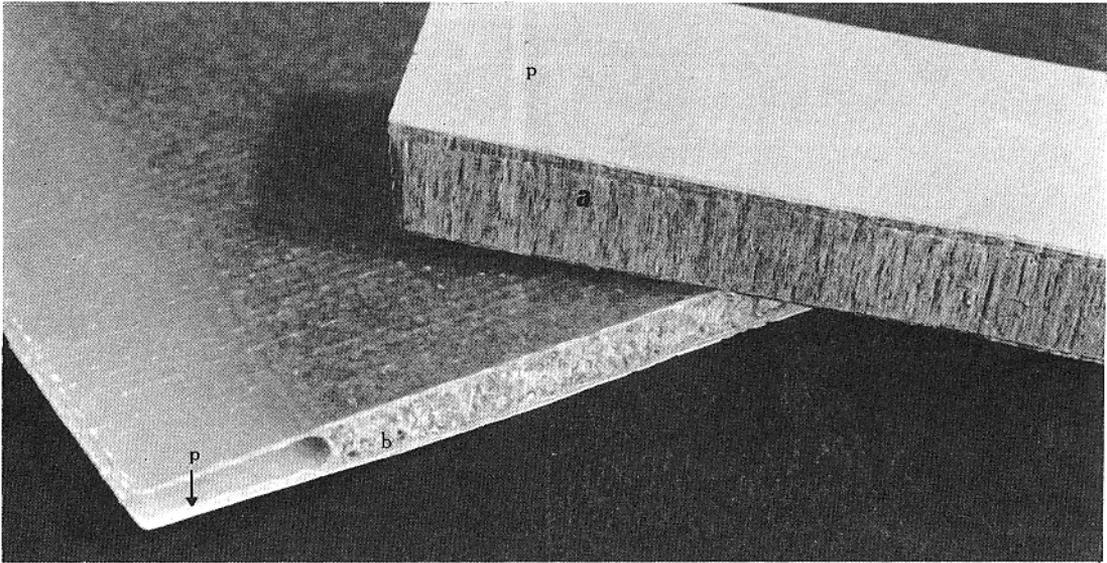


Fig. 27. — Structure « sandwich ».

a : balsa - b : mousse de plastique - p : parements de surface.

— Fibres de carbone.

Pour améliorer les caractéristiques mécaniques (limite d'élasticité, résistance à la traction, à la flexion, ...) des stratifiés, on fait appel à de nouvelles fibres, telles que les **fibres de carbone**, pouvant être obtenues par décomposition thermique de fibres acryliques.

Les fibres de carbone s'utilisent **seules** ou **associées à des fibres de verre**.

— Structures « sandwich ».

La rigidité d'un stratifié est accrue par la réalisation de *structures* « sandwich », lesquelles comportent une âme — matériau de remplissage, tel que balsa ou mousse de plastique (Klégécél, polystyrène, PMC, polyuréthanes) — et deux parements de surface (aluminium, plaques de stratifié, ...) (Fig. 27).

1.7.2. — Rhodoïd - Plexiglas.

Le *rhodoïd* (groupe des cellulosiques), le *plexiglas* (groupe des acryliques) sont des corps thermoplastiques utilisés pour les pare-brise, les verrières d'habitacle (Fig. 28), les hublots, toutes parties qui ne doivent pas

produire d'éclats dangereux pour les occupants en cas de bris.

Par sa légèreté, sa transparence, sa facilité de mise en forme, le plexiglas présente de nombreux avantages sur le verre.

Les notices d'entretien auxquelles il faut se conformer conseillent souvent, pour les verrières :

- Nettoyage : eau savonneuse ;
- Entretien : chiffon doux avec produits appropriés.

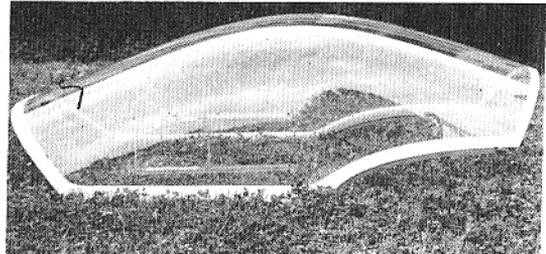


Fig. 28. — Verrière d'habitacle.

On distingue, collé à l'avant, le fil de laine permettant très simplement de contrôler la symétrie du vol. (Corrélation avec les indications fournies par la bille).

Résumé

Les bois.

Les bois utilisés en construction aéronautique subissent des essais permettant de déterminer leurs qualités mécaniques. Ils peuvent être classés en résineux et en feuillus.

Les contreplaqués sont obtenus en collant plusieurs feuilles de bois de faible épaisseur (plis).

Les bois améliorés possèdent une résistance mécanique supérieure à celle des résineux et des feuillus.

Métaux et alliages.

Pour les aciers le métal de base est le fer. On distingue les aciers non alliés désignés par la lettre C, les aciers faiblement alliés, les aciers fortement alliés (symbole Z).

Le métal de base des alliages légers est l'aluminium.

Les rivets ont différentes formes ; le rivet tête fraisée a de très bonnes qualités aérodynamiques.

Les alliages ultra-légers sont à base de magnésium ou de cuivre.

Entoilages aéronautiques.

Les matériaux doivent être :

- de qualités aérodynamiques ;
- adaptés à l'appareil ;
- homogènes.

Protection, enduits, peintures.

Les enduits augmentent la résistance des toiles. La corrosion d'un métal a pour origine un phénomène chimique ou électro-chimique.

Les métaux sont protégés de la corrosion soit

par application d'une couche de protection, soit par modification de la nature de la surface.

Les peintures sont utilisées pour la finition de l'appareil.

Les colles.

En aéronautique on emploie les colles synthétiques autorisées par le Service technique aéronautique et dans des conditions bien définies.

Caoutchouc, élastomère.

Les caoutchoucs naturels et synthétiques sont utilisés dans la fabrication des pneumatiques, des amortisseurs, des durits,...

Les matières plastiques.

Les matières plastiques sont appelées thermodurcissables si la plasticité n'est obtenue qu'une fois (pièces moulées), thermoplastiques si la plasticité est renouvelable par nouvelle chauffe (tubes, profils).

Les résines thermodurcissables (polyester, époxy) passent après traitement à un état solide permanent. Leur transformation est irréversible. Les stratifiés ont deux composantes principales :

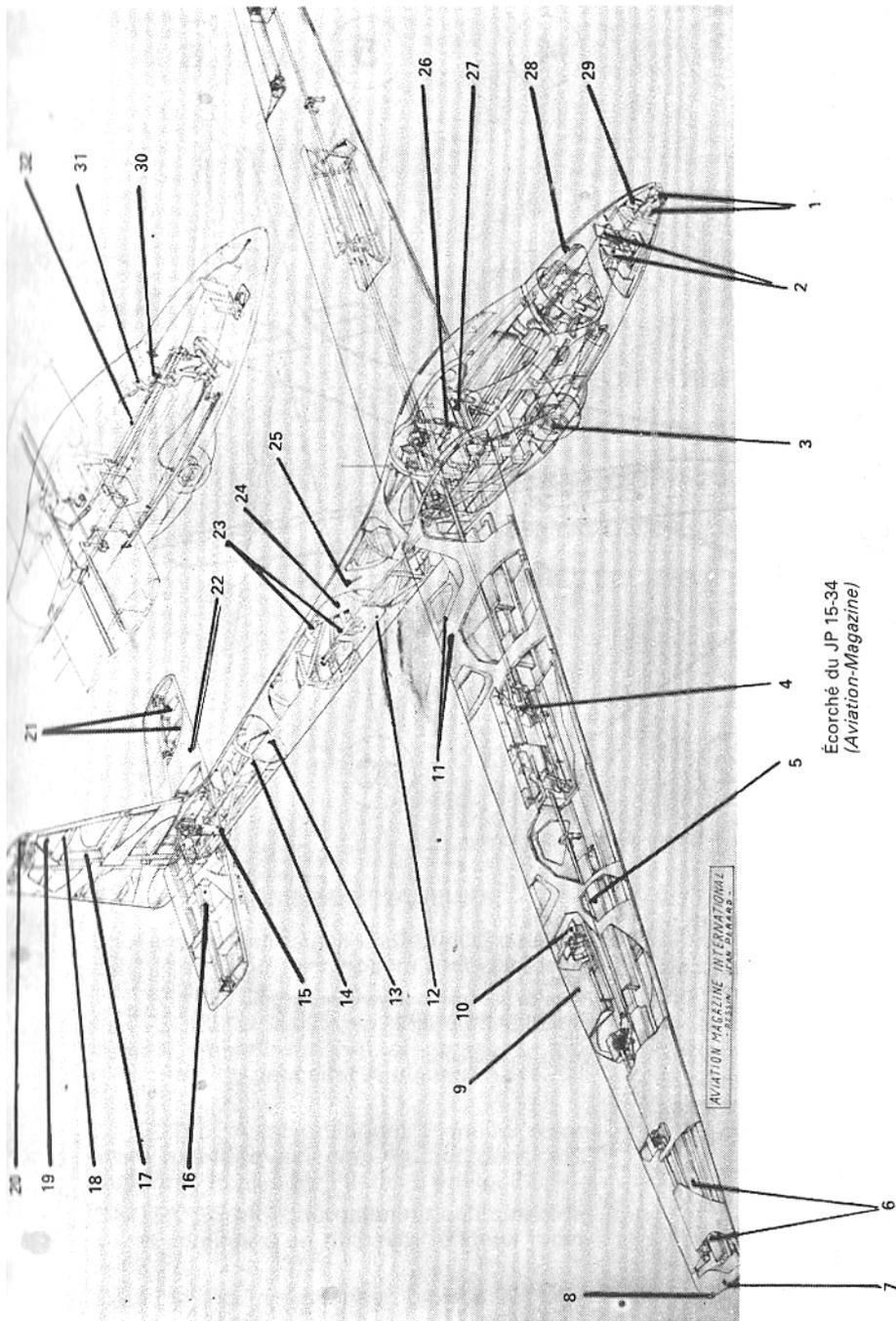
- une matrice : la résine ;
- un renfort : la fibre (fibre de verre).

La structure « sandwich » est constituée d'une partie centrale (balsa, mousse ou plastique) collée entre deux plaques de stratifié.

Le rhodoïd et le plexiglas sont des thermoplastiques utilisés pour leur légèreté et leur transparence.

Questions

1. — Comment varient les qualités mécaniques des bois utilisés en aéronautique ? Conditions d'utilisation ? Résistance aux efforts ?
2. — Quelles sont les différentes essences de bois utilisées en construction aéronautique ? Indiquer leurs caractéristiques.
3. — Le contreplaqué. Constitution ; utilisation en aéronautique. Comment est-il défini ? Donner un exemple.
4. — Sous quelles formes sont principalement utilisés les aciers dans la construction des planeurs ?
5. — Comment est constitué un alliage métallique ?
6. — Quand dit-on qu'un acier est fortement allié ?
7. — Quelles sont les différentes formes de rivets ?
8. — Alliages utilisés pour la fabrication des rivets ?
9. — Comment sont classés les aciers d'après leur composition ?
10. — Quel est le métal de base des alliages légers ?
11. — Quels sont les matériaux employés pour recouvrir les ailes, les fuselages en tubes ? Caractéristiques mécaniques de ces matériaux.
12. — Nommer les colles à bois dont l'emploi est autorisé en aéronautique. Donner les conditions d'utilisation.
13. — Quelle est l'utilité des enduits ?
14. — Comment assure-t-on la protection des bois en aéronautique ?
15. — Comment peut-on classer les matières plastiques ?
16. — Dans quels groupes de matières plastiques place-t-on le rhodoïd et le plexiglas ?
17. — Pour quelles raisons utilise-t-on les stratifiés dans la fabrication de certains éléments de planeurs ?
18. — Comment sont réalisés les stratifiés utilisés dans la fabrication des éléments de planeurs ?
19. — Quels sont les constituants principaux des stratifiés ?
20. — En quoi consiste le procédé de la fusion directe ?
21. — Procédés utilisés pour l'étirage du verre à la sortie de la filière ?
22. — Qu'est-ce que l'ensimage ?
23. — La résistance à la traction est-elle la même, quel que soit le sens d'utilisation, pour un contreplaqué 3 plis à 90° ?



Écorché du JP 15-34
(Aviation-Magazine)

1. Crochet de remorquage sur cadre avant.
2. Pédalier.
3. Roue équipée de freins à segments (commande mécanique).
4. Bras d'aérofreins.
5. Semelles de longeron en I (26 épaisseurs à épaisseurs).
6. Longeron en I.
7. Saumon de voilure.
8. Patin de protection (en métal) du saumon.
9. Alleron fibre de verre.
10. Boîte d'aileron en fibre de verre (multicoque).

11. Revêtement d'extrados (sandwich).
12. Lisse de profilage.
13. Entoilage du caisson fuselage.
14. Revêtement contreplaqué (flancs de caisson de fuselage).
15. Cadre fort arrière.
16. Longeron principal de caisson de plan fixe.
17. Longeron principal de caisson dérive.
18. Nervure (balsa).
19. Revêtement contreplaqué.
20. Masse d'équilibrage du gouvernail.
21. Nervure balsa. Revêtement contreplaqué.
22. Caissonnage plan fixe.

23. Longeron.
24. Revêtement contreplaqué (caisson fuselage).
25. Contreplaqué 15 mm (capotage caisson supérieur).
26. Broche de verrouillage des embouts de longeron.
27. Tube d'attache principal sur cadre fort.
28. Pointe avant stratifié.
29. Cadre avant de caisson de fuselage.
30. Manche pilote.
31. Poignée commande d'aérofreins.
32. Bielle coulissante commande d'aérofreins.

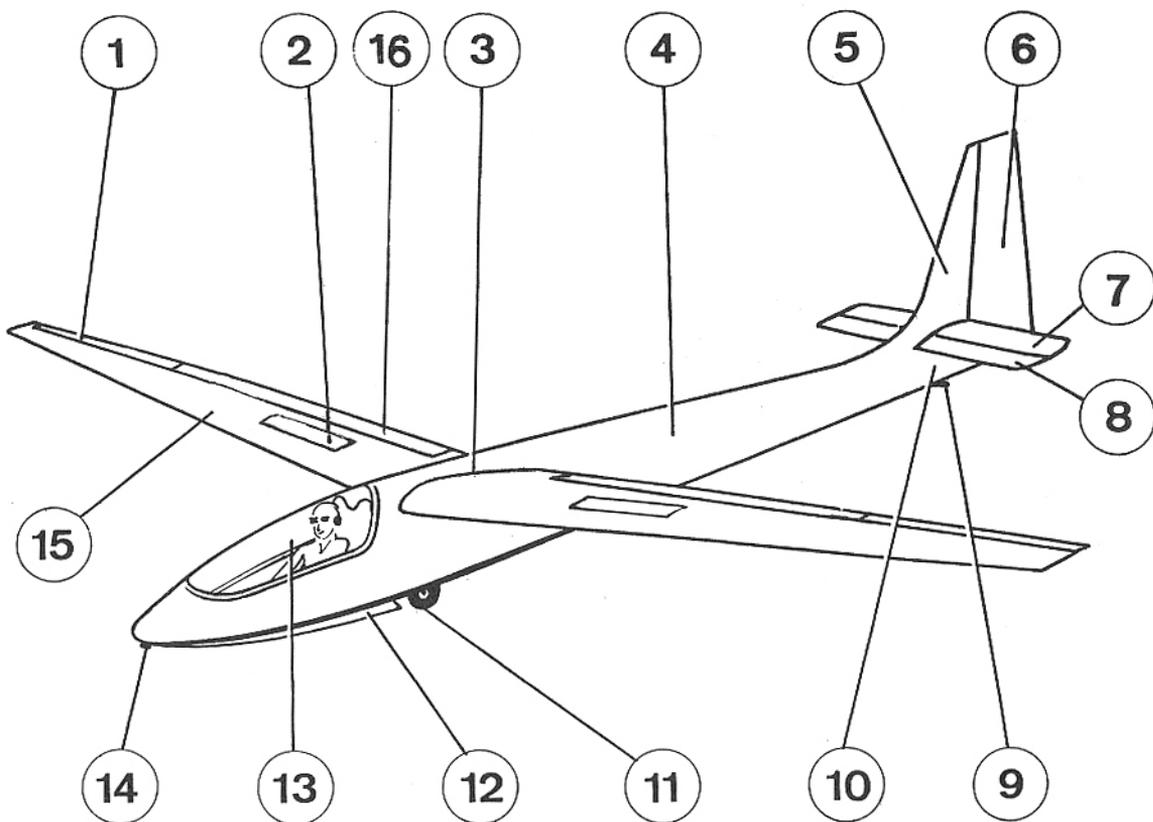


Fig. 29. — Divers éléments du planeur.

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. Aileron. | 9. Béquille. |
| 2. Aérofrein. | 10. Etambot. |
| 3. Emplanture. | 11. Roue. |
| 4. Fuselage. | 12. Patin. |
| 5. Dérive. | 13. Poste de pilotage avec verrière intégrée. |
| 6. Gouvernail de direction. | 14. Crochet de remorquage. |
| 7. Gouvernail de profondeur. | 15. Aile. |
| 8. Plan fixe. | 16. Volets de courbure. |

LE PLANEUR

- 2.1 — CATÉGORIES DE PLANEURS.
- 2.2 — ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS D'UN PLANEUR.
- 2.3 — INSTRUMENTS ET ÉQUIPEMENTS DE BORD.
- 2.4 — PRÉSENTATION DE QUELQUES PLANEURS.
- 2.5 — PLANEURS ÉQUIPÉS D'UN DISPOSITIF D'ENVOL INCORPORÉ.

2.1. — CATÉGORIES DE PLANEURS.

En vue de la délivrance du Certificat de Navigabilité de Type, les planeurs sont classés en trois catégories.

CATÉGORIE U (utilitaire). Planeurs d'**usage général** (mention début et sport). A titre d'exemple on peut citer le planeur ASW 20 F (Fig. 30).

CATÉGORIE A (acrobatique). Planeurs réservés à la **voltige** aérienne. A noter, dans cette catégorie, le planeur Pilatus B 4 (Fig. 31).

CATÉGORIE MU (motoplaneur utilitaire). Planeurs équipés d'un **dispositif d'envol incorporé** (Fig. 32 et 33).

Exemple : le motoplaneur biplace SF 28 A Tandem Falke.

2.2. — ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS D'UN PLANEUR.

Un planeur se compose des éléments principaux suivants :

— le **fuselage**, la **voilure**, les **empennages**, l'**atterrisseur** (Fig. 29).

Suivant le type de planeur, ces éléments présentent des différences (Fig. 34 et 35) :

- fuselage à flancs droits ;
- fuselage à flancs arrondis ;
- aile haute à profil classique, de forme rectangulaire ou trapézoïdale (Fig. 35) ;
- aile semi-haute ;
- aile médiane pouvant être de forme elliptique.

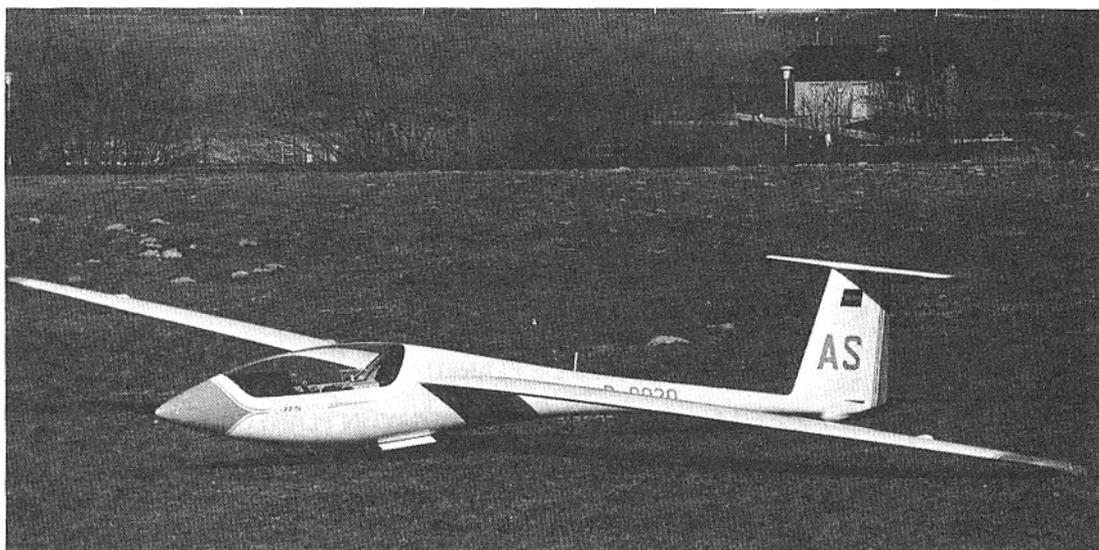
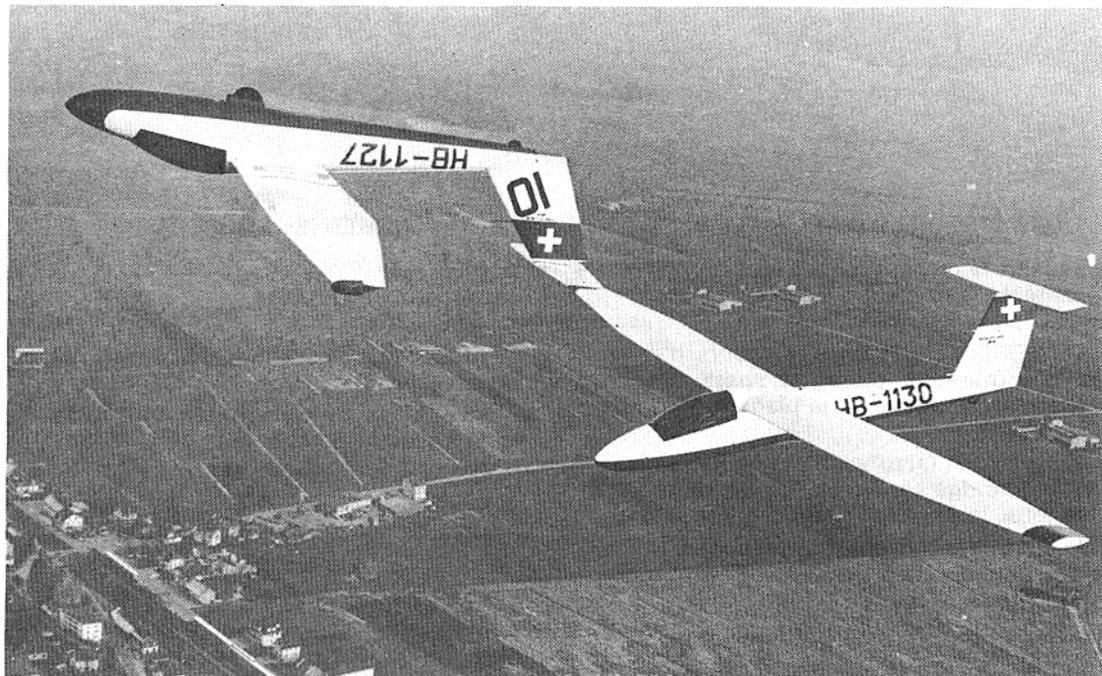


Fig. 30. — ASW 20 F

Fig. 31. — PILATUS B 4



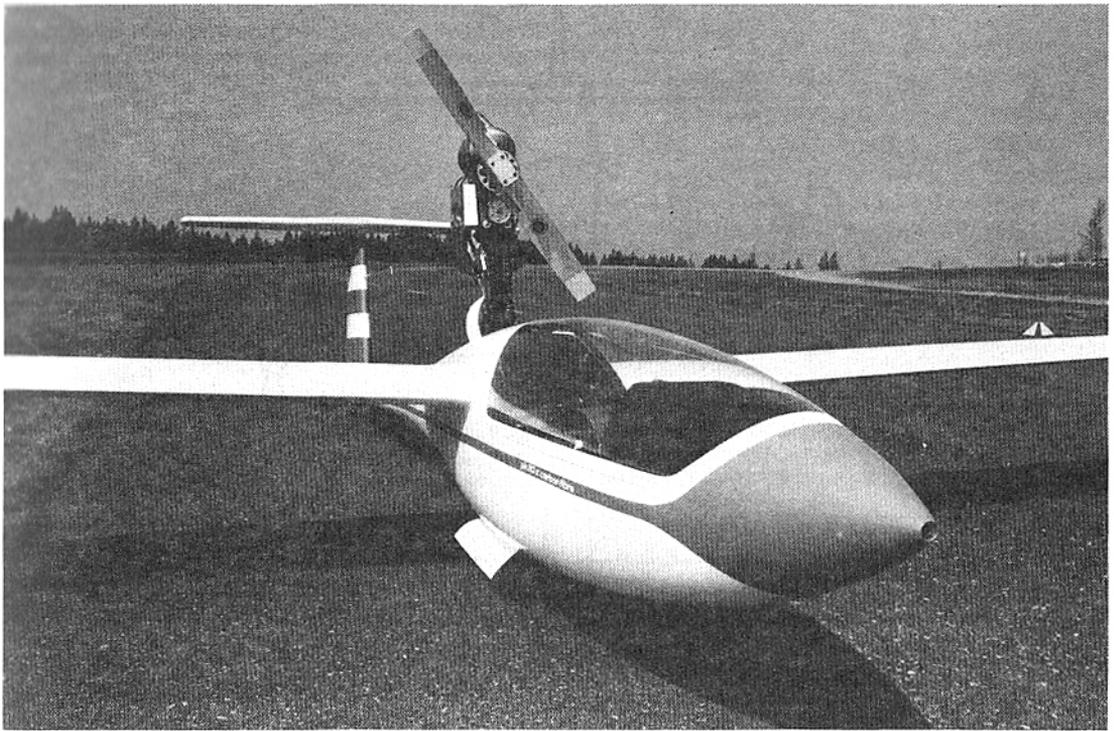
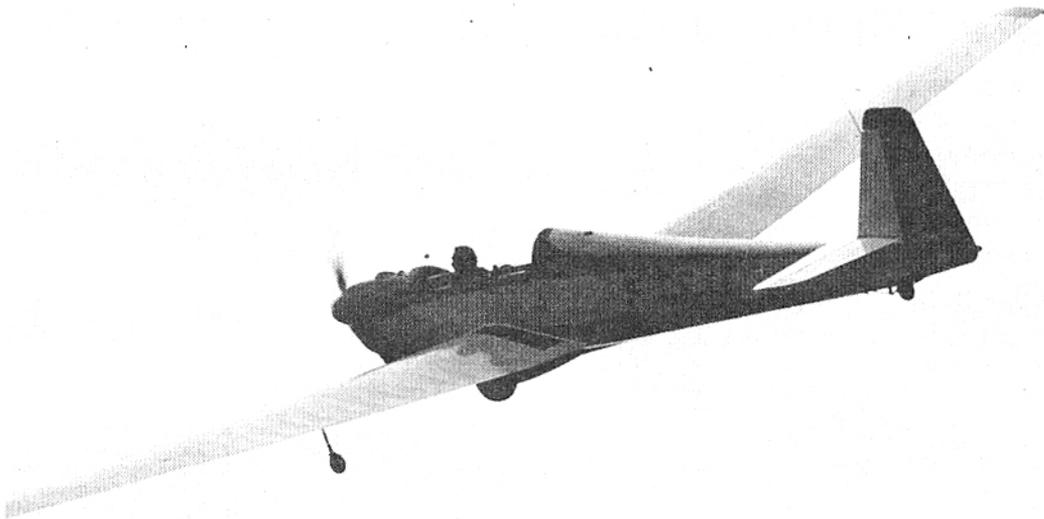
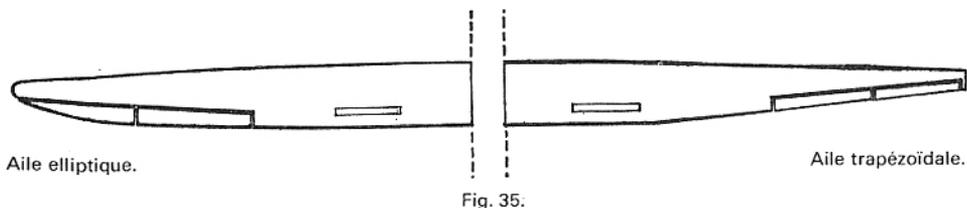
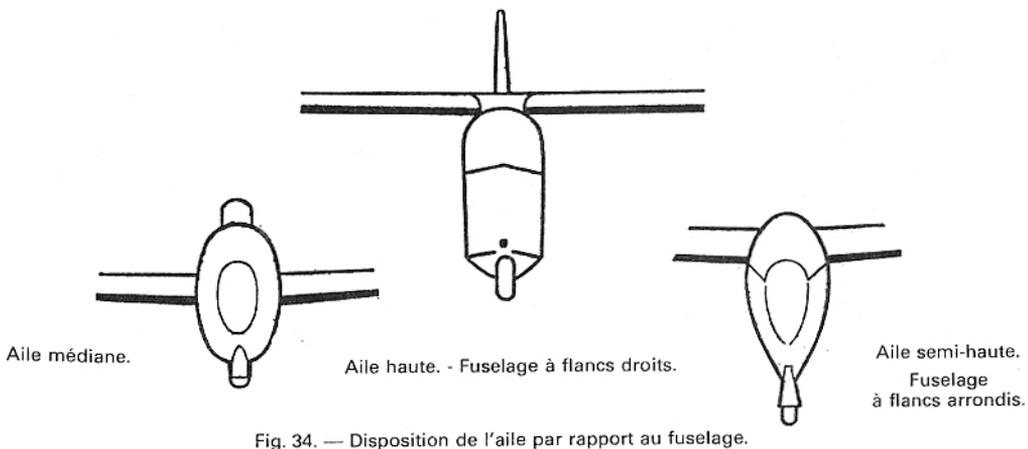


Fig. 32. — PIK 20 E.

Fig. 33. — Motoplaneur biplace SF 28 A - TANDEM-FALKE.





2.2.1. — Construction bois (1).

Les ailes.

Une **aile** est formée des éléments suivants (Fig. 36) :

- le **longeron principal** ;
- le **longeron secondaire** ou **faux longeron** ;
- les **ailerons** ;
- les **nervures** ;
- les **aérofreins** ;
- le **revêtement**.

Le longeron.

C'est la pièce principale de l'aile, une longue et mince poutre disposée selon l'envergure. Le longeron supporte la majeure partie des

efforts aérodynamiques et doit être construit très soigneusement. Il comporte, en général,

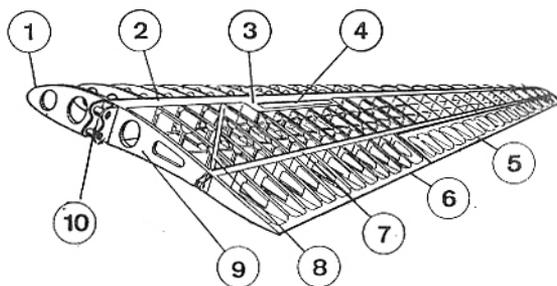


Fig. 36. — Schéma de structure d'aile.

- | | |
|------------------------|-------------------------------|
| 1. Bord d'attaque. | 6. Bord de fuite. |
| 2. Longeron principal. | 7. Faux longeron. |
| 3. Renfort. | 8. Barre de trainée. |
| 4. Aérofrein. | 9. Nervure d'emplanture. |
| 5. Aileron. | 10. Ferrure d'attache d'aile. |

(1) A partir de 1960, les planeurs de construction bois toile sont progressivement remplacés par les planeurs réalisés partiellement ou entièrement en stratifié.

deux semelles constituées par des lames de spruce ou d'épicéa contre-collées, reliées par deux âmes en contreplaqué raidies par des entretoises (Fig. 37).

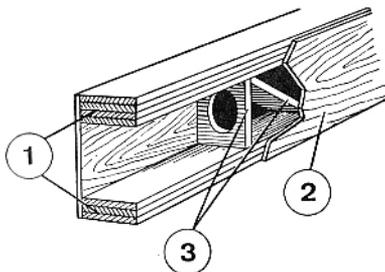


Fig. 37. — Longeron caisson.

La flexion vers le haut, à laquelle est soumise l'aile pendant le vol, crée une compression de la semelle supérieure et une extension de la semelle inférieure d'où (1.1.2, page 13) l'augmentation d'épaisseur de la semelle supérieure.

1. Semelles. 2. Âme. 3. Entretoises.

L'extrémité du longeron, côté fuselage, reçoit les ferrures d'attaches permettant la liaison des ailes entre elles et avec le fuselage (Fig. 36-10).

Le longeron secondaire ou faux longeron.

Placé vers l'arrière de l'aile (Fig. 38-5), il supporte l'aileron. Le longeron secondaire est composé d'une âme en contreplaqué et de liteaux collés d'un seul côté, en haut et en bas.

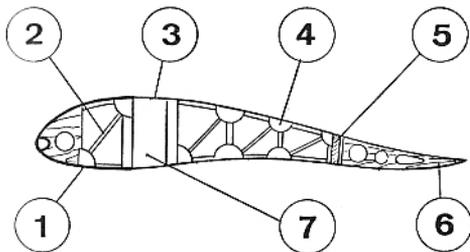


Fig. 38. — Nervure.

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Caisson bord d'attaque. | 5. Passage faux longeron, ou longeron secondaire. |
| 2. Entretoise. | 6. Bord de fuite. |
| 3. Semelle. | 7. Passage longeron. |
| 4. Gousset contreplaqué. | |

Les ailerons.

Un aileron est construit comme une aile. Il

comporte un longeron, des nervures et un revêtement.

Les nervures.

Elles donnent à l'aile son profil et transmettent les efforts au longeron (Fig. 38).

Une nervure, planeur ou avion, est formée par deux semelles (en baguette de spruce ou de pin d'Orégon) mises en forme et réunies par des entretoises. Elle peut comporter plusieurs parties (Fig. 39).

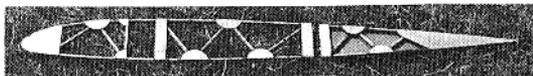


Fig. 39. — Nervure - Semelles - Entretoises

Certaines nervures sont renforcées par deux âmes en contreplaqué (Fig. 40).

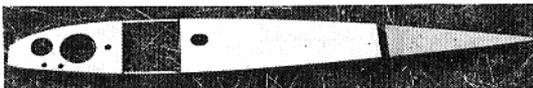


Fig. 40. — Nervure renforcée par âmes en contreplaqué.

Les aérofreins (1).

Ils sont utilisés pour augmenter la traînée du planeur, pour limiter sa vitesse maximale, pour lui permettre, en diminuant sa finesse, d'augmenter son angle de descente et de se poser sur des terrains plus courts.

Les aérofreins sont généralement des surfaces mobiles sortant perpendiculairement : soit à l'extrados (Fig. 41) ;

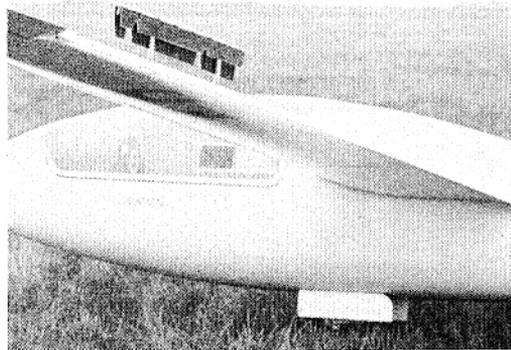


Fig. 41. — Aérofrein d'extrados.

(1) Planeurs construction bois, métal ou plastique.

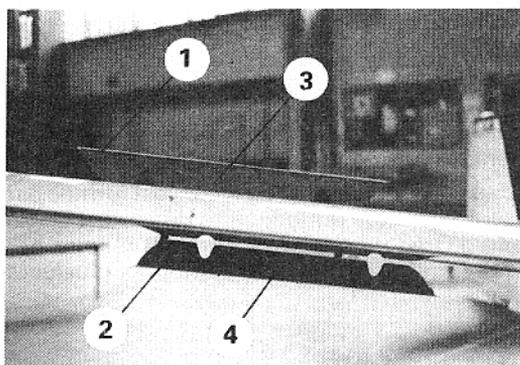


Fig. 42 a. — Aérofreins d'extrados et d'intrados.

1. Plaque de fermeture (aérofreins extrados).
2. Plaque de fermeture (aérofreins intrados).
3. Palette supérieure (aérofreins d'extrados).
4. Palette inférieure (aérofreins d'extrados).

soit à l'intrados ;

soit à l'intrados et à l'extrados (Fig. 42 a).

Sur certains planeurs, les aérofreins se braquent sur une partie du bord de fuite (Fig. 42 b). Les aérofreins nécessitent des renforts locaux de la voilure.

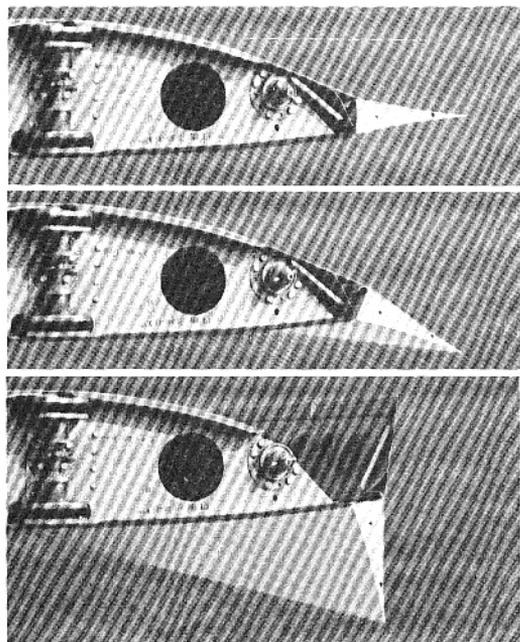


Fig. 42 b.

Le revêtement.

En avant du longeron, l'aile est recouverte de contreplaqué qui forme avec le longeron un « caisson de bord d'attaque », résistant parfaitement aux efforts de torsion. En arrière du longeron, le revêtement est en toile, collé sur les semelles des nervures et parfois « lardé », c'est-à-dire cousu sur les nervures. Plusieurs couches d'enduit protègent la toile en la tendant et l'imperméabilisent. Une couche de peinture polit sa surface.

— Le fuselage.

Si le **fuselage** est construit en bois, les éléments suivants le composent : les **cadres**, les **lisses**, le **revêtement**.

Les cadres.

Ils donnent la forme de la section du fuselage. Ils peuvent être, suivant le type de planeur :

— à flancs droits (fuselage à section polygonale) (Fig. 43) ;

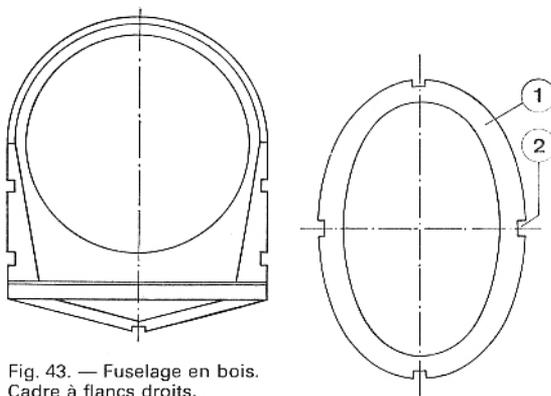


Fig. 43. — Fuselage en bois.
Cadre à flancs droits.

Fig. 44. — Fuselage en bois.
Cadre à section ovoïde.

Les cadres 1 sont réunis entre eux par des longerons et lisses qui passent dans les encoches 2.

— à flancs arrondis (fuselage à section ovoïde) (Fig. 44).

Les cadres sont construits de la même manière que les nervures : semelles de spruce ou de sapin mises en forme et entretoisées. Certains cadres devant subir des efforts importants sont renforcés par des âmes en contreplaqué (cadres principaux).

Les lisses.

Les cadres (Fig. 44-1) sont réunis entre eux par des lisses passant dans des encoches (Fig. 44-2) pratiquées à cet effet et permettant la pose du revêtement.

Le revêtement.

Pour les fuselages de construction bois, le revêtement est en contreplaqué.

Remarque : Il existe des planeurs dont le fuselage est construit en tubes métalliques formant une structure en treillis analogue à celle rencontrée sur certains avions.

— Les empennages.

Ils comprennent :

- le **plan fixe vertical** ou **dérive** ;
- le **gouvernail de direction** ;
- le **plan fixe horizontal** ;
- le **gouvernail de profondeur** (Fig. 45).

Les empennages assurent la stabilité de l'appareil et permettent de le manœuvrer. La construction est semblable à celle des ailes (longeron, nervures, revêtement).

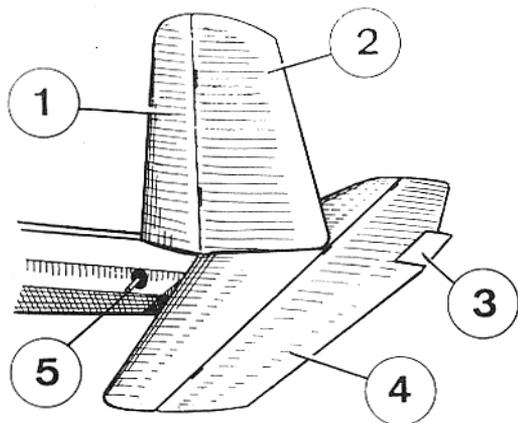


Fig. 45. — Empennage classique.

1. Dérive.
2. Gouvernail de direction. 4. Gouvernail de profondeur.
3. Compensateur (1). 5. Barre de levage.

(1) Pour réduire la fatigue du pilote, on peut pratiquer la compensation des gouvernes. Une des méthodes consiste à utiliser une surface auxiliaire fixée au bord de fuite de la gouverne à compenser. Cette surface auxiliaire est appelée compensateur, « flettner » ou « tab ».

(2) Planeurs construction bois, métal ou plastique.

La dérive est, en général, un prolongement de l'extrémité arrière du fuselage, le bec de dérive étant collé sur la lisse supérieure du fuselage.

Il existe plusieurs formes d'empennages (2) :

- l'empennage cruciforme (Fig. 46) ;
- l'empennage en T (Fig. 47) ;



Fig. 46. — Empennage cruciforme.



Fig. 47. — Empennage en T.

— l'empennage en V dit « papillon » (Fig. 48).

L'empennage horizontal est dit « mono-



Fig. 48. — Empennage en V, dit « papillon ».

bloc » s'il est constitué par un seul élément entièrement mobile (Fig. 49).

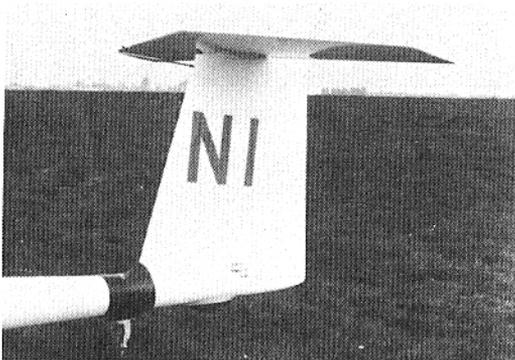


Fig. 49. — Empennage monobloc.

2.2.2. — Construction métal.

La **construction métallique** se caractérise par des **assemblages rivés** de profilés, de tubes d'acier ou d'alliage léger et par un **revêtement en tôle d'aluminium**. On retrouve d'ailleurs à peu près les mêmes éléments que dans la construction bois. Il arrive même que la **construction soit mixte : bois, métal, plastique**.

— Voilure.

En général, la voilure comporte un longeron principal en alliage léger à âme souvent unique. Des rivets relient la tôle d'aluminium aux semelles du longeron et aux nervures métalliques.

— Fuselage - Empennages.

Le fuselage est généralement constitué par une **structure monocoque** ou bien **semi-monocoque**, pouvant s'étendre jusqu'à l'étrémité mais s'arrêtant parfois derrière la voilure. La dérive vient souvent de construction avec le fuselage pour recevoir, à son sommet, le plan fixe.

Comme il existe une gamme assez étendue de planeurs et de motoplaneurs métalliques il ne sera présenté, dans ce qui suit, que des exemples donnant lieu à des remarques intéressantes soit du point de vue technologique, soit du point de vue assemblage et montage.

C'est ainsi, par exemple :

- que la voilure de l'**IS-28 B 2** (Fig. 50) (roumain), démontable en deux parties, s'assemble au fuselage par un axe vertical ;
- que le saumon d'extrémité d'aile est équipé d'une roulette de protection ;
- que le fuselage est de structure monocoque jusqu'aux environs du bord de fuite de la voilure, l'arrière étant une poutre en structure tubulaire à revêtement alliage léger.

Comme il est indiqué sur le dessin écorché (Fig. 51) le longeron principal de l'aile du **PI-LATUS B4** en alliage léger a un profil en U. Entre les nervures métalliques sont intercalées des nervures en mousse de plastique dure et l'assemblage aile-fuselage est réalisé par un système d'attache en cinq points (Fig. 52 a et b) (trois clavettes sur les longerons principaux, deux sur les longerons secondaires).

Quant à l'empennage (Fig. 53 a et b), un seul écrou en assure l'assemblage, celui-là verrouillant également la gouverne de profondeur.

Un sabot de protection à l'extrémité de l'aile (Fig. 51) évite, au braquage, le contact aileron-sol.

Sur le **CALIF A 21 S**, dont on voit le système d'assemblage sur la figure 54 (voilure en 3 parties), le train d'atterrissage à deux roues (page 66) possède une rétraction mécanique (Fig. 55).

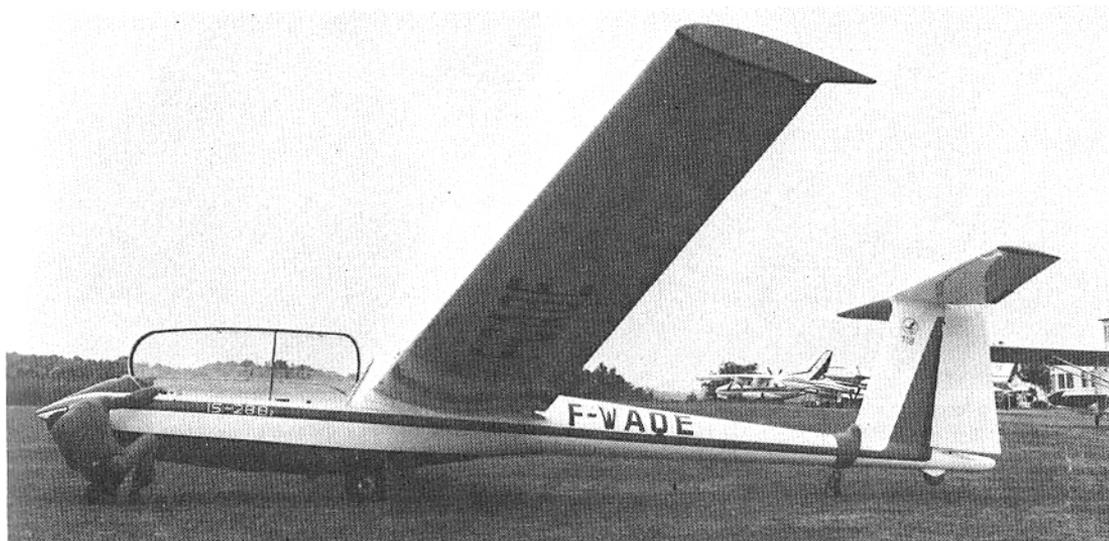


Fig. 50. — IS - 28 B 2.

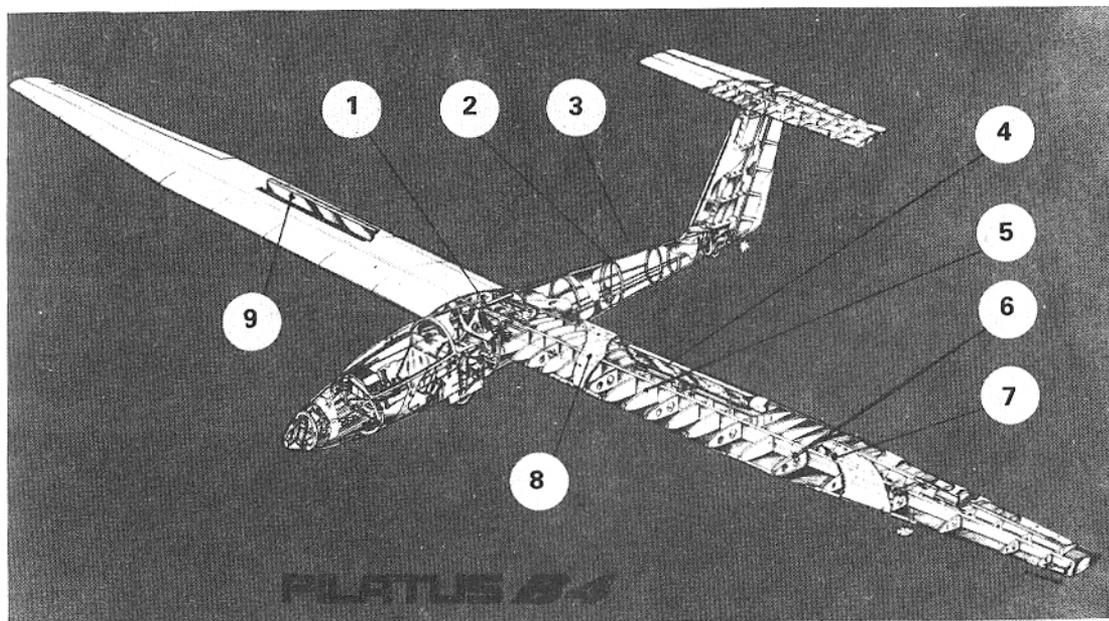


Fig. 51. — PILATUS B4.

1. Attache avant de la voilure (Fig. 52 a).
2. Cadre.
3. Demi-coque.
4. Aérofrein.
5. Nervure mousse de plastique dur.

6. Nervure métallique.
7. Longeron profil en U (alliage léger).
8. Tôle d'aluminium.
9. Aérofrein.

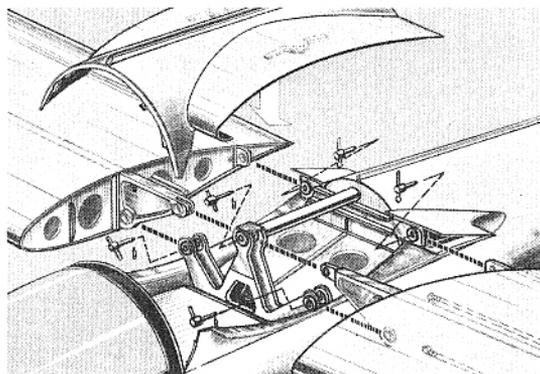


Fig. 52 a. — Système d'attache en cinq points permettant de relier les ailes au fuselage (PILATUS B 4).

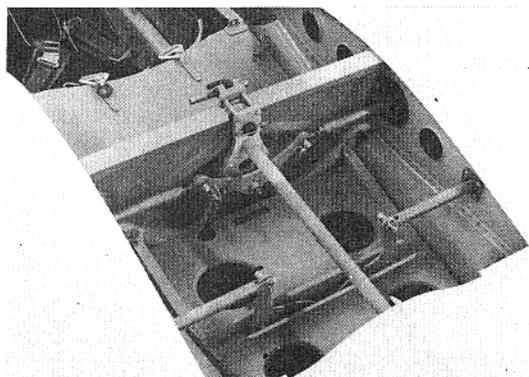


Fig. 52 b. — Bielles d'aileron et d'aérofreins couplées aux commandes par les extrémités fourchues de la bielle.

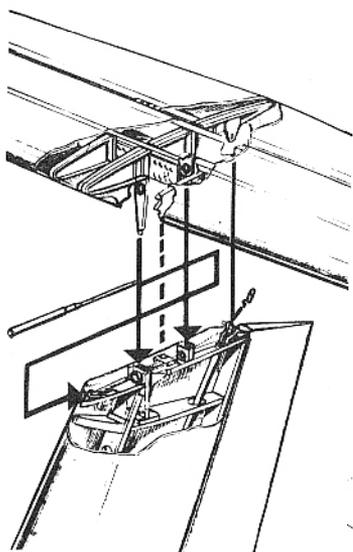


Fig. 53 a.
Assemblage de l'empennage.

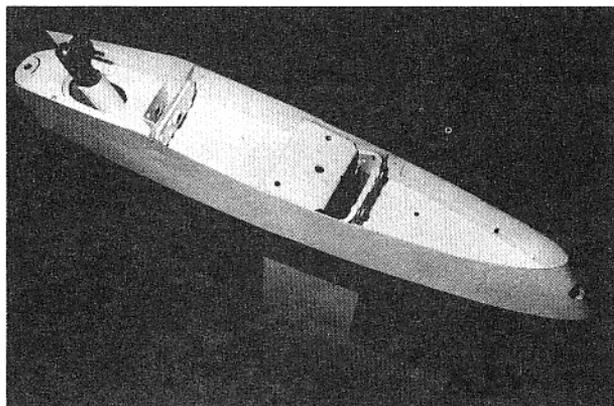


Fig. 53 b. — On voit ici la partie supérieure de l'empennage prêt à recevoir la gouverne de profondeur (vue de droite).

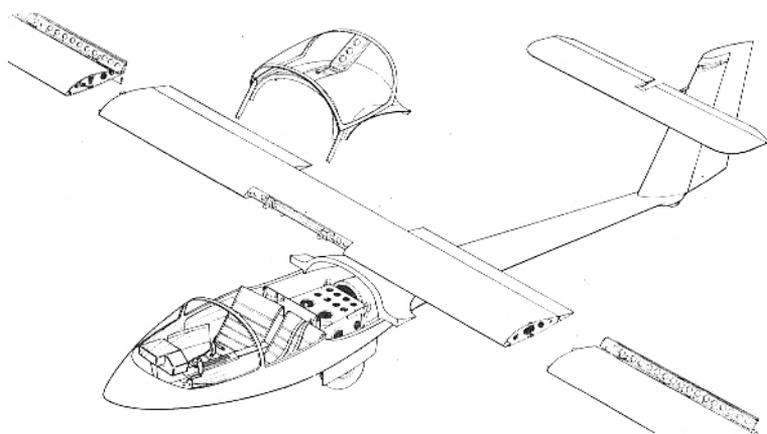


Fig. 54. — Assemblage aile-fuselage, empennage-fuselage sur le CALIF A 21 S.

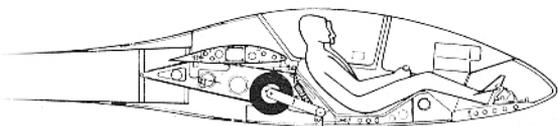


Fig. 55. — Rétraction mécanique du train du CALIF A 21 S. (dessin P. Turlizzi).

2.2.3. — Construction mixte et « Tout plastique ».

Avant de s'intéresser aux planeurs « **Tout plastique** » il apparaît utile d'étudier la **construction mixte**, c'est-à-dire fuselage classique, bois par exemple, et aile moderne. Une partie de la réalisation est à la portée des constructeurs amateurs.

Construction mixte.

Dans cette gamme de planeurs on peut citer le « **KIT-CLUB 15-34** » qui est une version dérivée du planeur de classe standard **JP 15-36 A** construction de série (Fig. 56).

— Voilure.

Le **longeron principal** du « **KIT-CLUB 15-34** » section en I, est constitué par une **âme en sandwich tissu de verre et mousse** qui relie les **semelles tissu de verre multicouche** (passant de 26 épaisseurs à l'emplanture à deux épaisseurs en bout d'aile).

Le longeron de l'aile droite est terminé par deux embouts (Fig. 57) et celui de l'aile gauche par un embout (Fig. 58) pour permettre l'**emboîtement** au moment du montage, **des deux demi-voilures**.

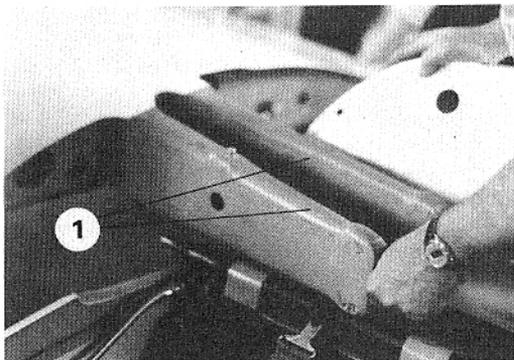


Fig. 57. — Embout double de longeron voilure droite 1.

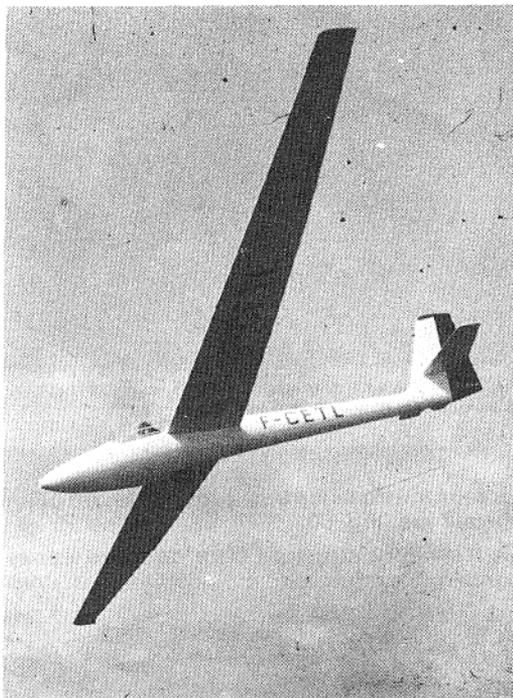


Fig. 56. — JP 15-36 A.

Les **aérofreins**, construits en alliage A-U4G sont situés entre l'emplanture et les ailerons. Ils sont actionnés depuis le poste de pilotage (Fig. 59), à partir d'une commande située côté gauche. Ceci à l'aide d'une timonerie rigide.

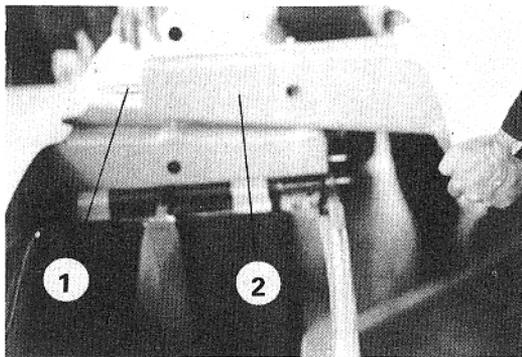


Fig. 58. — Embout simple de voilure gauche.

1. Téton d'assemblage.
2. Embout central de longeron voilure gauche.

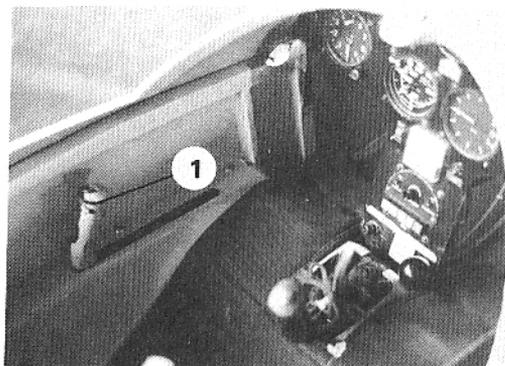


Fig. 59. — Poste de pilotage.
1. Poignée de commande d'aérofreins.

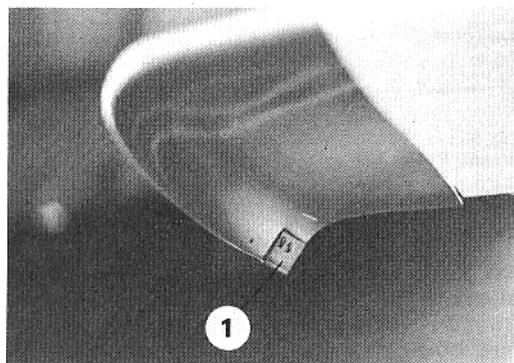


Fig. 60. — Saumon d'aile protégé par un patin métallique 1.

Le **saumon de voilure** est protégé par un patin métallique (Fig. 60).

Cette **voilure** structure **fibre de verre époxy sandwich** est produite industriellement. Pour

les constructeurs amateurs, elle est livrée tout équipée.

— Fuselage.

Le **fuselage** de **construction bois**, spruce, frêne, contreplaqué de bouleau et d'okoumé est constitué par un caisson de section trapézoïdale en contreplaqué reposant sur 5 cadres (Fig. 61).

Un cadre principal (Fig. 62) situé à l'avant reçoit les supports d'attache (Fig. 63) de la voilure. La ferrure d'attache du stabilisateur est supportée par le cadre arrière. Deux cadres « forts » sont présentés sur la figure 64 (2 et 3).

Le profilage définitif du fuselage allant de la pointe avant jusqu'aux environs du bord de fuite de l'aile, est assuré par une coque en stratifié. La partie arrière est dotée d'un habillage en toile reposant sur des lisses.

— Montage de la voilure.

Le montage des deux demi-voilures s'effectue facilement par encastrement des embouts de longeron et par la fixation sur deux tubes d'attache (avant et arrière) du fuselage (Fig. 65-66-67-68). Une broche bloque les embouts de longeron (Fig. 69).

— Empennages.

Les **empennages** de **type cruciforme** sont réalisés en **bois**. Le **plan fixe** (Fig. 70) est constitué par des **nerveux balsa** revêtement

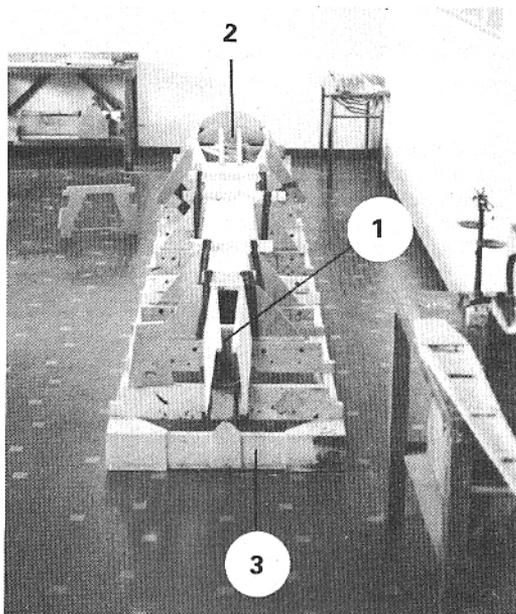


Fig. 61. — Caisson reposant sur 5 cadres.
1. Cadre arrière en place.
2. Cadre principal.
3. Boîte de montage.

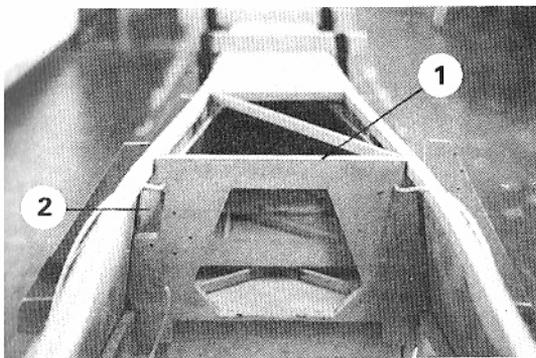


Fig. 62. — Caisson de section trapézoïdale (vu de l'avant).
 1. Cadre principal.
 2. Passage pour commande de gauchissement.

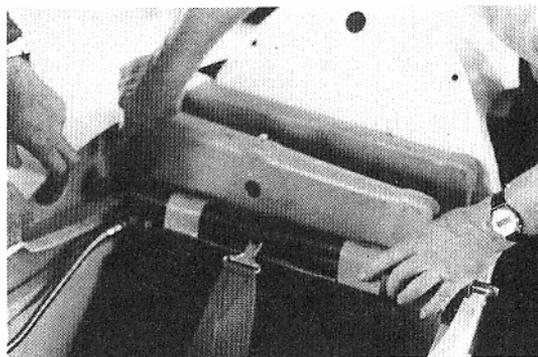


Fig. 65. — Présentation de l'aile droite.

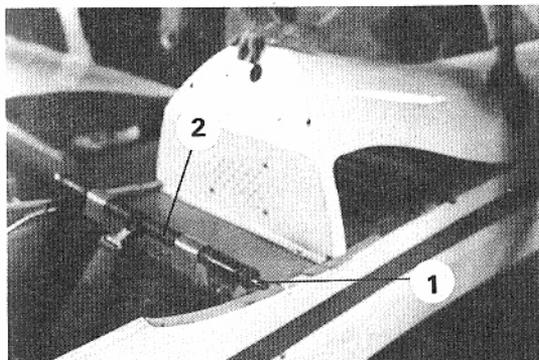


Fig. 63. — Tube d'attache sur cadre principal.
 1. Tourillon de montage de voilure gauche sur le tube d'attache principal 2.

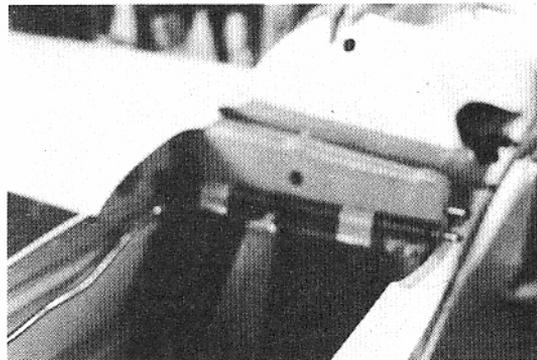


Fig. 66. — Aile droite en place.

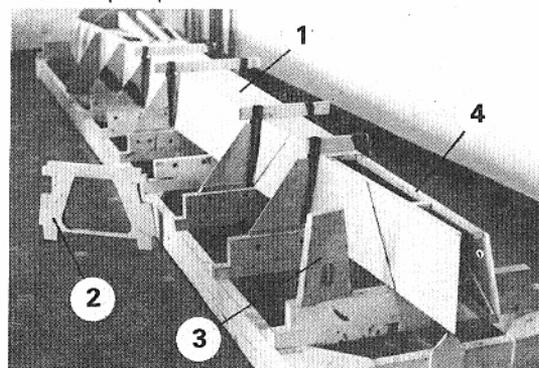


Fig. 64. — Caisson en contreplaqué.
 1. Revêtement en contreplaqué de caisson de fuselage (flanc droit).
 2. Cadre principal.
 3. Cadre arrière.
 4. Longeron de flanc de caisson.

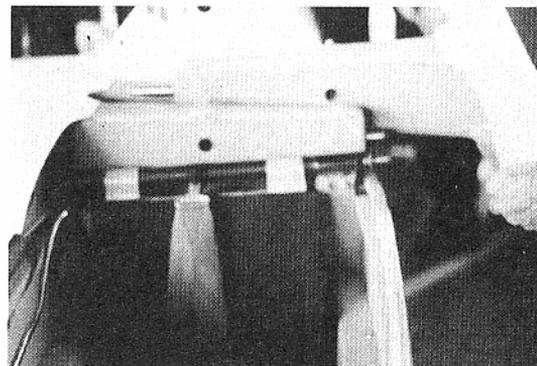


Fig. 67. — Présentation de l'aile gauche.
 Mise en place. On distingue nettement le tourillon avant de montage de la voilure gauche et...

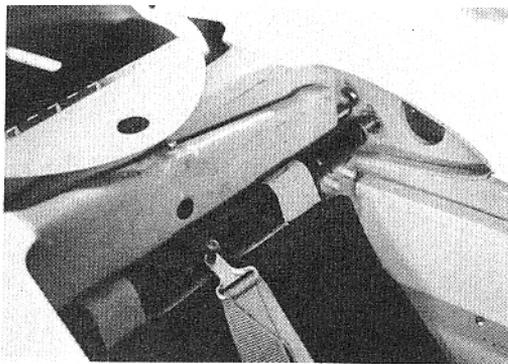


Fig. 68. — ..., le téton de montage sur embout de longeron en V, voilure droite.

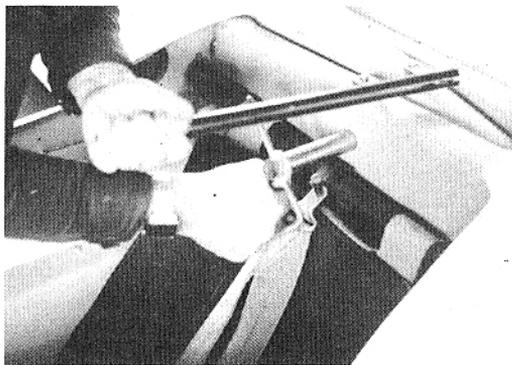


Fig. 69. — Mise en place de la broche de verrouillage de longeron des deux demi-voilures.

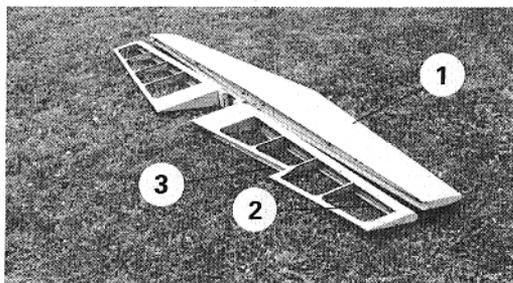


Fig. 70. — Plan horizontal en deux parties (non monobloc) comme sur le JP 15-36.

1. Plan fixe.
2. Volet de profondeur.
3. Emplacement volet de compensateur.

contreplaqué (nervure centrale : sandwich balsa-contreplaqué). Les **volets de profondeur**, articulés chacun en trois points, sont revêtus de **toile**.

La **dérive à caissonnage contreplaqué** vient de construction avec le fuselage.

La **partie mobile** (Fig. 71) articulée selon deux paliers comprend des **nervures en balsa** et un revêtement en « Dacron ».

La mise en place du plan fixe consiste à placer les deux pions du longeron sur la ferrure (fixée au cadre fort arrière du fuselage). La fixation avant se compose d'un axe vertical avec écrou à oreilles assurant montage et démontage facilités et rapides (Fig. 72-73-74-75). La figure 76 montre la fixation de la commande du compensateur.

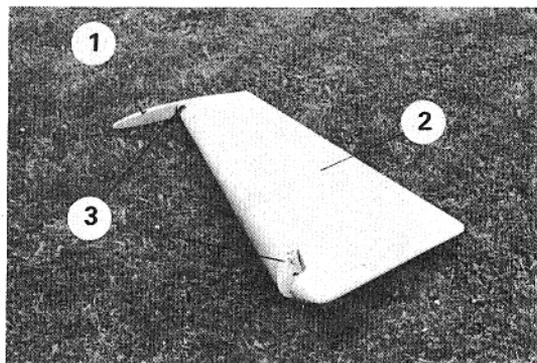


Fig. 71. — Direction.

1. Masse d'équilibrage du gouvernail.
2. Revêtement entoilé.
3. Articulation.

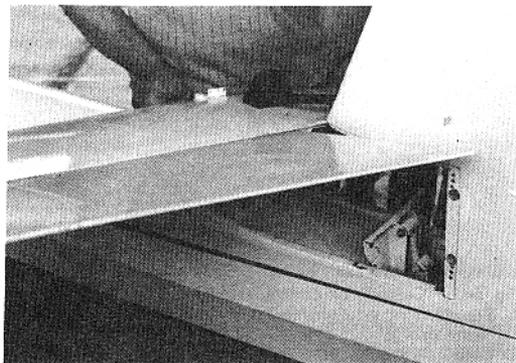


Fig. 72. — Présentation du plan fixe.

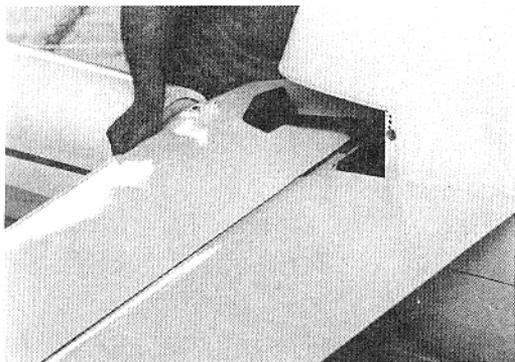


Fig. 73. — Mise en place du plan fixe.

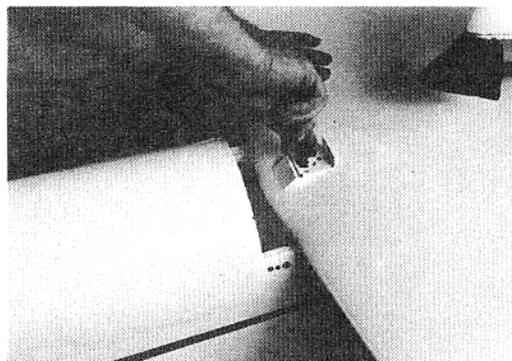


Fig. 74. — Fixation avant du plan fixe sur axe vertical. Montage et démontage rapides par écrou à oreilles.

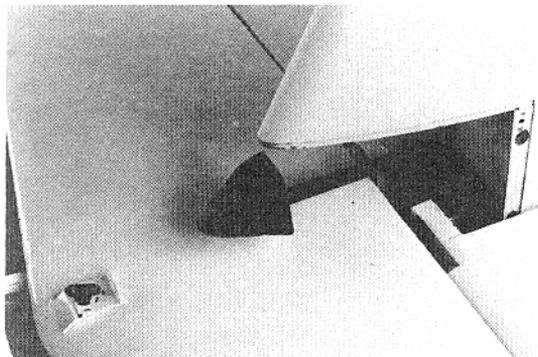


Fig. 75. — Masse d'équilibrage de la profondeur.

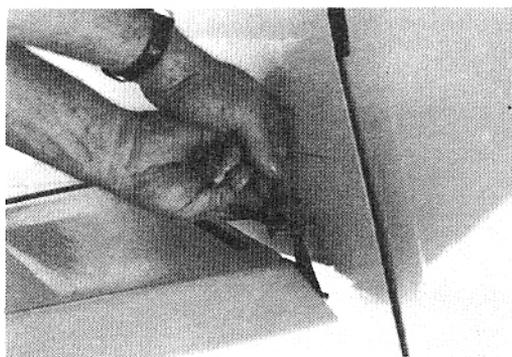


Fig. 76. — Fixation de la commande du compensateur.

Construction « Tout plastique ».

— Fuselage.

Le **fuselage** est très souvent constitué par **deux demi-coquilles** (fibre de verre époxy ou polyester - Fig. 77) assemblées suivant l'axe de symétrie (Fig. 78-79). La **dérive** vient généralement de construction avec les deux éléments de fuselage.

Un cadre fort en sandwich reçoit la traverse métallique (Fig. 80-81) de fixation principale de la voilure. On peut remarquer sur la figure 82 que la barre d'attache avant de la voilure sur le fuselage est soumise à un essai sur une machine de traction.

— Verrière.

La verrière qui équipe le poste de pilotage est relevable ou basculante en une ou deux parties (Fig. 83-84).

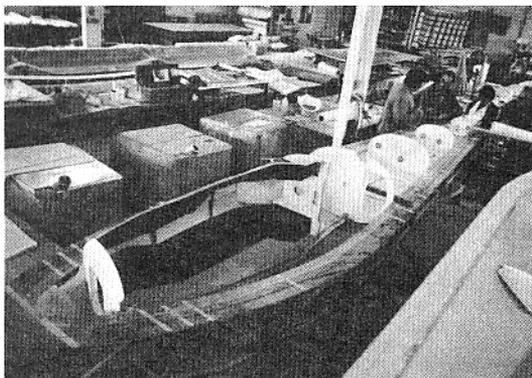


Fig. 77. — Planeur D 77 « IRIS » : assemblage coque, caisson et cadres fuselage dans les moules.

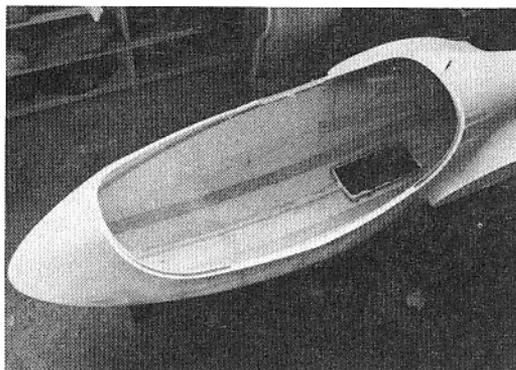


Fig. 78. — Planeur biplace E 78 « SILENE ». Fuselage en stratifié sandwich polyester et mousse P.M.C. Les coques gauche et droite viennent juste d'être refermées l'une sur l'autre et l'on aperçoit les traces sombres des renforts en fibre de verre unidirectionnelle (voir Fig. 85).

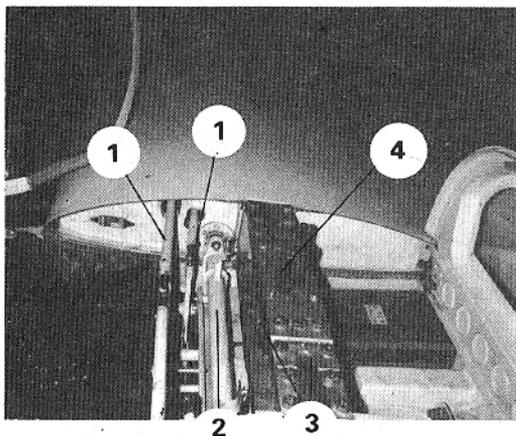


Fig. 80. — Planeur monoplace D 77 « IRIS ».
 Vue au niveau de l'emplanture.
 1. Commandes de vol.
 2. Barre d'attache avant de voilure sur fuselage.
 3. Longeron avec ses ferrures et sa broche verticale de liaison 4.

Fig. 81. — Planeur monoplace D 77 « IRIS ». →
 Zone de liaison voilure (photo prise en regardant vers l'arrière du planeur).
 1. Barre d'attache avant.
 2. Commandes de vol.
 3. Longeron.
 4. Broche de liaison des longerons des deux demi-voilures.

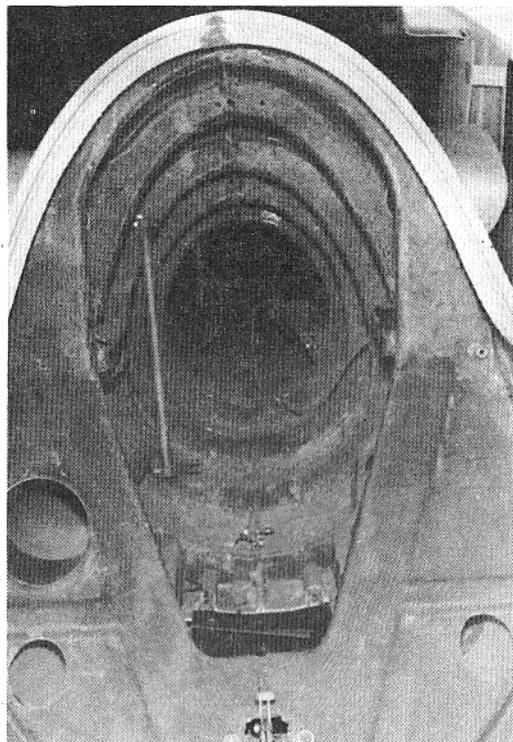
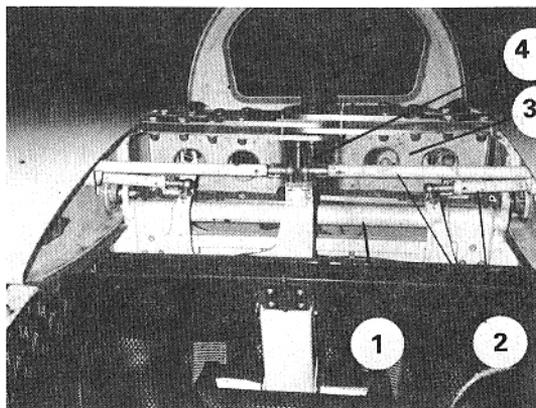


Fig. 79. — Le fuselage de ce monoplace construction coque est en stratifié fibre de verre résine époxyde. La liaison des demi-cadres est assurée par de la toile fibre de verre.



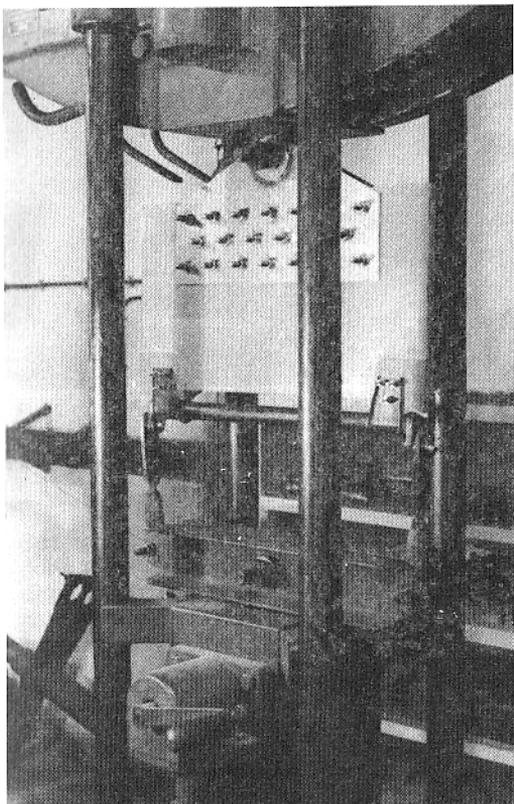


Fig. 82. — Planeur monoplace D 77 « IRIS ». Essai partiel, sur machine de traction AMSLER, de la barre d'attache avant de voilure sur fuselage.

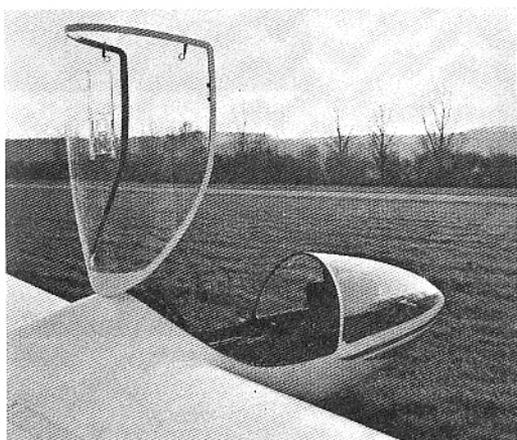


Fig. 83. — SPEED ASTIR II GROB.

— Voilure.

La **voilure** se décompose en deux **demi-voilures**, droite et gauche, réunies par une **broche**.

Le **longeron** est plus fréquemment réalisé en tissu de verre unidirectionnel (Fig. 85) pour

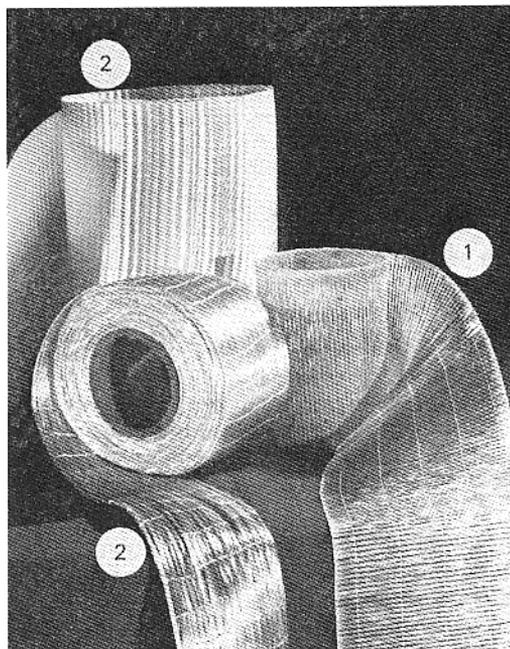


Fig. 85. — Tissus stratifiés armés unidirectionnels.
1. Tissu unidirectionnel sens trame.
2. Tissu unidirectionnels sens chaîne. (Doc. VETROTEX)

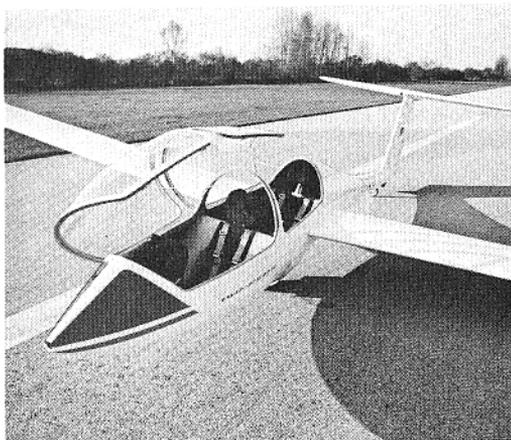


Fig. 84. — TWIN ASTIR GROB.

les semelles et en sandwich fibre de verre (époxy ou polyester) et mousse pour l'âme (« **MININIMBUS** », « **MOSQUITO** »). A remarquer que certaines âmes sont encore en contreplaqué (**D 77 « IRIS »**). Il faut noter que les semelles (**SPEED ASTIR**), les longerons complets (**PIK 20 D**), ou même la voilure complète (**SB II**) de certains planeurs sont en fibre de carbone.

Les revêtements intrados et extrados (Fig. 86) sont fabriqués en sandwich (fibre de verre résine et mousse) ou en fibre de carbone (gain important de poids).

Remarque : Sur certains appareils, commandes de volets et d'ailerons sont conjuguées.

Les volets de courbure peuvent, parfois, à faible vitesse, jouer le rôle d'aérofreins.

— Assemblage voilure - fuselage.

Les opérations de montage et de démontage sont simples. Elles ne demandent que peu de temps. Les longerons s'emboîtent généralement l'un dans l'autre et se fixent par deux axes (Fig. 87 *a, b, c, d, e*).

— Empennages.

La figure représente un **empennage horizontal monobloc** en matériau sandwich. Il ne comporte pas de nervure (construction coque). Les deux axes de fixation d'empennage horizontal sont maintenus par une pièce de renfort (Fig. 88).

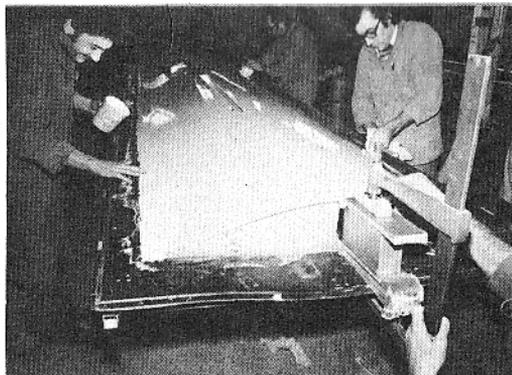


Fig. 86. — Planeur monoplace D 77 « IRIS ». Fabrication voilure en stratifié fibre de verre et résine polyester. Aile gauche au moment de la fermeture des peaux intrados et extrados.

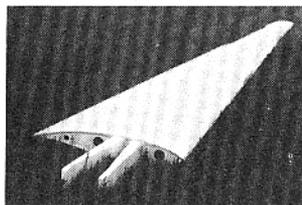


Fig. 87 a. — Aile gauche à double portée.

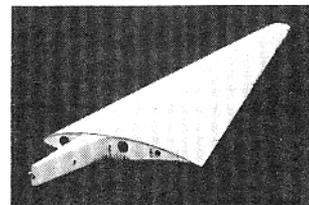
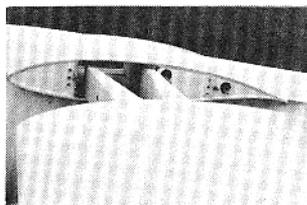
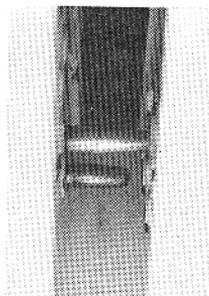


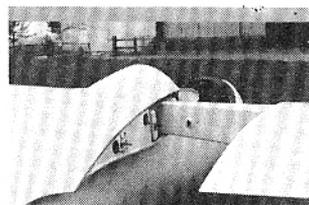
Fig. 87 b. — Aile droite.



87 c.



87 d.



87 e.

Fig. 87 *c., d., e.*

c. — L'aile gauche est présentée.

d. — Fixation de l'aile au fuselage par tétons.

e. — Mise en place de l'aile droite.

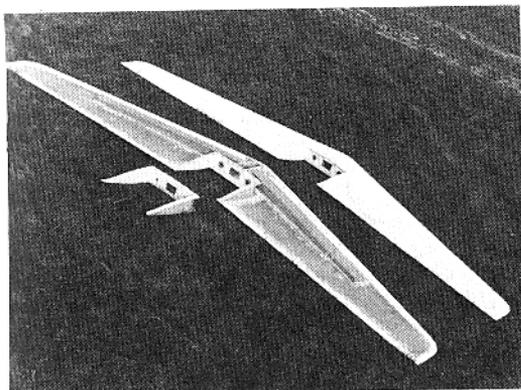


Fig. 88. — Empennage horizontal monobloc construction coque
Intrados - Extrados - Pièce de renfort.

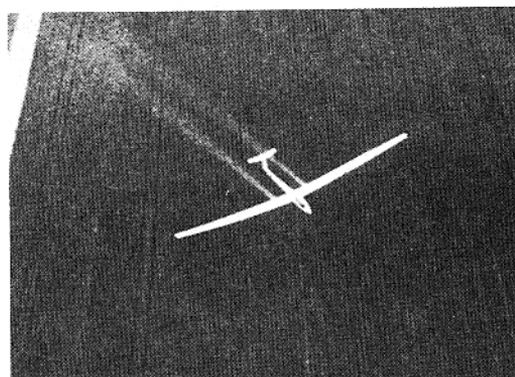


Fig. 89. — Vidange water-ballasts.

— **Water-ballasts.**

Sur certains planeurs, la voilure est équipée de « water-ballasts » avec dispositif de vidange à portée du poste de pilotage. Des chicanes peuvent limiter le déplacement de l'eau en vol (Fig. 89).

2.2.4. — Les commandes (Fig. 91 a, b et c).

Les commandes sont constituées par l'ensemble des organes qui permettent de faire manœuvrer les gouvernes et ainsi de diriger l'appareil.

Le pilote dispose des **commandes** :

- de **profondeur**, agissant sur le gouvernail de profondeur (Fig. 90 a) ;

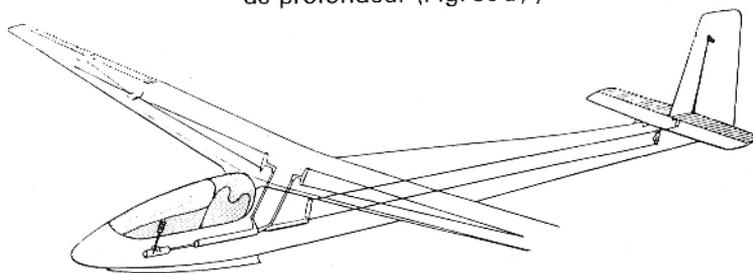


Fig. 90 a. — Commandes d'ailerons et de profondeur.

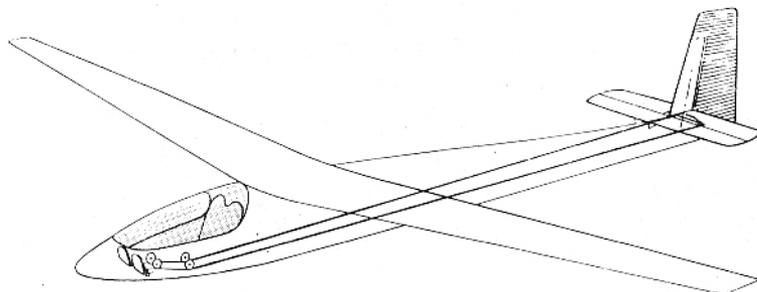


Fig. 90 b. — Commande de direction.

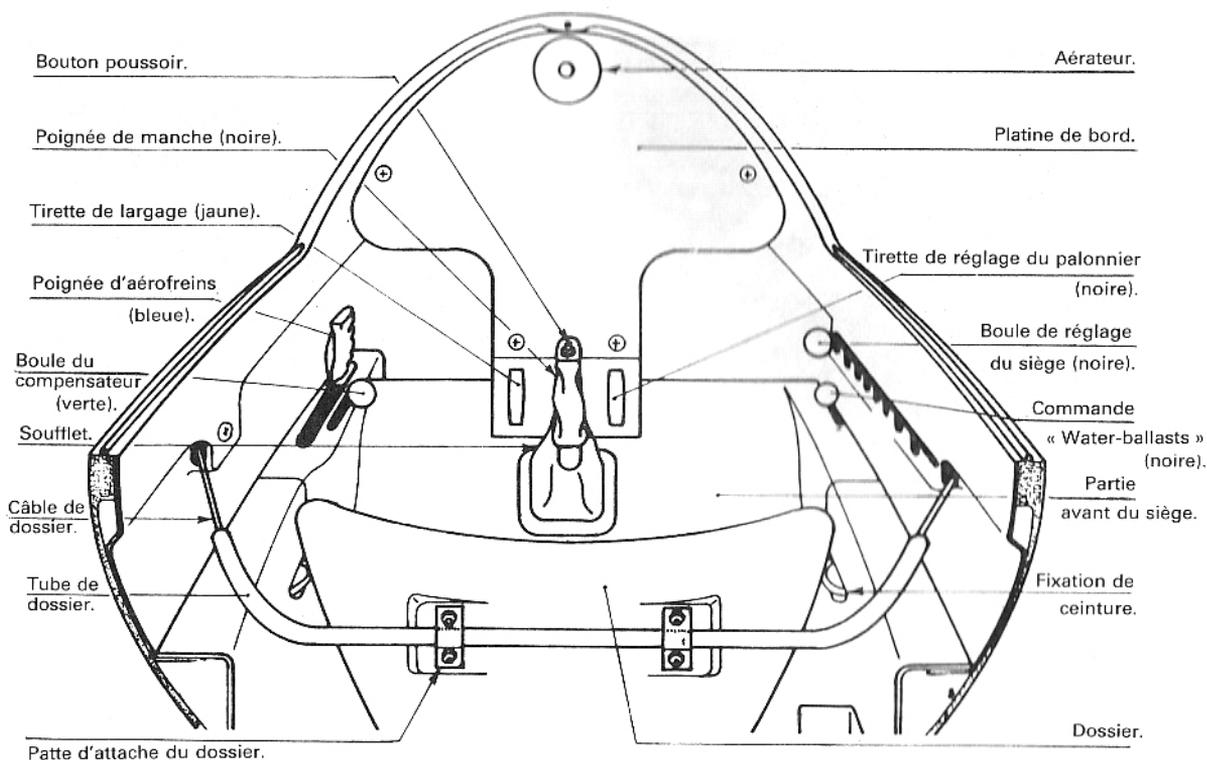


Fig. 91 a. — JP 15-36 A.

— de **direction**, agissant sur le gouvernail de direction (Fig. 90 b) ;
 — de **gauchissement**, agissant sur les ailerons (Fig. 90 a) ;

— des **aérofreins** ;
 — de **largage du câble de remorquage**.

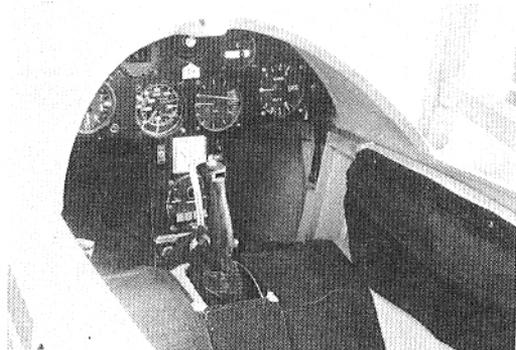


Fig. 91 b. — Tableau de bord JP 15-34.

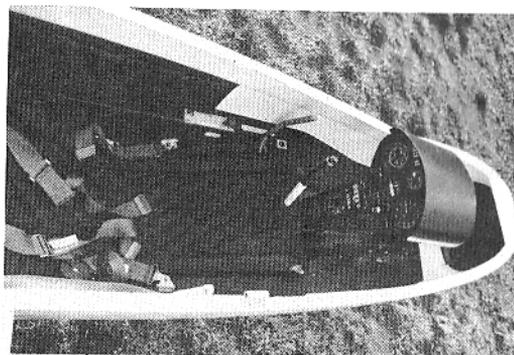


Fig. 91 c. — Planeur D 77 « IRIS ». Poste de pilotage.

(Document Société Issoire-Aviation)

— **Commande de direction.**

L'organe de manœuvre est un *palonnier* constitué par deux pédales conjuguées. Le palonnier ou les pédales peuvent être réglables suivant la taille du pilote. En poussant la pédale droite, le gouvernail de direction tourne vers la droite.

— **Commande de profondeur.**

L'organe de manœuvre est le *manche à balai* agissant d'avant en arrière. En poussant le manche à balai en avant, le gouvernail de profondeur s'abaisse.

— **Commande de gauchissement.**

L'organe de manœuvre est le *manche à balai* agissant de droite à gauche. En déplaçant le manche vers la gauche, l'aileron gauche se lève en même temps que celui de droite s'abaisse.

Les organes de manœuvre des différentes commandes et des gouvernes sont reliés soit par câbles souples, soit par biellettes rigides.

Il existe, en outre, différents organes intermédiaires tels que poulies, guide-câbles, tendeurs, guignols, renvoi à sonnette, ... (Fig. 92).

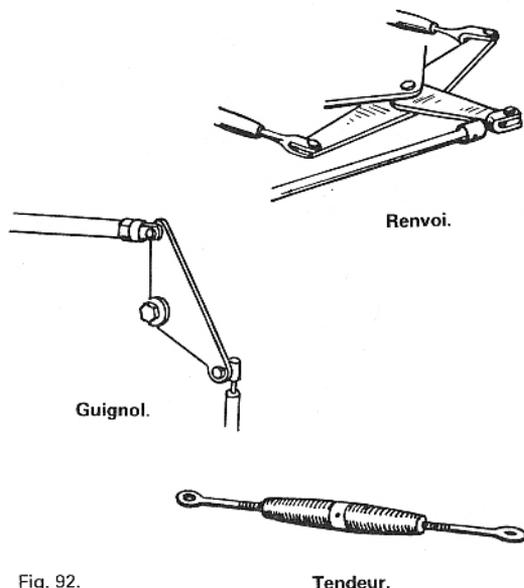


Fig. 92.

Tendeur.

2.2.5. — Les atterrisseurs (Fig. 93-94-95).

A l'avant, l'atterrisseur d'un planeur moderne comporte une roue ; à l'arrière, une béquille, un patin ou une roulette semi-escamotée sous la dérive.

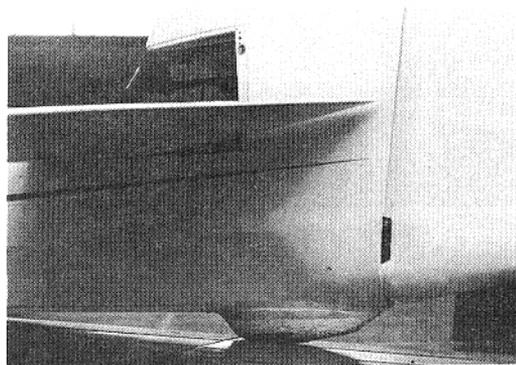


Fig. 93. — Patin arrière.

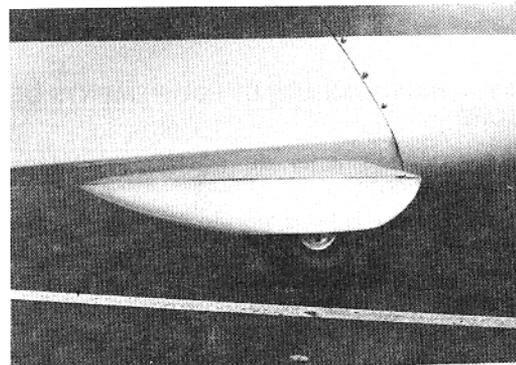


Fig. 94. — Roue avant de l'atterrisseur.

L'atterrisseur à roue facilite :

- les décollages ;
- les atterrissages ;
- les déplacements au sol.

L'axe de la roue est situé à peu près sur la verticale passant par le centre de gravité du planeur en charge. En cas de basculement du planeur vers l'avant, la sécurité de la structure est parfois assurée par une roulette pour la protection de la partie inférieure du fuselage.

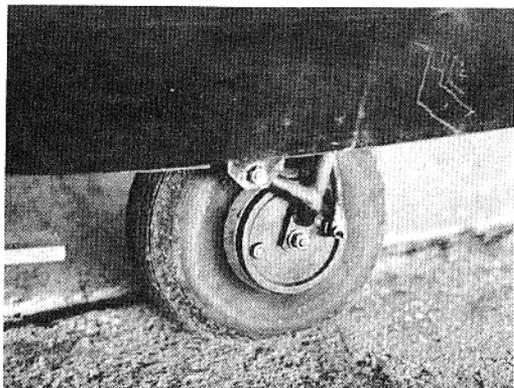


Fig. 95. — Atterrisseur - Roue avant.

Le train principal peut être fixe ou escamotable (train rentrant) à commande manuelle. Dans ce second cas, le compartiment d'atterrissage se referme souvent par deux trappes latérales (1).

2.3. — INSTRUMENTS ET ÉQUIPEMENTS DE BORD

Les aménagements du poste de pilotage comprennent :

- le **tableau de bord**, portant les appareils de bord (Fig. 96 a et b) ;
- le **siège**, souvent réglable, et dont le dossier est conçu pour recevoir un parachute dorsal ;
- les **ceintures** et **bretelles** à débouclage rapide ;
- la **boîte à barographe** qui permet de fixer un barographe pour l'enregistrement des vols.

2.3.1. — Instruments de bord.

Pour le pilote, les instruments de bord peuvent être classés en deux catégories :

- les **instruments de pilotage** (variomètre,

(1) Sur le JP 15-34, le train principal est fixe (page 63). Sur le JP 15-36 AR, le train est rétractable.

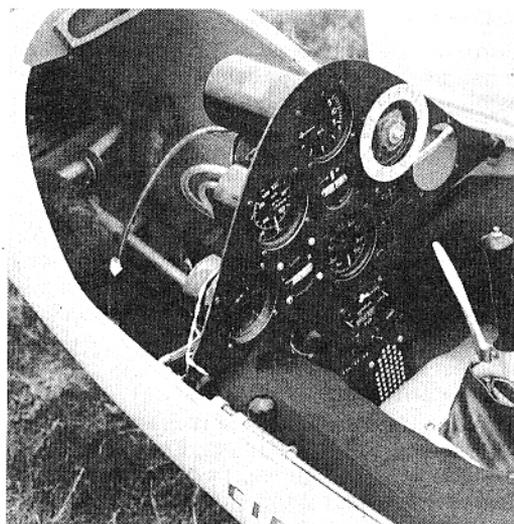


Fig. 96 a. — Instruments de bord du CIRRUS.

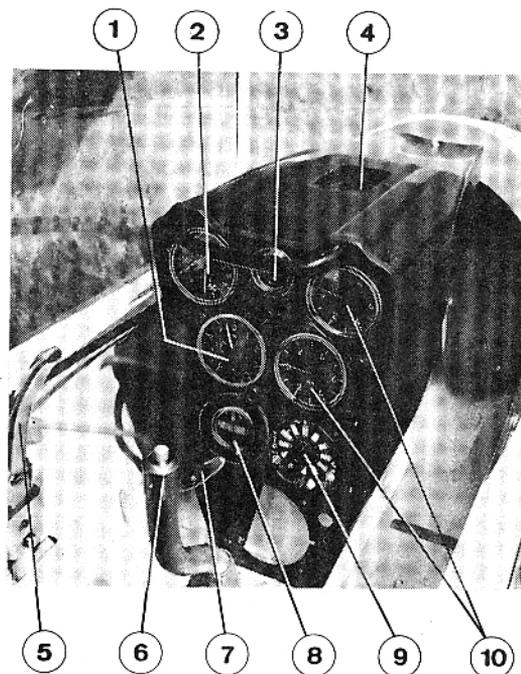


Fig. 96 b. — Tableau de bord du « SQUALE ».

- | | |
|----------------|--|
| 1. Altimètre. | 6. Manche. |
| 2. Anémomètre. | 7. Poignée de largage. |
| 3. Compas. | 8. Bille. |
| 4. Aération. | 9. Radio. |
| 5. Aérofreins. | 10. Variomètres.
(classique et à énergie totale). |

anémomètre (1), indicateur de virage avec niveau transversal incorporé) ;

— les **instruments de navigation** (altimètre, compas, montre).

2.3.2. — Instruments de pilotage.

— **Variomètre.**

Le **variomètre** indique les **vitesse**s verticales de montée ou de descente du planeur. Il est gradué en **mètres par seconde** ou en **pieds par minute** (Fig. 97).

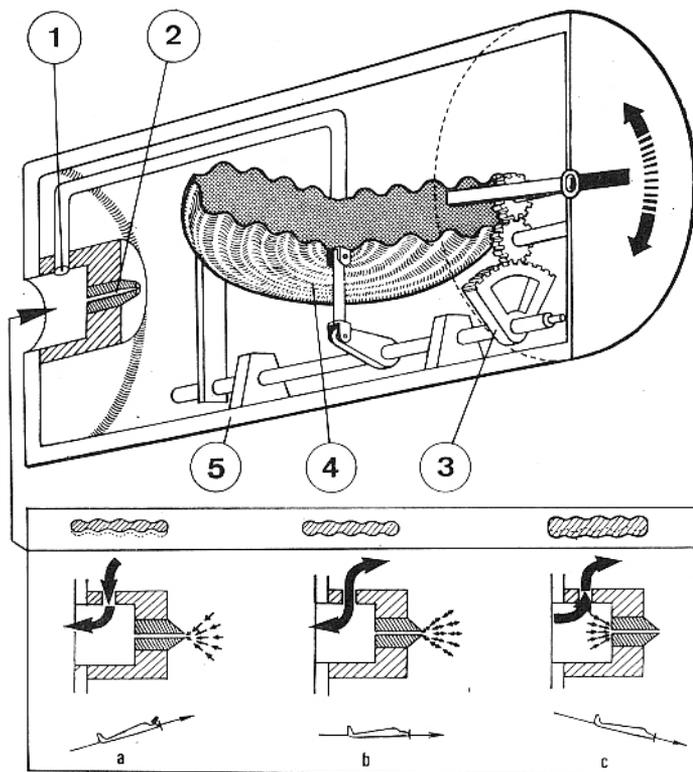


Fig. 97. — Variomètre.

1. Pression statique.
2. Tube capillaire.

3. Transmission
(mécanisme amplificateur).

4. Capsule manométrique.
5. Boîtier.

a. — La pression interne dans la capsule manométrique (pression extérieure) se trouve momentanément plus faible que la pression interne dans le boîtier en raison du retard occasionné par le capillaire à la mise en équilibre des pressions.

b. — Les pressions sont égales à l'intérieur et à l'extérieur de la capsule, la vitesse verticale est nulle, l'aiguille indique zéro.

c. — La pression dans la capsule suit immédiatement les variations de la pression atmosphérique tandis que la pression de l'air dans le boîtier ne varie que lentement. Sous l'influence de cette différence de pression, la capsule manométrique se déforme et provoque le déplacement de l'aiguille.

(1) L'anémomètre peut être considéré également comme instrument de navigation (détermination de la vitesse sol).

Principe :

Le principe de fonctionnement est basé sur la **mesure de la vitesse des variations de pression** résultant des variations d'altitude.

Description :

Le variomètre comprend essentiellement :

— un **boîtier 5**, dont l'intérieur constitue une enceinte étanche communiquant avec l'extérieur par un **tube capillaire 2**. Ce tube freine le débit de l'air et retarde la transmission des variations de pression à l'intérieur du boîtier ;

— une **capsule manométrique 4**, reliée avec l'air extérieur **1** et qui, par conséquent, recueille directement la pression statique.

Vol en montée (Fig. 97 a).

Si le planeur s'élève, la pression atmosphérique diminue (1).

La pression à l'intérieur du boîtier étanche est supérieure à la pression extérieure et de l'air fuit par le capillaire, mais assez lentement pour que la coquille ait le temps de se déformer et de provoquer le déplacement d'une aiguille devant un cadran gradué en vitesses verticales exprimées en mètres par seconde ou en pieds par minute.

Vol horizontal (Fig. 97 b).

Dans le cas d'un vol horizontal, le variomètre est maintenu à un niveau constant. La pression de l'air dans la coquille manométrique est égale à la pression de l'air dans le boîtier ; l'aiguille est au zéro.

Vol en descente (Fig. 97 c).

Si le planeur descend, l'air pénètre lentement dans le boîtier par l'intermédiaire du tube capillaire, ce qui permet à la capsule d'enregistrer la différence de pression.

Remarque : L'appareil qui a été décrit enregistre à la fois les valeurs de la vitesse verticale de la masse d'air et celles consécutives aux variations de l'angle d'incidence provoquées par le pilote.

Pour n'estimer que les vitesses verticales de la masse d'air dans laquelle le planeur évolue, on utilise le variomètre à énergie totale.

(1) Voir Ouvrage « Météorologie et Aérologie - Navigation et Circulation aériennes ».

Les appareils de performance sont équipés des deux variomètres (Fig. 96 b).

— Anémomètre.

L'**anémomètre** (Fig. 98 a, b, c) sert à **mesurer la vitesse du planeur par rapport à la masse d'air dans laquelle il évolue**.

Avant d'étudier sommairement le principe de fonctionnement de l'anémomètre, il paraît utile de donner ou de rappeler certaines définitions.

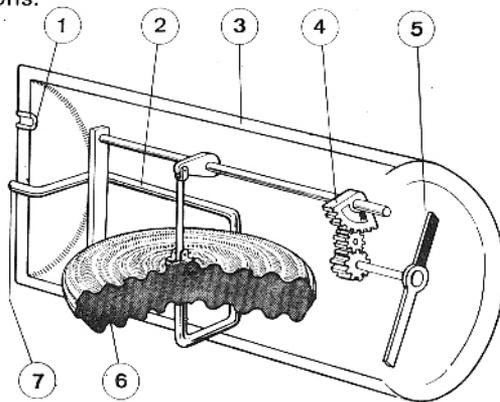


Fig. 98 a. — Anémomètre.

- | | |
|--|--------------------------|
| 1. Pression statique. | 4. Transmission. |
| 2. Tube de transmission de la pression totale. | 5. Aiguille. |
| 3. Boîtier. | 6. Capsule manométrique. |
| | 7. Pression d'arrêt. |

Pression statique.

La **pression statique** est la **pression propre d'un fluide au repos ou en mouvement** (1).

Pression cinétique (pression dynamique).

La **pression cinétique** $1/2 \rho v^2$ (2), très fréquemment nommée **pression dynamique**, caractérise l'énergie de l'air en mouvement. Elle est proportionnelle au carré de la vitesse (3) et permet, en conséquence, de mesurer une vitesse.

Pression d'arrêt (pression totale).

La **pression d'arrêt**, souvent appelée **pression totale**, s'exerce sur des surfaces perpendicu-

(1) Au repos : pression exercée par le fluide sur les parois du récipient qui le contient.

En mouvement : pression qui s'exerce sur les parois parallèles à l'écoulement général.

(2) Voir l'ouvrage « Connaissances Générales ».

(3) Si la masse volumique de l'air ρ reste constante.

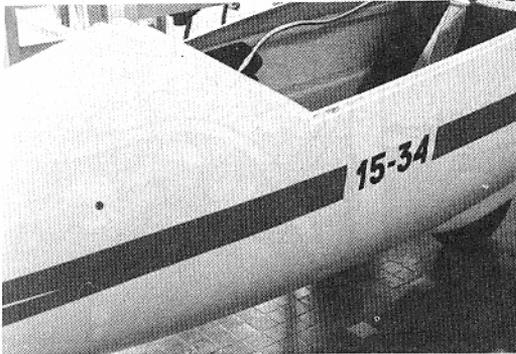


Fig. 98 b. — Prise de pression statique de part et d'autre du poste de pilotage (apparaît comme un point sur la photographie).

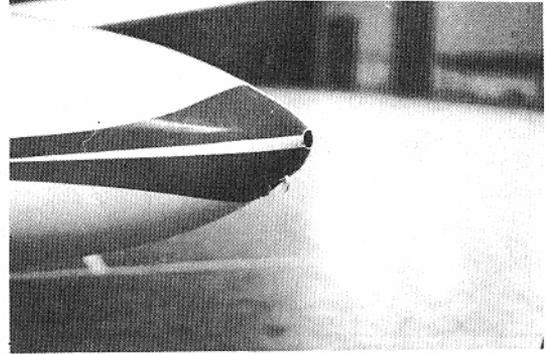


Fig. 98 c. — Prise de pression d'arrêt dans l'axe du nez de l'appareil.

laire à la direction du mouvement d'ensemble du fluide. Elle est égale à la somme des pressions statique et cinétique.

Principe :

Une capsule manométrique **6** différentielle enfermée dans un boîtier **3** est soumise :

- extérieurement, à la pression statique **1**,
- intérieurement, à la pression d'arrêt **7**.

Cette capsule **6** se déforme suivant la différence des deux pressions ; cette déformation, transmise à l'aiguille **5** par un jeu de leviers et d'engrenages **4** permet de déterminer la valeur de la vitesse.

Description :

L'anémomètre comprend :

- des prises de pressions extérieures ;
- un récepteur.

Tube ou antenne de Pitot (Fig. 99).

Parmi les types de prises de pressions extérieures, on peut citer le **tube de Pitot** qui enregistre deux pressions :

- la pression statique **1** dont la prise se trouve sur le corps de l'antenne, orientée parallèlement à l'écoulement ;
- la pression d'arrêt **2** produite par l'air qui attaque normalement la section d'entrée dont la prise se trouve placée à l'extrémité du *tube de Pitot*, perpendiculairement à l'écoulement.

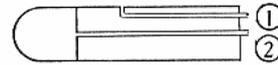


Fig. 99. — Tube de Pitot.
1. Prise de pression statique.
2. Prise de pression d'arrêt.

Remarque :

Il arrive que les prises de pressions d'arrêt et statique soient dissociées. La prise de pression d'arrêt est alors un simple tube ; la prise de pression statique est, en général, placée à l'arrière du fuselage.

Récepteur :

Le récepteur (Fig. 98 a) est composé :

- d'un boîtier étanche **3** soumis à la pression statique **1** ;
- d'une capsule manométrique **6** ;
- d'une aiguille mobile **5** se déplaçant devant un cadran gradué en kilomètres par heure ou en nœuds et transmettant, par un ensemble de leviers et d'engrenages **4**, les déformations de la capsule.

- Indicateur de virage (1).

Cet instrument, basé sur l'emploi du **gyroscope**, est utilisé pour indiquer au pilote tout **changement de direction**. L'indicateur

(1) L'étude de l'indicateur de virage dépasse le cadre de cet ouvrage.

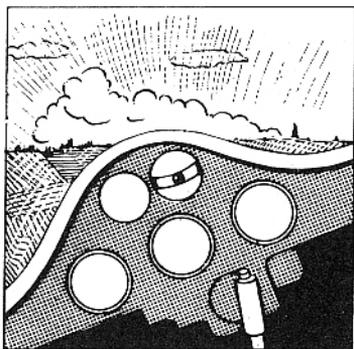
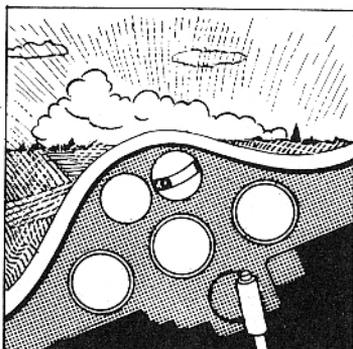
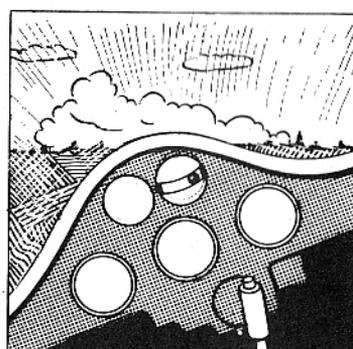


Fig. 100. — Virage a) Correct.



b) Glissé.



c) Dérapé.

de virage est toujours associé à un **niveau transversal**.

— Niveau transversal.

Le **niveau transversal** (Fig. 100 d) est constitué par une **bille mobile** à l'intérieur d'un tube de verre incurvé, rempli d'un **liquide incongelable** qui joue le rôle d'amortisseur.

Virage avec inclinaison correcte.

Si l'inclinaison, pour un taux de virage (1) déterminé, est correcte, la bille reste au milieu du tube, entre deux repères (Fig. 100 a).

Glissade.

Dans ce cas, l'inclinaison du planeur est trop importante et la bille se déplace vers l'intérieur du virage ; le planeur glisse vers l'intérieur du virage (Fig. 100 b).

Dérapiage.

Si l'inclinaison du planeur est insuffisante, la bille ne reste pas au milieu du tube, mais se déplace vers l'extérieur du virage ; le planeur dérape également vers l'extérieur du virage (Fig. 100 c).

Vol en ligne droite.

Dans le vol en ligne droite, le niveau transversal indique les inclinaisons latérales.

Remarque :

Les instruments de bord doivent être justes, précis, fidèles, sensibles et il est nécessaire qu'ils donnent, au réglage près, une indication rapide de la grandeur à mesurer.

(1) Vitesse angulaire.

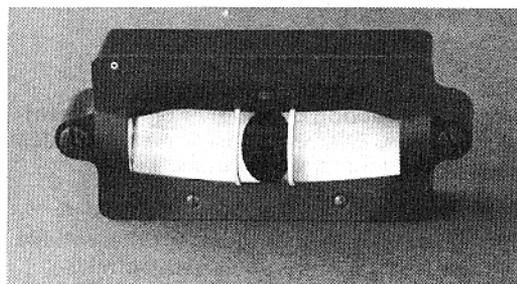


Fig. 100 d. — Niveau transversal.

2.3.3. — Instruments de navigation.

— Altimètre.

Le principe de l'**altimètre** est le **même que celui du baromètre anéroïde**, mais la graduation en pressions est remplacée par une **graduation en altitudes** (Fig. 101).

Les capsules anéroïdes sont soumises, intérieurement, à un vide relatif et, extérieurement, à la pression statique prise à l'antenne (voir livre « Météorologie et Aérologie, Navigation et Circulation aériennes », chapitre 1).

— Compas magnétique.

Le **compas** (Fig. 102) est l'**instrument fondamental de toute navigation**. C'est une **boussole perfectionnée** indiquant le **Nord magnétique** (se référer à l'ouvrage « Météorologie et Aérologie, Navigation et Circulation aériennes »).

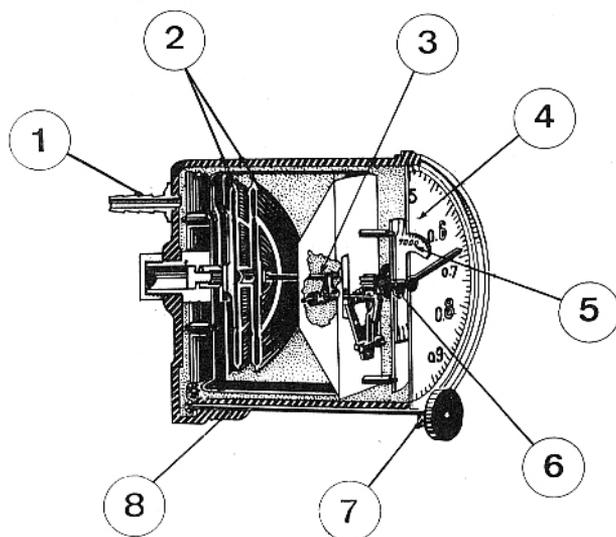
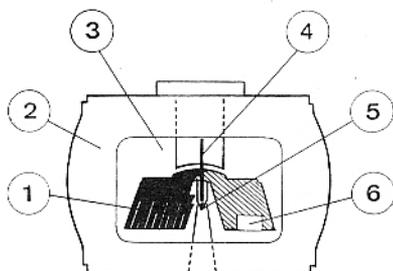


Fig. 101. — Altimètre.

- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| 1. Prise de pression statique. | 5. Échelle des pressions. |
| 2. Capsules anéroïdes. | 6. Ressort de rappel. |
| 3. Leviers de transmission. | 7. Bouton de réglage. |
| 4. Échelle altimétrique. | 8. Boîtier. |



- | |
|--------------------------------|
| 1. Rose. |
| 2. Bol. |
| 3. Verre monté hermétiquement. |

Description :

— **Rose** : La rose est une sorte de plateau circulaire possédant un barreau aimanté qui le maintient dans une direction fixe ; cette rose est montée sur un pivot et plongée dans un liquide amortisseur.

— **Bol** : C'est le boîtier étanche du compas. Ce boîtier contient le liquide incongelable dans lequel la rose est plongée. Un verre de regard porte une ligne de foi confondue avec le plan de symétrie du compas.

Fonctionnement :

La rose reste fixe dans l'espace et le bol, solidaire de l'avion, tourne autour de la rose, ce qui permet de lire le cap au regard de la ligne de foi.

2.3.4. — Crochet de remorquage.

Pendant le **lancement du planeur**, celui-ci est relié au câble de remorquage ou de treuillage par l'intermédiaire d'un **crochet** fixé à l'avant du fuselage.

Ce crochet peut s'ouvrir grâce à une **commande** placée au tableau de bord (Fig. 91 a et 96 b) de l'appareil. La partie mobile du crochet peut occuper deux positions :

- position fermée (remorquage par avion, treuillage) ;
- position ouverte (largage).

Tous les planeurs actuels doivent être munis,

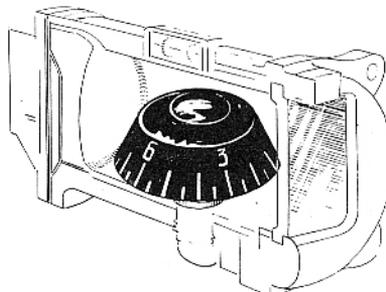


Fig. 102. — Compas.

- | |
|------------------|
| 4. Ligne de foi. |
| 5. Pivot. |
| 6. Aimant. |

pour le remorquage, d'un crochet qui comporte un dispositif automatique de sécurité (Fig. 103 a - A, B, C ; 103 b et c).

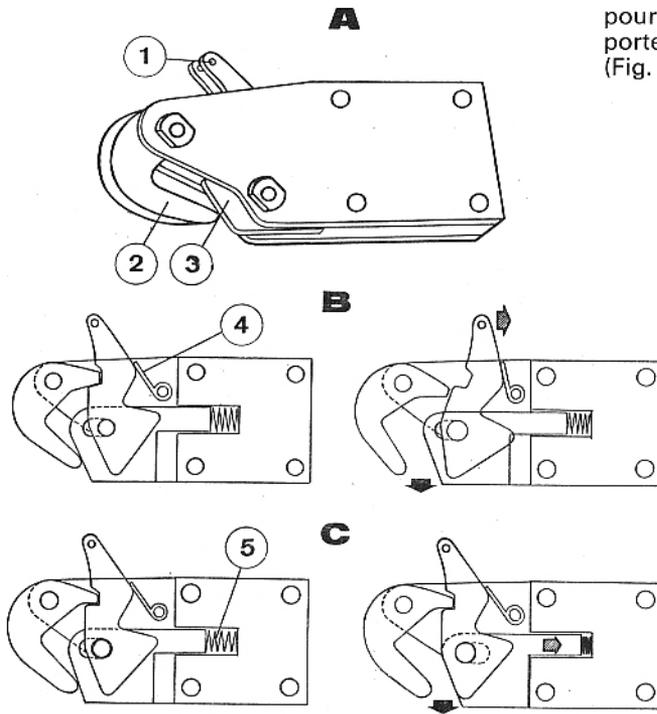


Fig. 103 a. — Crochet de remorquage (1).

A *Vue perspective :*

1. Largage.
2. Crochet.
3. Sécurité.

B *Largage.*

- Le pilote tire sur la commande de largage (flèche grise) :
- le crochet tourne autour de son axe ;
 - l'anneau est libéré (flèche noire).
4. Ressort en compression.

C *Sécurité automatique :*

Exemple :

- Le planeur vole très au-dessus de l'avion remorqueur :
- l'anneau du câble glisse le long du crochet ;
 - l'anneau appuie sur la sécurité 3 ;
 - la sécurité coulisse vers l'arrière (flèche grise) ;
 - l'anneau est libéré (flèche noire).
5. Ressort en compression.

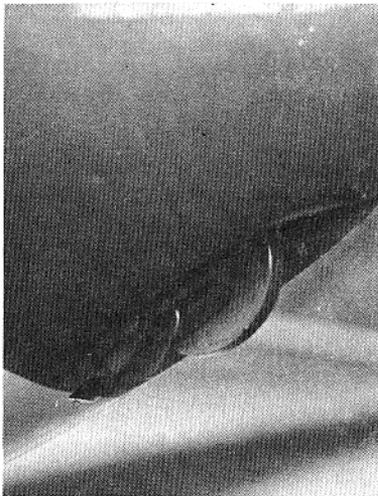


Fig. 103 b. — Crochet planeur (fermé).

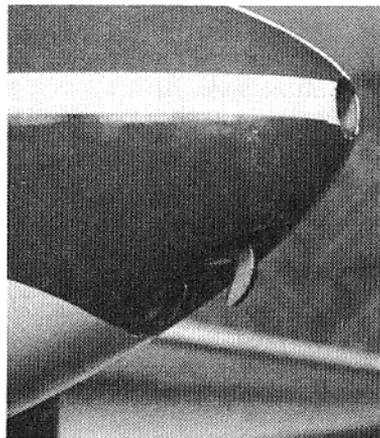


Fig. 103 c. — Crochet planeur (ouvert).

L'avion remorqueur est muni d'un crochet (Fig. 103 d). Un essai de largage doit être effectué, aussi bien sur le planeur que sur l'avion. Anneaux pour câbles de remorquage : (Fig. 103 e et f).

(1) Crochet Aérazur Air 12.

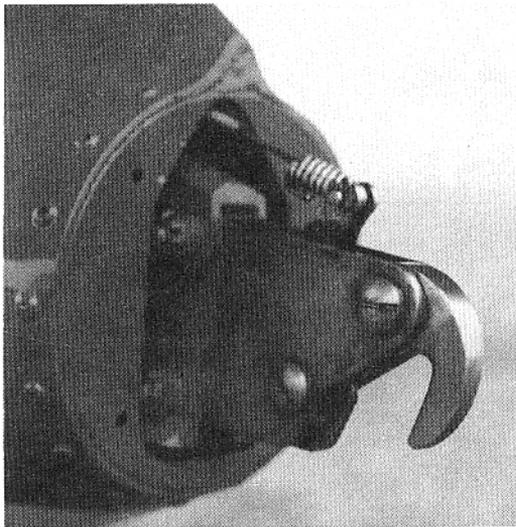
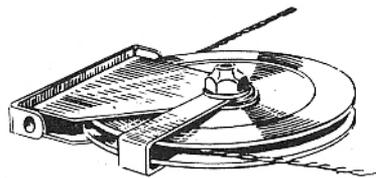


Fig. 103 d. — Crochet de l'avion remorqueur.
(Doc. SOCAT - Photo ADEFI)



Fig. 103 e. — Petit anneau spécial pour crochet allemand.



Épingle de freinage.



Fig. 103 f. — Anneau de câble de remorquage qui s'engage dans le crochet.

2.3.5. — Entretien - Stockage - Réparation.

— Entretien.

L'entretien des planeurs est simple mais demande à être fait régulièrement pour que la machine conserve, le plus longtemps possible, ses qualités.

Bois.

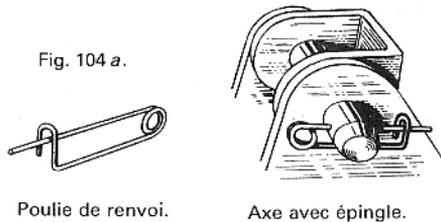
Les revêtements en contreplaqué doivent être nettoyés à l'eau savonneuse périodiquement. En outre, on veillera à ce que la peinture ne s'écaille pas, ce qui mettrait le bois à nu, auquel cas une peinture partielle serait à faire.

Toile.

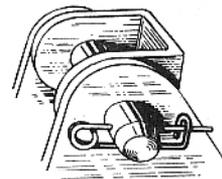
La toile peinte se nettoie à l'eau savonneuse. Il faut réparer avec le plus grand soin les accrocs pouvant se produire.

Parties métalliques.

Toutes les parties métalliques seront soigneusement graissées pour éviter la rouille. Périodiquement on vérifiera tous les freinages, les câbles de commande (passage sur les poulies, tension et état) (Fig. 104 a et b).



Poulie de renvoi.



Axe avec épingle.

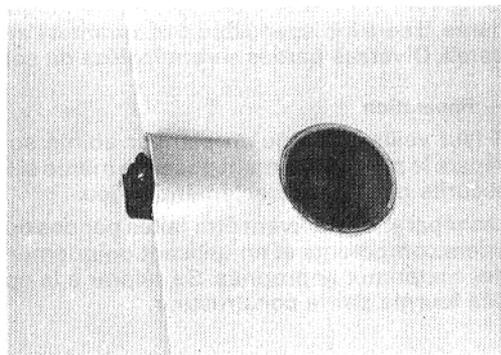
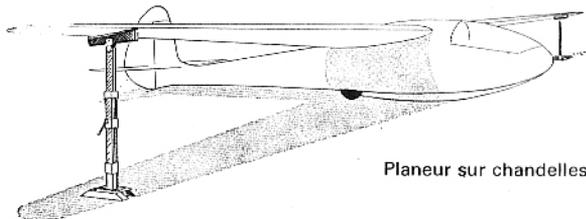
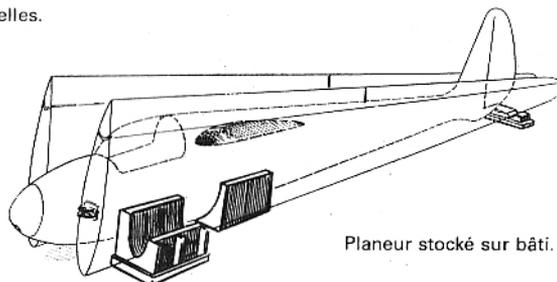


Fig. 104 b. — Porte de visite de commande d'aileron.



Planeur sur chandelles.



Planeur stocké sur bâti.

Fig. 105. — Entretien et stockage des planeurs.

Stratifiés.

Pour tout ce qui concerne les matériaux plastiques, respecter scrupuleusement les directives données par le constructeur.

Consulter les manuels de maintenance et de réparation.

Déplacements au sol.

On utilise une roulette que l'on adapte à la queue de l'appareil (Fig. 106 a, b et 49).

— Stockage (Fig. 105).

Les planeurs seront stockés dans un local sec et à l'abri du soleil. Chaque fois qu'il sera possible, des chandelles soutiendront les ailes, pour éviter les déformations de structure consécutives à des efforts anormaux et prolongés au sol ; si le stockage est de longue durée, il sera indispensable de démonter l'appareil. Diverses parties seront isolées du sol.

— Réparation.

Il faut veiller à ce qu'un planeur abîmé soit réparé le plus rapidement possible même si la sécurité n'est pas directement en jeu.

Les réparations doivent être faites par des ouvriers compétents et en utilisant uniquement des matériaux appropriés. Se référer à la notice fournie par le constructeur.

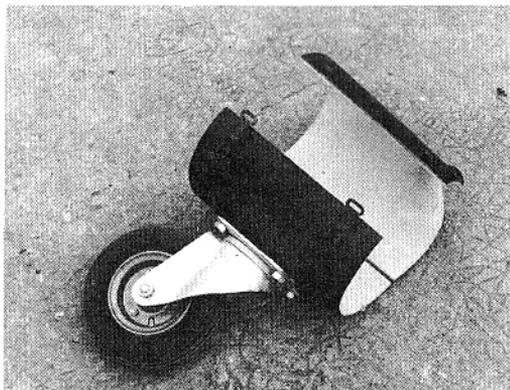


Fig. 106 a. — Pour les déplacements au sol, on utilise une roulette adaptable au fuselage à l'avant de la dérive.

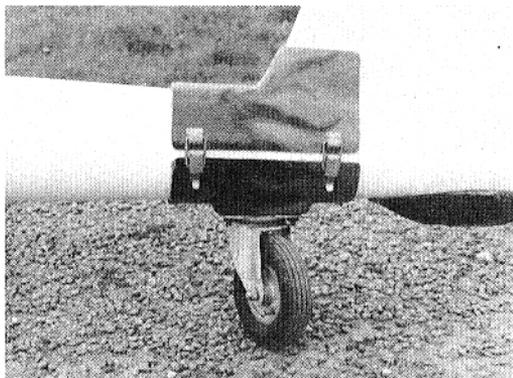
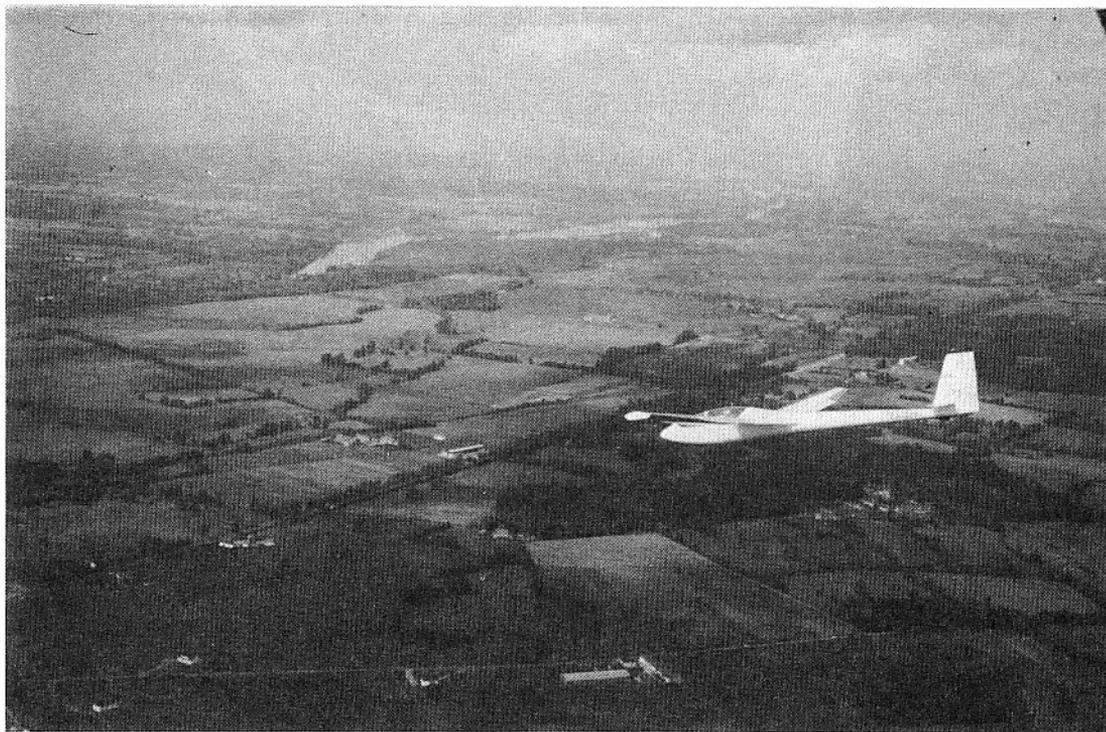


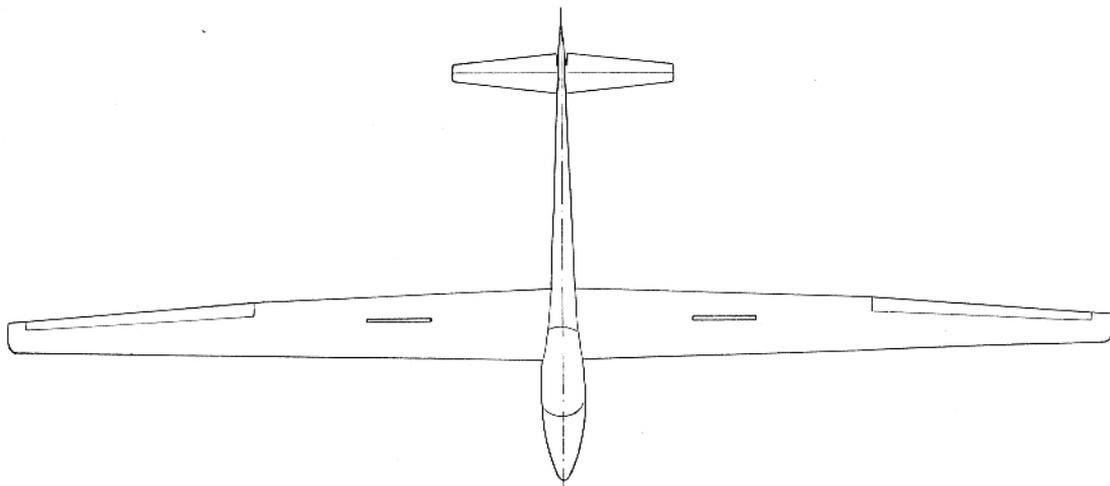
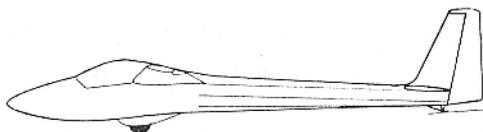
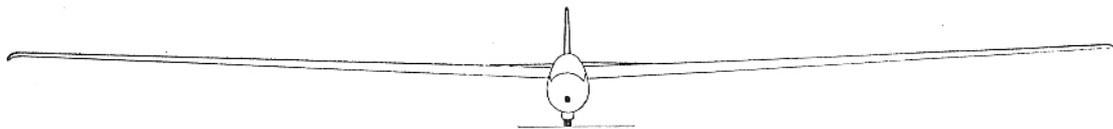
Fig. 106 b. — Roulette adaptée au fuselage d'un appareil.



Planeur E 78 « SILENE » en vol au-dessus de la campagne.

2.4. — PRÉSENTATION DE QUELQUES PLANEURS.

2.4.1. — KIT CLUB 15-34.





Constructeur : CARMAM.

Planeur monoplace.

Catégorie U.

Fuselage : caisson quadrangulaire en bois.

Coque en plastique pour le profilage avant.

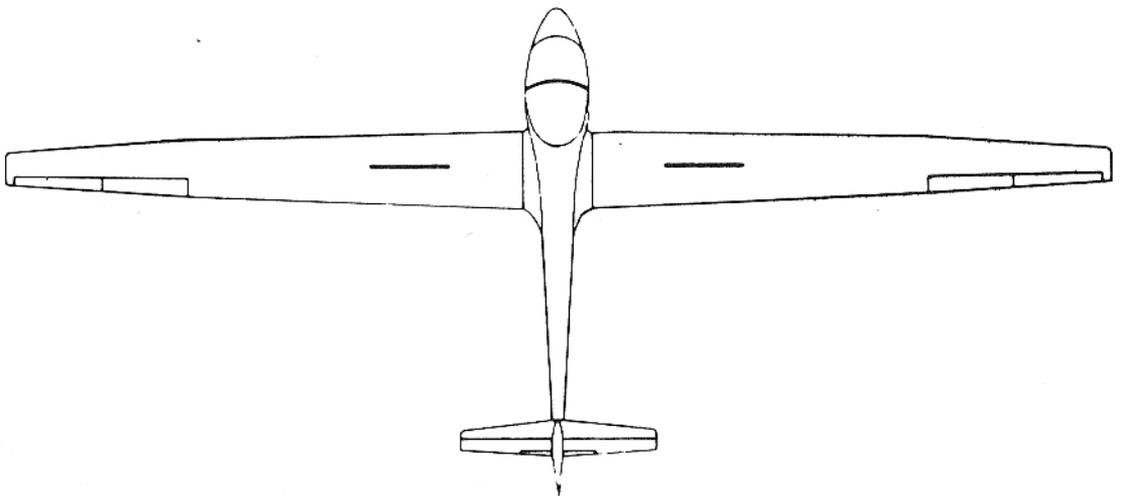
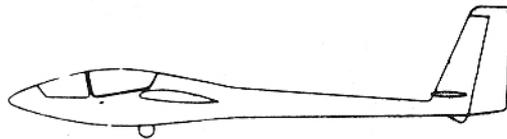
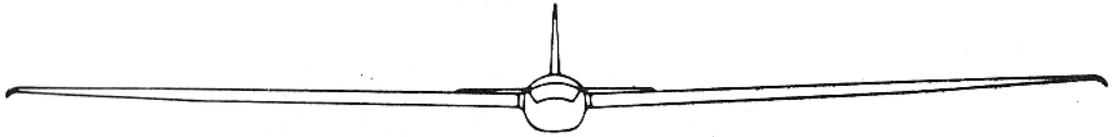
Pointe arrière : habillage en toile.

Ailes : structure fibre de verre époxy sandwich.

Caractéristiques :

Envergure	15 m
Longueur	6,50 m
Masse à vide	225 kg
Masse totale	335 kg
Allongement	20,4
Finesse à 90 km/h	36
Vitesse de chute minimale à 75 km/h	0,64 m/s
Vitesse de décrochage	63 km/h

2.4.2. — E-78 « SILÈNE ».





Constructeur : Sté ISSOIRE-AVIATION

Planeur : biplace côte à côte en léger décalé.
Catégorie U.

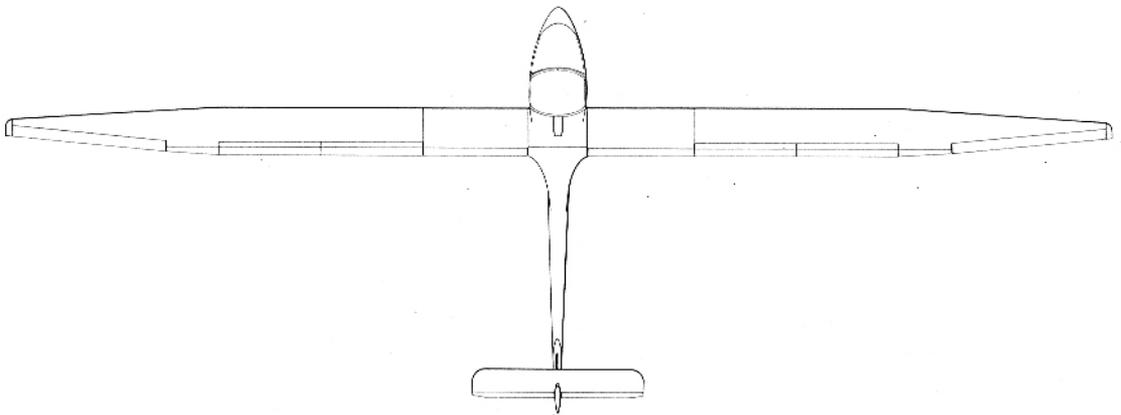
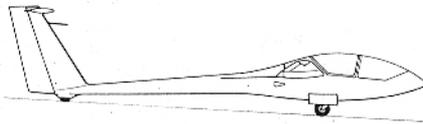
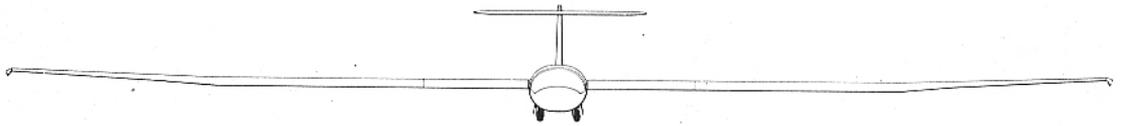
Aile monolongeron cantilever implantée en position semi-haute.

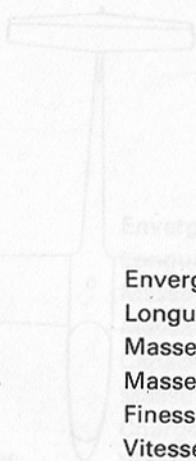
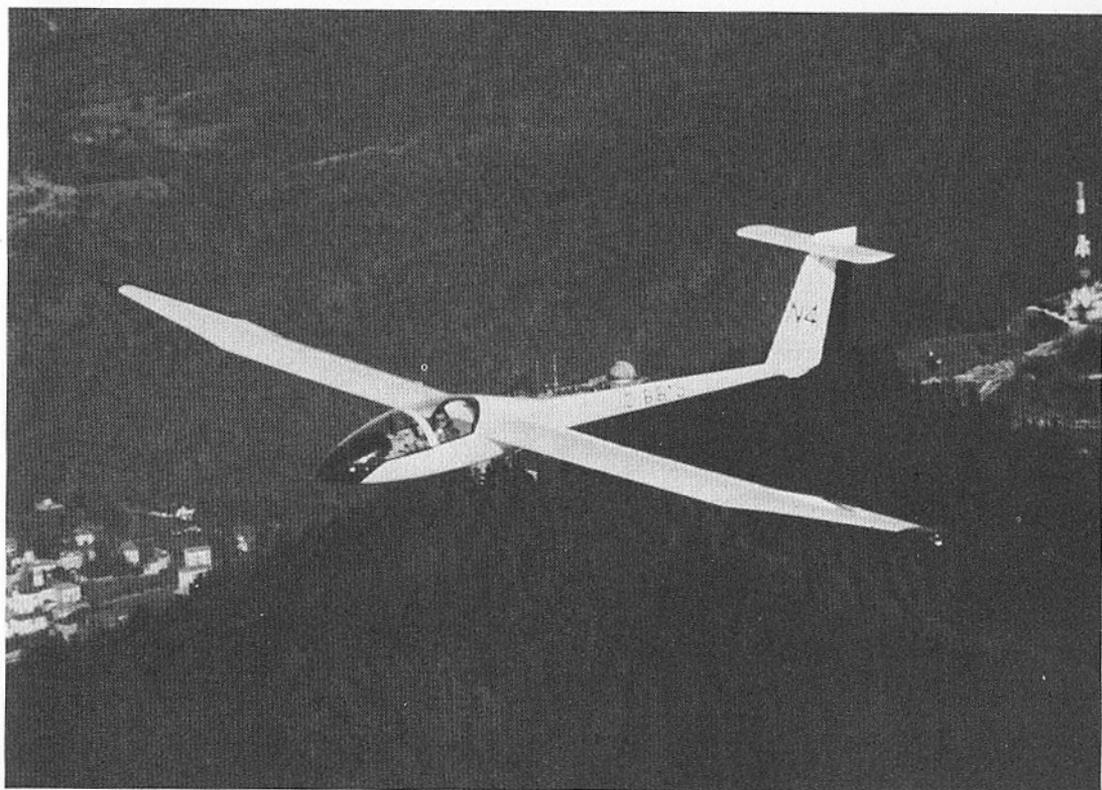
Structure : stratifié fibre de verre et résine polyester.

Caractéristiques :

Envergure	18 m
Longueur	7,95 m
Masse à vide	365 kg
Masse maximale	565 kg
Allongement	18
Finesse maximale	38
Vitesse de finesse maximale	84 à 95 km/h
Vitesse de chute minimale	0,59 à 0,67 m/s

2.4.3. — « CALIF » A-21 S.





Constructeur : CAPRONI VIZZOLA

Distributeur : S.A. CENTRAIR.

Planeur biplace.

Construction métal traité anti-corrosion.

Train rentrant à deux roues.

Empennage en T.

Caractéristiques :

Caractéristiques :	
Envergure	20,38 m
Longueur	7,838 m
Masse à vide	436 kg
Masse maximale	644 kg
Finesse à 105 km/h	43
Vitesse de décrochage	70 km/h

2.4.4. — C « 15-38 ».

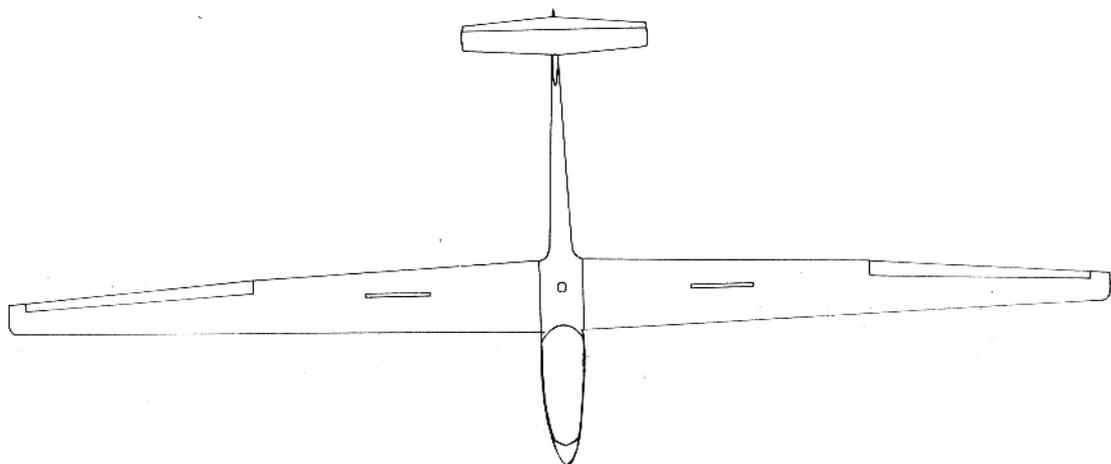
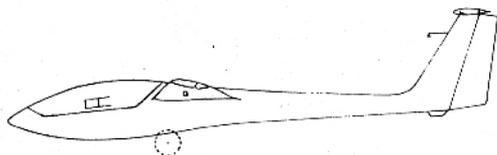
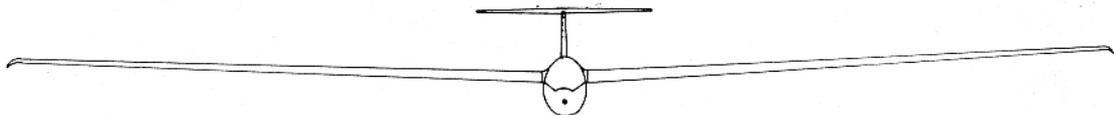




Photo Bousmaha

Constructeur : CARMAM.

Planeur monoplace monoplan.

Fuselage tout plastique.

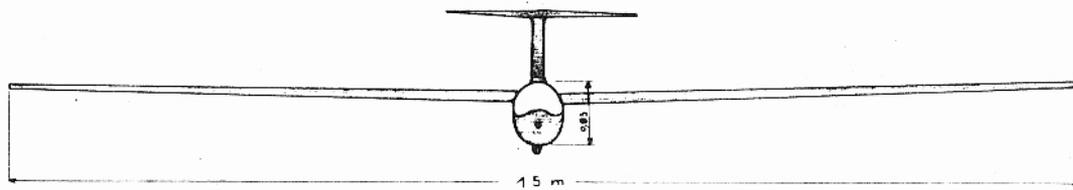
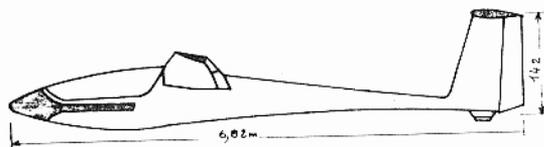
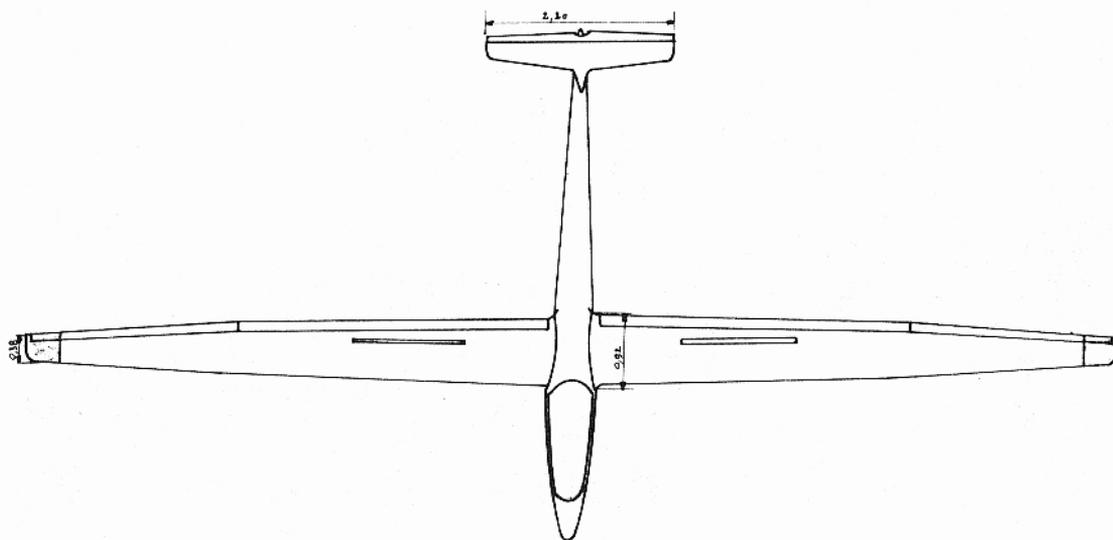
Volets de courbure.

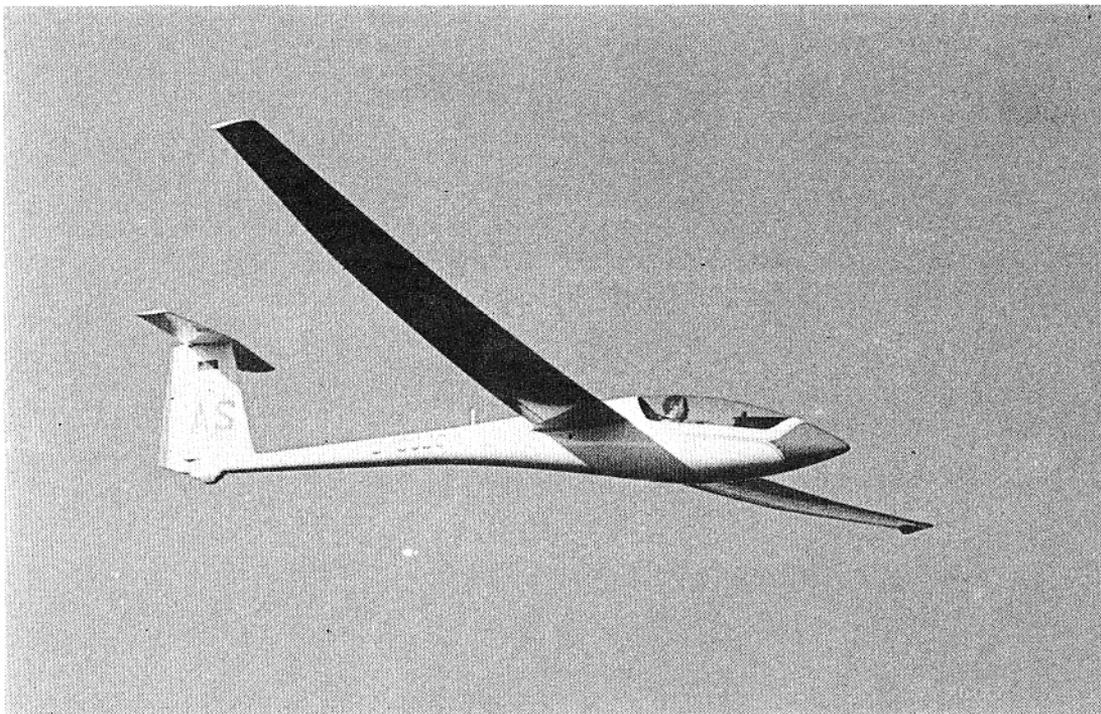
Atterrisseurs : roue - patin - train rentrant.

Caractéristiques :

Envergure	15 m
Longueur	6,70 m
Masse à vide	230 kg
Masse totale sans water-ballasts ..	340 kg
Capacité des water-ballasts	100 l
Masse totale avec water-ballasts ..	440 kg
Charge alaire avec water-ballasts	400 N/m ²
Vidange des water-ballasts en 3 minutes	

2.4.5. — ASW 20 F.





Constructeur : S.A. CENTRAIR.

Planeur monoplace.

Catégorie U.

Structure : entièrement en fibre de verre et résine époxy.

Atterrisseur principal escamotable.

Point d'appui de queue : sabot caoutchouté.

Caractéristiques :

Envergure	15 m
Longueur	6,82 m
Masse sans water-ballasts :	
● Masse maximale	370 kg
● Masse à vide	254 kg
Masse avec water-ballasts :	
● Masse maximale	454 kg
● Masse water-ballasts vides	375 kg
Allongement	21,43

2.5. — PLANEURS ÉQUIPÉS D'UN DISPOSITIF D'ENVOL INCORPORÉ (Fig. 107-108-109).

Les motoplaneurs sont des planeurs à auto-lancement capables, par conséquent, de décoller, de monter par leurs propres moyens.

Leur faible motorisation permet d'atteindre une vitesse de croisière très satisfaisante, moteur en marche.

L'hélice en drapeau, les qualités du vol plané restent proches de celles des véritables planeurs.

Voici, à titre indicatif, quelques renseignements sur le motoplaneur « **FOURNIER RF 9** », appareil construit en bois composite avec revêtement en fibre de polyester.

Le train d'atterrissage est classique, rétractable. La roue arrière, conjuguée avec la direction, facilite les évolutions au sol. Les aérofreins sont efficaces et permettent les atterrissages sur terrains courts.

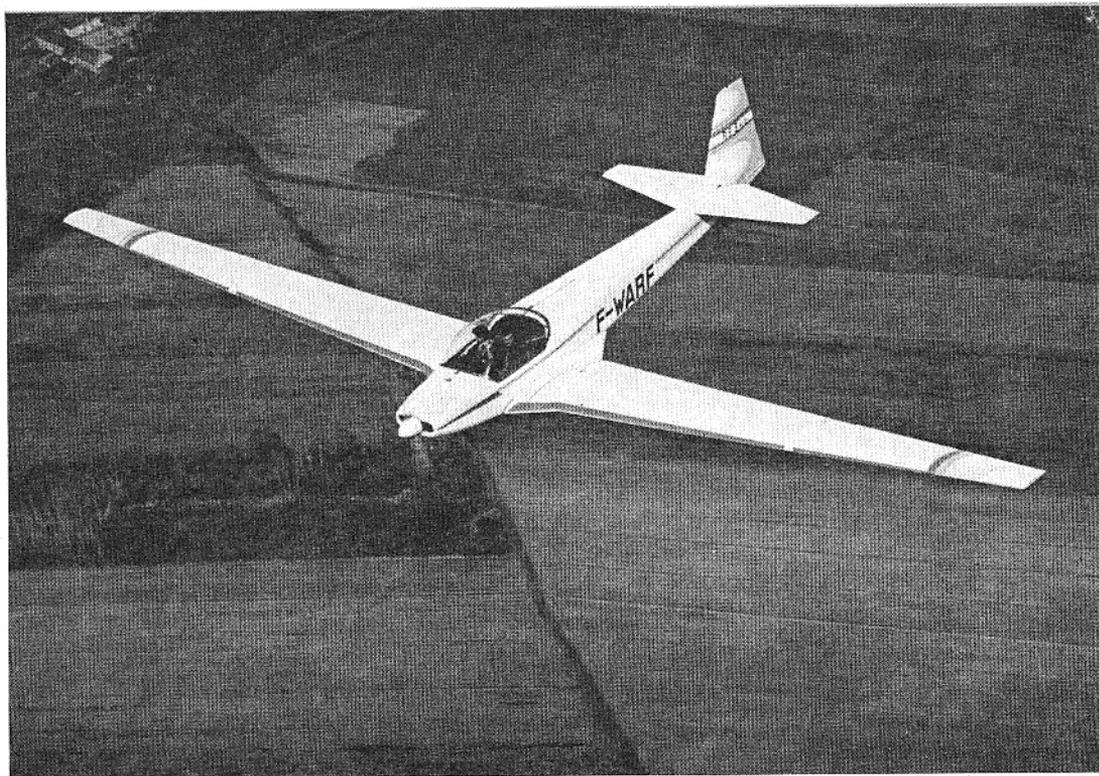


Fig. 107. — Le « FOURNIER RF 9 » possède les caractéristiques d'un planeur (finesse 28).

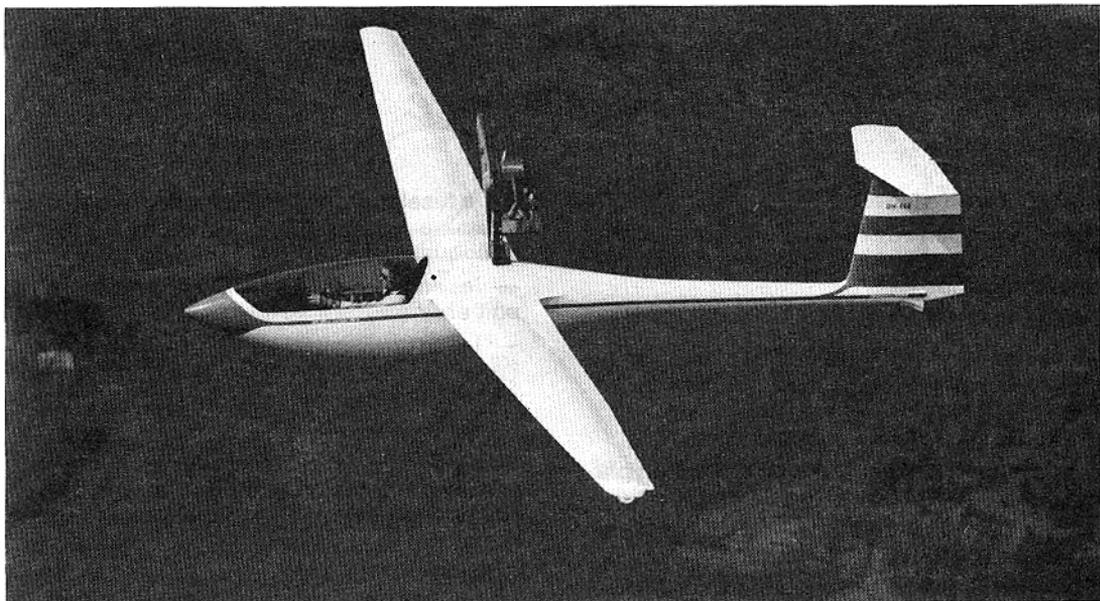


Fig. 108. — PIK 20 E.

Motoplaneur finlandais à propulseur rétractable. Moteur deux temps de 500 cm³ développant 43 ch à 6 200 tr/mn, entraînant une hélice à pas fixe. L'escamotage et le relevage du moteur se font par commande manuelle dans le poste pilote.



Fig. 109. — TURBO-PLANEUR CALIF A 21 SJ.

Planeur biplace équipé d'un réacteur placé en haut, à l'arrière de la cabine de pilotage.

Résumé

Catégories de planeurs.

Les planeurs, en vue de la délivrance du Certificat de Navigabilité de type, sont classés en trois catégories :

Catégorie U : Utilitaire.

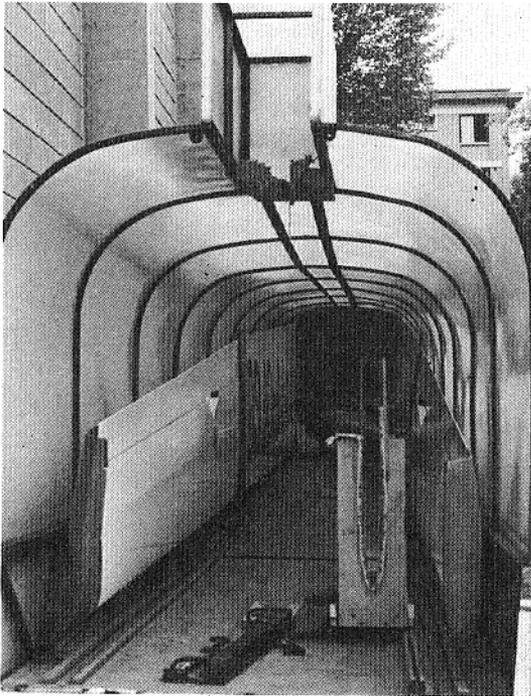
Catégorie A : Acrobatique.

Catégorie MU : Motoplaneur utilitaire.

Éléments constitutifs d'un planeur.

Les principaux éléments constitutifs d'un planeur comprennent :

— la **voilure**, constituée par le longeron principal, les nervures, les ailerons, les aérofreins et le revêtement. Certains planeurs sont dotés de volets de courbure ;



Remorque planeur, vue de l'arrière

— le **fuselage**, construit à partir de cadres, de lisses ou à partir de moules creux (semi-monocoques par exemple) ;

— les **empennages**, soit cruciforme, soit en T, soit en V ;

— les **atterrisseurs**, comportant une roue à l'avant et une béquille ou un patin avec une roulette à l'arrière ;

— les **commandes** :

Commande de direction : elle agit sur le gouvernail de direction et a pour organe de manœuvre le palonnier ou deux pédales conjuguées ;

Commande de profondeur : elle agit sur le gouvernail de profondeur et a pour organe de manœuvre le manche à balai ;

Commande de gauchissement : elle agit sur les ailerons et a pour organe de manœuvre le manche à balai.

Instruments et équipements de bord.

Instruments de pilotage :

— le **variomètre** indique les vitesses verticales de montée ou de descente du planeur ;

— l'**anémomètre** sert à mesurer la vitesse du planeur par rapport à l'air ;

— l'**indicateur de virage** permet d'apprécier tout changement de direction ;

— le **niveau transversal** permet au pilote de contrôler l'exécution correcte d'un virage, car la bille au milieu indique que l'inclinaison, pour une vitesse donnée, correspond au rayon du virage.

Instruments de navigation :

— l'**altimètre** est un instrument destiné à mesurer l'altitude de vol d'un planeur ;

— le **compas magnétique** est un instrument de navigation servant à se diriger dans l'espace par rapport au Nord magnétique.

Questions

24. — Comment sont classés les planeurs en vue de la délivrance du certificat de navigabilité de type ?
25. — Particularités de chacune des catégories.
26. — Citer les éléments constitutifs d'un planeur.
27. — Comment est constituée une aile de planeur ?
28. — Comment les ailes d'un planeur se différencient-elles les unes des autres ?
29. — Qu'est-ce que le longeron principal d'une aile ? Quels éléments comporte-t-il ?
30. — Les nervures. Constitution, utilité ?
31. — Donner une brève description du revêtement de l'aile.
32. — Comment est déterminée la forme en coupe d'un fuselage bois ?
33. — Donner une description sommaire de chacun des éléments constituant le fuselage.
34. — Caractéristiques du fuselage des planeurs de construction métallique.
35. — Comment est constituée la voilure d'un planeur de construction métallique ?
36. — Caractéristiques du fuselage des planeurs de construction métallique.
37. — Donner une description de la voilure d'un planeur structure fibre de verre résine.
38. — Comment s'effectue le montage de la voilure d'un planeur structure fibre de verre résine (planeur à votre choix) ?
39. — Comment est souvent constitué le fuselage d'un planeur construit en fibre de verre résine ?
40. — Pourquoi a-t-on abandonné, sur les planeurs modernes, l'atterrisseur à patin ?
41. — Pourquoi certains planeurs sont-ils équipés d'un patin sur la partie avant du fuselage ?
42. — Quels sont les corps élastiques qui amortissent les chocs d'un planeur à l'atterrissage ?
43. — Décrire sommairement les atterrisseurs des planeurs.
44. — Quelles sont les commandes d'un planeur ? Quelle est leur utilité ?
45. — Quels sont les divers organes que comprennent les commandes ? Comment agissent-ils ?
46. — Quelles sont les différentes parties qui composent l'empennage ? Rôle de chacune d'elles.
47. — Comment peut-on classer les instruments de bord ?
48. — Quels sont les instruments de pilotage ? Rôle de chacun d'eux.
49. — Quels sont les instruments de navigation ? Rôle particulier de chacun d'eux ?
50. — Quels sont les instruments de bord qui fonctionnent à l'aide d'une capsule anéroïde ?

51. — A quelles pressions sont soumises les capsules barométriques pour chacun des instruments de bord suivants : variomètre, anémomètre, altimètre ?
52. — Donner le principe, ainsi qu'un exemple de fonctionnement, du variomètre.
53. — Qu'est-ce qu'un anémomètre ? Description. Principe.
54. — Comment fonctionne un altimètre ?
55. — Décrire sommairement un compas magnétique.
56. — Comment est constitué le niveau transversal ? Exemple de fonctionnement.
57. — Quelle est, pour le variomètre, l'utilité du tube capillaire ?
58. — Quelles sont les différentes parties du récepteur d'un anémomètre ?
59. — Quelles sont les pressions enregistrées par l'antenne de Pitot ? Où se trouvent les prises de pressions de cette antenne ?
60. — Qu'entend-on par pression statique, pression cinétique ou dynamique, pression d'arrêt ou totale ?
61. — Dans les débuts de l'aviation, le niveau transversal n'était autre qu'un niveau à alcool un peu modifié du point de vue forme et grosseur de bulle. Indiquer, soit où se trouvait la bulle, soit la direction dans laquelle elle se déplaçait si le virage s'effectuait suivant :
- un angle d'inclinaison correct ;
 - un angle d'inclinaison insuffisant ;
 - un angle d'inclinaison trop important.
- Comparer avec le niveau à bille.
62. — Où se trouve la bille dans chacun des cas suivants :
- virage à gauche trop incliné ;
 - virage à droite trop peu incliné ;
 - virage à droite trop incliné ;
 - virage à gauche trop peu incliné.
63. — Quelles sont les qualités essentielles que les instruments de bord doivent réunir ?
64. — Dire brièvement en quoi consiste l'entretien et la réparation des planeurs.
65. — Quelle est, pour le planeur « Car-mam 15-38 », la charge au mètre carré, par rapport au poids total maximal ?
66. — Quelles sont les caractéristiques de la voilure du planeur « E-78 Silène » ?
67. — Caractéristiques du planeur « Kit Club 15-34 » ?
68. — Qu'entend-on par planeur équipé d'un dispositif d'envol incorporé ?

L'AVION LÉGER

- 3.1. — CATÉGORIES DE CERTIFICATION.
- 3.2. — ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DE L'AVION.
- 3.3. — INSTRUMENTS ET ÉQUIPEMENTS DE BORD.
- 3.4. — LE GROUPE MOTOPROPULSEUR.
- 3.5. — ESSAIS.
- 3.6. — PRÉSENTATION DE QUELQUES AVIONS.

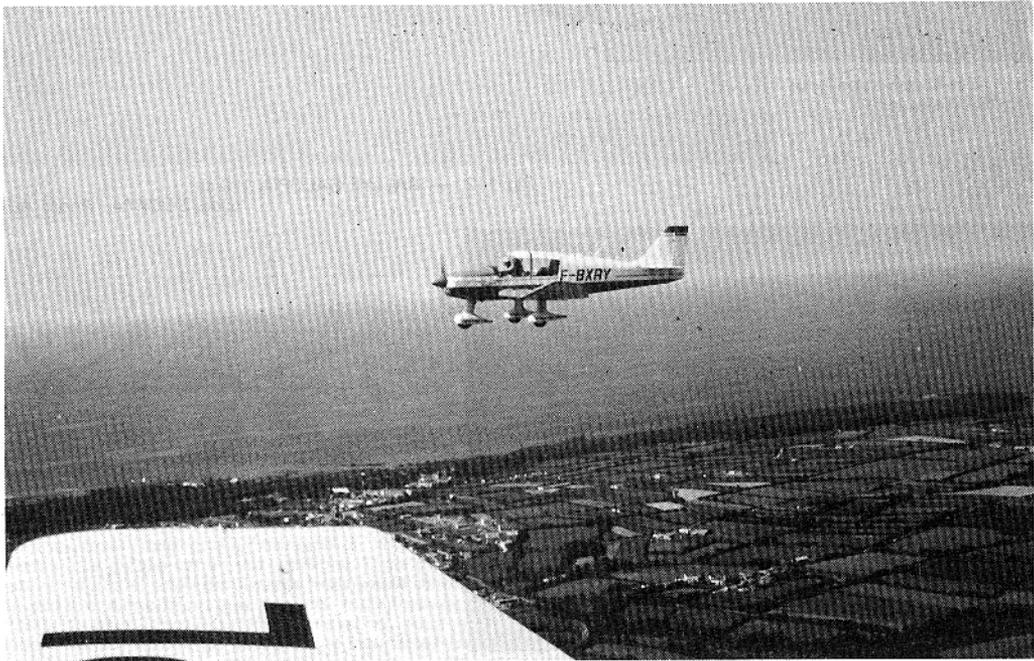


Fig. 110. — DR 400 - 108 ch - Catégories N et U (Vrilles interdites).



Fig. 111. — ROBIN R 2112 - Catégories U et A



Fig. 112. — RALLYE GALOPIN 110 ch
(Doc. SOCATA - Photo ADEFI)



Fig. 113. — CESSNA FA 152 AEROBAT
(Facteur de charge + 6 — 3)

3.1. — CATÉGORIES DE CERTIFICATION (Fig. 110 à 114).

Catégorie N (normale) : Interdiction de toute manœuvre acrobatique. Facteur de charge acceptable (1) (limite de certification) + 3,8 et — 1,52.

Catégorie U (utilitaire) : Les avions de cette catégorie ont droit à certaines manœuvres acrobatiques limitées définies ci-après, si ces manœuvres ont été démontrées en certification :

- virages serrés ;
 - « 8 » paresseux ;
 - chandelles ;
 - vrilles (si approuvées pour le type).
- } inclinaison > 60°

Facteur de charge acceptable + 4,4 et — 1,76 (1).

Catégorie A (acrobatique) : Autorisation pour toutes les manœuvres qui ont été démontrées en certification. Facteur de charge acceptable + 6 et — 3 (1).

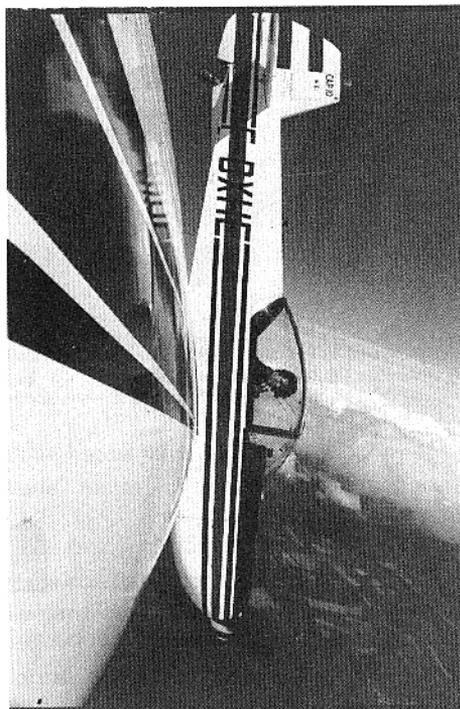
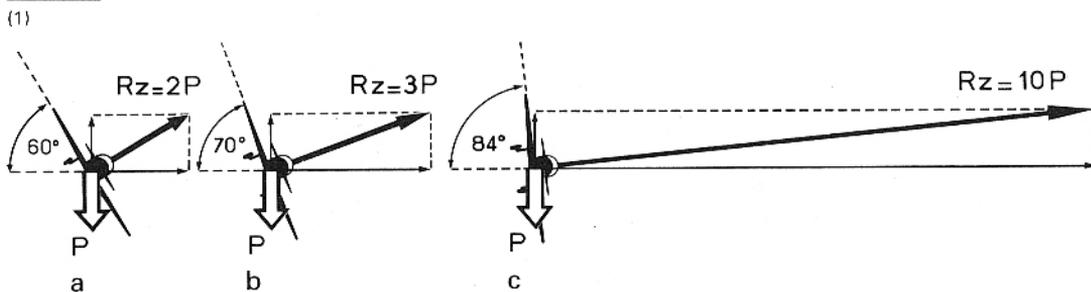


Fig. 114. — CAP 10 - Catégories U et A
(Photo Alain ERNOULT)



Il est rappelé (voir *Technique Élémentaire du Vol*) qu'en virage, la portance R_z (perpendiculaire au plan des ailes) doit être supérieure à ce qu'elle est en vol rectiligne. Cette portance R_z peut se décomposer en une composante verticale égale et opposée au poids et une composante horizontale dirigée vers le centre du virage (force centripète).

Les figures a, b, c, montrent que, connaissant la force égale et opposée à P et la direction des deux autres forces, R_z et force centripète, on peut, graphiquement, déterminer, pour un angle d'inclinaison connu, l'intensité de la force R_z .

On appelle facteur de charge (n) pour une inclinaison donnée :

$$n = \frac{\text{Portance en virage}}{\text{Portance en vol rectiligne (poids de l'avion)}}$$

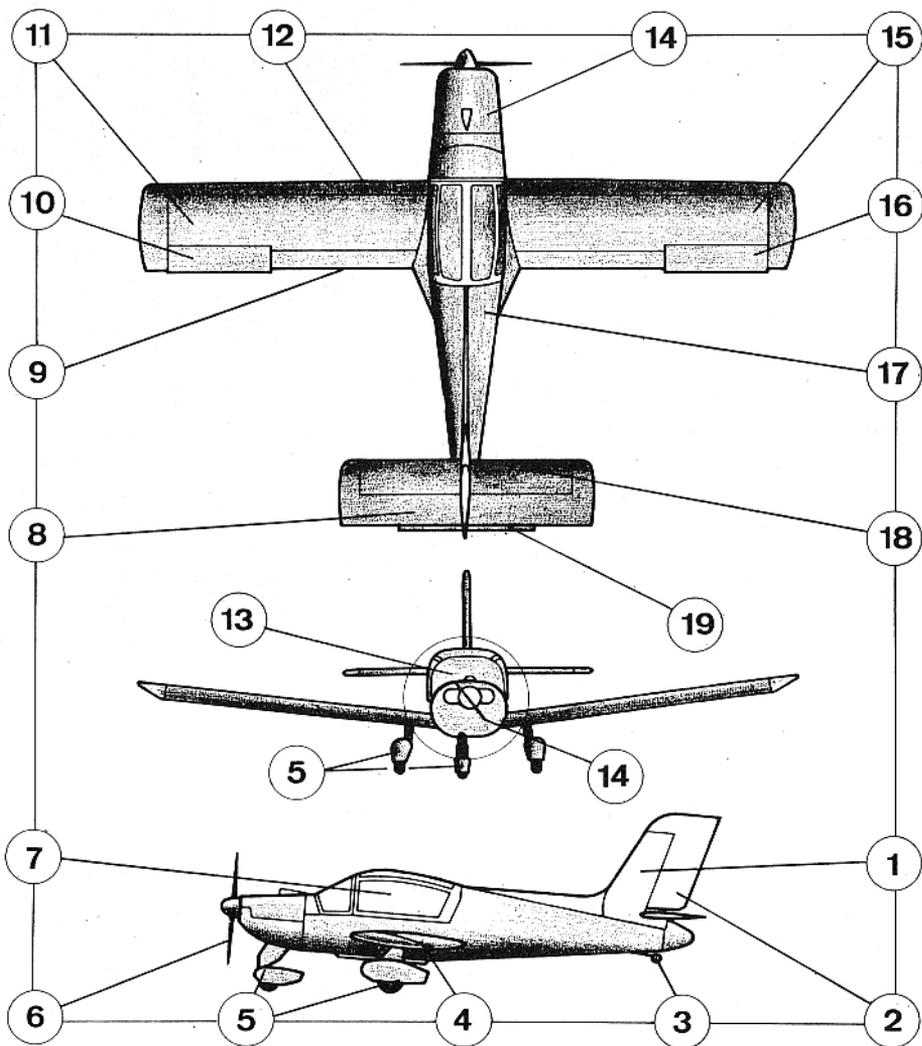


Fig. 115. — Parties principales de l'avion :

1. Dérive.
2. Gouvernail.
3. Roulette de queue.
4. Aile basse cantilever.
5. Train d'atterrissage.
6. Hélice.

7. Habitacle.
8. Gouvernail de profondeur.
9. Bord de fuite.
10. Aileron gauche.
11. Aile gauche.
12. Bord d'attaque.

13. Poste de pilotage.
14. Capotage moteur.
15. Aile droite.
16. Aileron droit.
17. Fuselage.
18. Plan fixe.
19. Tab.

3.2. — ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DE L'AVION.

3.2.1. — Les éléments de l'avion.

On retrouve dans un avion, outre le groupe motopropulseur (moteur, hélice, ...) les mêmes éléments que dans un planeur (fuselage, voilure, empennages, atterrisseurs) (Fig. 115).

L'avion peut être :

— **monoplan** (une seule aile de chaque côté) (Fig. 111-112), ou **biplan** (deux ailes de chaque côté) (Fig. 116).

La position de l'aile permet de distinguer (Fig. 117) :

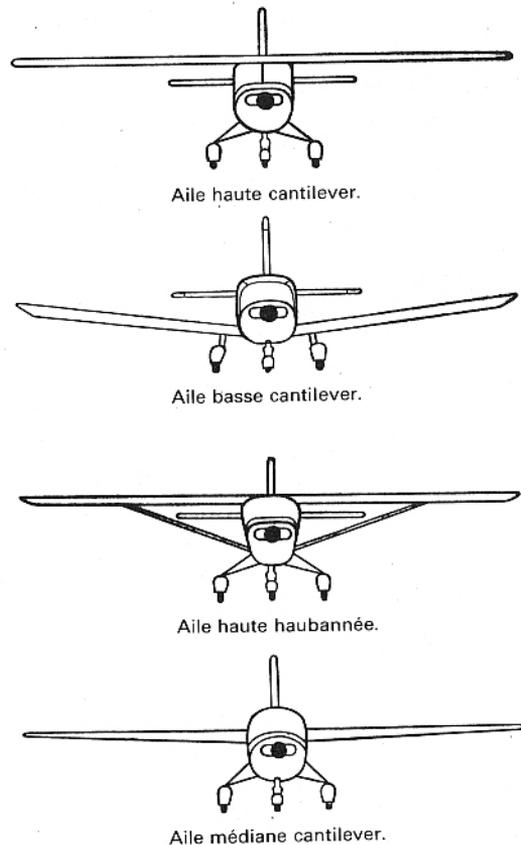


Fig. 117. — L'aile par rapport au fuselage.



Fig. 116. — Avion biplan PITTS BS/S construit par M. Brandt, directeur des études aux avions ROBIN.

- l'aile haute haubannée ;
- l'aile haute cantilever (ou en porte-à-faux) ;
- l'aile basse cantilever ;
- l'aile médiane cantilever.

L'aile cantilever n'est pas reliée au fuselage par un soutien extérieur.

La forme, en plan, de l'aile peut être rectangulaire, à extrémités arrondies, trapézoïdales, elliptiques.

La voilure possède un **dièdre** si les deux demi-ailes forment un angle ouvert vers le haut (Fig. 118).

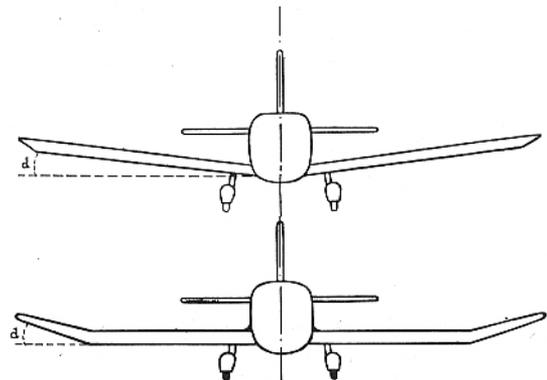


Fig. 118. — Dièdre.

Si l'axe de symétrie de la voilure vue en plan n'est pas perpendiculaire à l'axe longitudinal du fuselage, l'aile a de la **flèche** (Fig. 119).

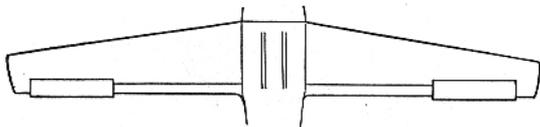


Fig. 119. — Flèche.

3.2.2. — Les ailes.

Une aile d'avion (Fig. 120) est construite de façon identique à celle d'un planeur, en tenant compte toutefois d'une **envergure moindre** et d'une **charge alaire plus importante**.

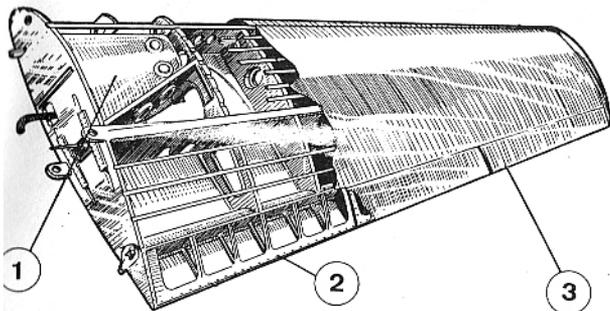
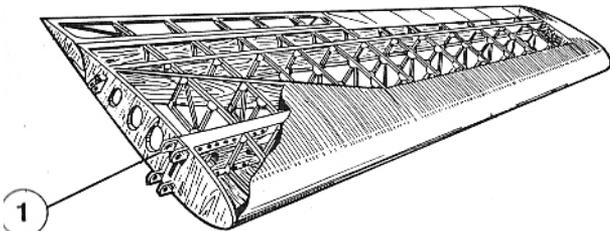


Fig. 120. — Aile d'avion

a) métallique

1. Réservoir d'essence. 2. Volet de courbure. 3. Aileron.



b) en bois.

1. Ferrure d'attache.

Les éléments sont les mêmes : longeron, nervures, revêtement... auxquels s'ajoutent des dispositifs hypersustentateurs.

— Le longeron.

Le longeron, généralement composé d'une âme et de deux semelles, est la pièce principale, parallèle à l'envergure.

— Les nervures.

En bois ou en métal, elles sont semblables aux nervures de planeur.

— Le revêtement.

Il peut concourir à la rigidité de l'ensemble de l'aile ; il est alors dit « revêtement travaillant ».

Le revêtement travaillant est réalisé en contreplaqué ou en tôle d'alliage léger ; le revêtement non travaillant est en toile.

L'aile peut être à revêtement travaillant dans certaines parties (caisson de bord d'attaque), le reste étant entoilé.

— Les ailerons.

Les ailerons ont généralement une structure semblable à celle de l'aile.

— Les dispositifs hypersustentateurs.

Ils ont pour but d'améliorer certaines qualités de l'appareil, en particulier lors de vol à basse vitesse. Ce sont les **fentes** (fixes ou mobiles), les **volets d'intrados** et les **volets de courbure** (Fig. 121 a et b).



Volet de courbure.



Volet d'intrados.



Fente d'aile.

Fig. 121 a. — Volets - Bec de sécurité.

Les **fentes** améliorent l'écoulement de l'air sur l'aile aux grandes incidences, retardant ainsi l'apparition du décrochage.

Les **volets** modifient la courbure des profils dans la portion d'aile qu'ils intéressent, en-

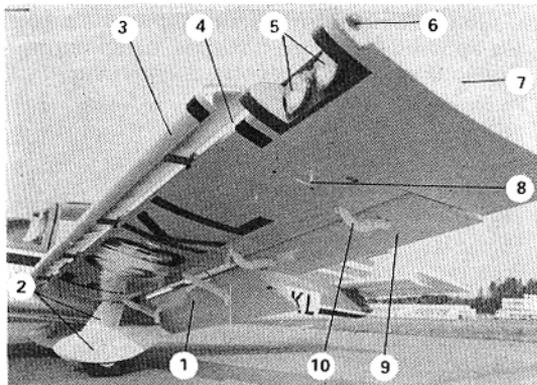


Fig. 121 b. — Dispositifs hypersustentateurs et aileron.

(Doc. SOCATO - Photo ADEFI)

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1. Volet électrique à fente. | 6. Feu de navigation. |
| 2. Carénage. | 7. Saumon. |
| 3. Bec automatique de bord d'attaque (ouvert) | 8. Prise de pression d'arrêt. |
| 4. Fente ouverte. | 9. Aileron. |
| 5. Phares. | 10. Support d'aileron. |

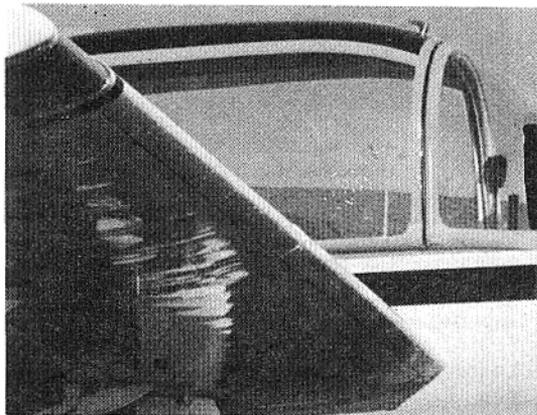


Fig. 121 c. — Bec automatique de bord d'attaque (fermé).

(Doc. SOCATO - Photo ADEFI)

traînant une augmentation de portance, sans changer beaucoup l'incidence de décrochage.

3.2.3. — Le fuselage.

On distingue, d'après leur mode de construction, deux types de fuselages :

- le fuselage en treillis ;
- le fuselage en coque.

— Fuselage en treillis (voir CAP 10, page 106).

Dans ce cas, la structure du fuselage est constituée à partir de lisses réunies par des cadres, l'ensemble étant croisé dans trois plans.

Dans les fuselages construction bois, les croiséments sont recouverts d'un revêtement rigide en contreplaqué.

Les fuselages en treillis métallique, constitués par des tubes d'acier ou d'alliage léger, ont un revêtement de toile ou de panneaux d'alliage léger.

— Fuselage en coque (1).

Le fuselage en coque (Fig. 122) est réalisé grâce au soutien d'une ossature interne, formée de couples et de lisses. Ce revêtement travaillant est rivé sur la charpente.

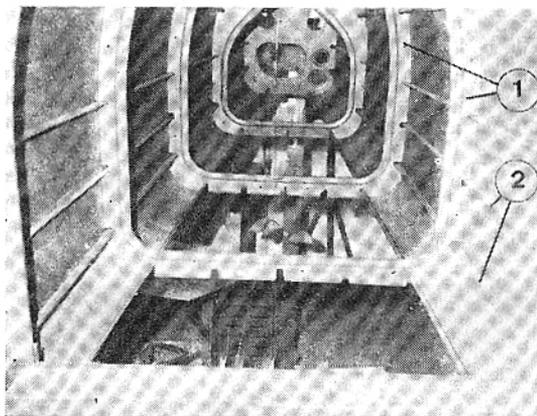


Fig. 122. — Intérieur d'un fuselage en coque (arrière). On distingue très nettement les cadres 1 et les lisses 2.

3.2.4. — Les atterrisseurs.

Ils doivent assurer le roulement au sol, l'envol et l'atterrissage.

Ils comprennent :

- un atterrisseur principal : deux roues avec système amortisseur ;
- un atterrisseur secondaire pouvant être : soit une roue à l'arrière du fuselage (train classique) (Fig. 123 et 126),

(1) En principe, ce fuselage devrait être uniquement constitué par une tôle formée, sans soutien intérieur.

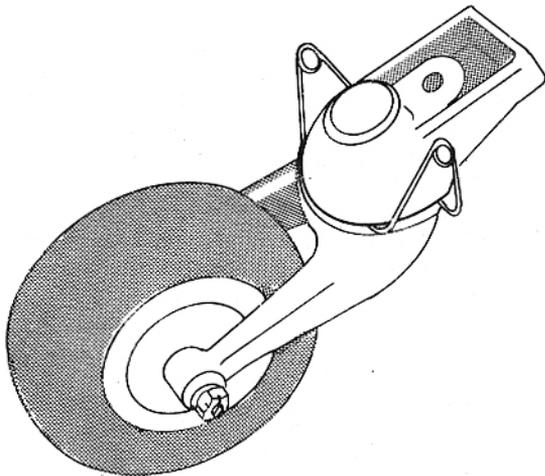


Fig. 123. — Roulette de queue. Roulette à bandage plein. Amortisseur caoutchouc, train classique.

soit une roue avant (**train tricycle**) (Fig. 127 et 128).

Le train d'atterrissage peut, en outre, être **fixe** ou **escamotable**.

— **Atterrisseur principal.**

Il comprend :

— les **roues** à pneumatique gonflable (Fig. 124) ;

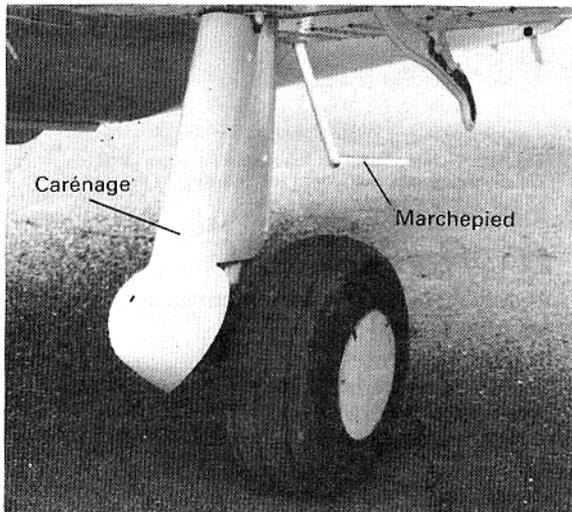


Fig. 124. — Train d'atterrissage.
1. Carénage.
2. Marchepied.

— le **système amortisseur**, différent suivant les appareils (à lames flexibles, oléopneumatiques (Fig. 125), à ressorts, à caoutchouc).

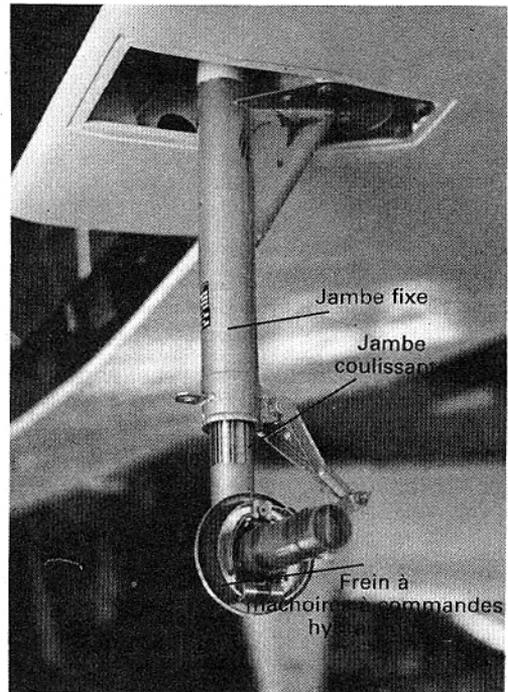


Fig. 125. — Atterrisseur principal. Il est composé de deux tubes coulissants. L'amortisseur oléopneumatique est placé dans les tubes. Jambe fixe et jambe coulissante sont reliées par un compas en A-U4G matricé.

Le train principal est muni de freins commandés.

— **Atterrisseur secondaire.**

Train classique (Fig. 126).

C'est, en général, une petite roue reliée à l'étambot par un système amortisseur simple (à ressort, par exemple). La roulette peut être orientable et commandée par le palonnier.

Avec le train classique, l'avion n'a pas un fuselage horizontal et les roues de l'atterrisseur principal sont placées en avant du centre de gravité.

Train tricycle (Fig. 127).

La roue, située à l'avant du fuselage, comporte un amortisseur comme celui du train



Fig. 126. — Train classique.

principal ; elle est orientable. Ce train permet à l'avion de reposer au sol en ligne de vol (Fig. 128).

3.2.5. — Les empennages.

Ils comprennent habituellement (Fig. 129) :

- le **plan fixe vertical** ou **dérive** ;
- le **gouvernail de direction** ;
- le **plan fixe horizontal** ;
- le **gouvernail de profondeur**.

Généralement, leur structure est semblable à celle de la voilure, entoilée ou à revêtement travaillant (contreplaqué ou métal), comme l'aile.



Fig. 128. — Train tricycle.



Fig. 127. — Train tricycle - Avion REIMS-CESSNA F 152.

Un **compensateur**, petit volet mobile sur le gouvernail de profondeur, permet de régler la position d'équilibre de l'avion autour de l'axe de tangage et d'éviter ainsi la fatigue du pilote.

Comme pour les planeurs, on distingue :

- l'empennage **cruciforme** (Fig. 130) ;
- l'empennage **en T** (Fig. 131) ;
- l'empennage **en V** (Fig. 132) ;

L'empennage horizontal peut être en **deux parties** ou **monobloc** (voir Rallye Tobago page 116).

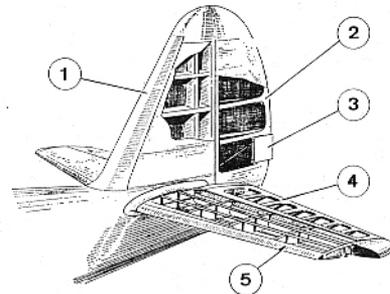


Fig. 129. — Les empennages.

1. Dérive.
2. Direction.
3. Compensateur de direction.
4. Gouvernail de profondeur.
5. Plan fixe horizontal.

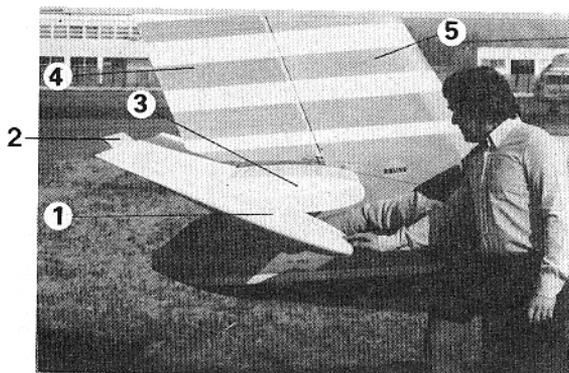


Fig. 130. — Empennage cruciforme. (Doc. SOCATA)
 1. Profondeur. 4. Direction.
 2. Compensateur (Tab). 3. Empennage horizontal. 5. Empennage vertical.

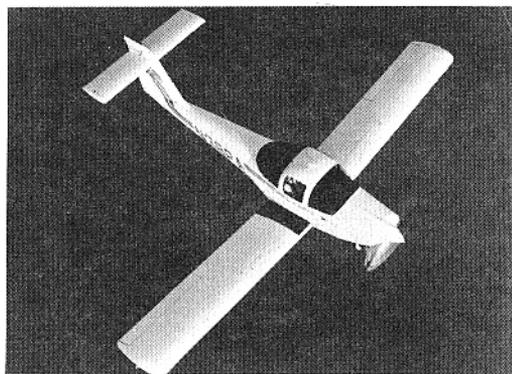


Fig. 131. — Empennage en T (Aviation Magazine).

3.2.6. — Les commandes.

Les commandes d'avion léger ressemblent beaucoup à celles d'un planeur.

On retrouve :

— le **palonnier**, organe de manœuvre de la gouverne de direction, parfois formé de deux pédales conjuguées (Fig. 133 a) ;

— le **manche à balai**, organe de manœuvre de la gouverne de profondeur, d'avant en arrière, et de la gouverne de gauchissement, de droite à gauche (Fig. 133 b).

Sur certains avions, le manche à balai est remplacé par un **volant** (Fig. 134).

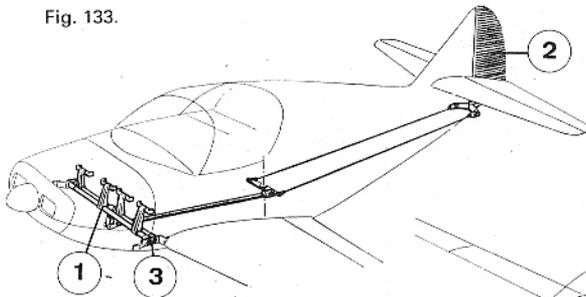
La transmission du mouvement aux gouvernes s'effectue par câbles d'acier sur poulies de



Fig. 132. — Empennage en V - BEEHCRAFT

(Aviation Magazine).

Fig. 133.



a) Commande de direction.

- 1. Palonnier.
- 2. Direction.
- 3. Embout denté.

b) Commandes d'ailerons et de profondeur.

- 1. Profondeur.
- 2. Commande de volets de courbure.
- 3. Volet.
- 4. Aileron.
- 5. Manches.

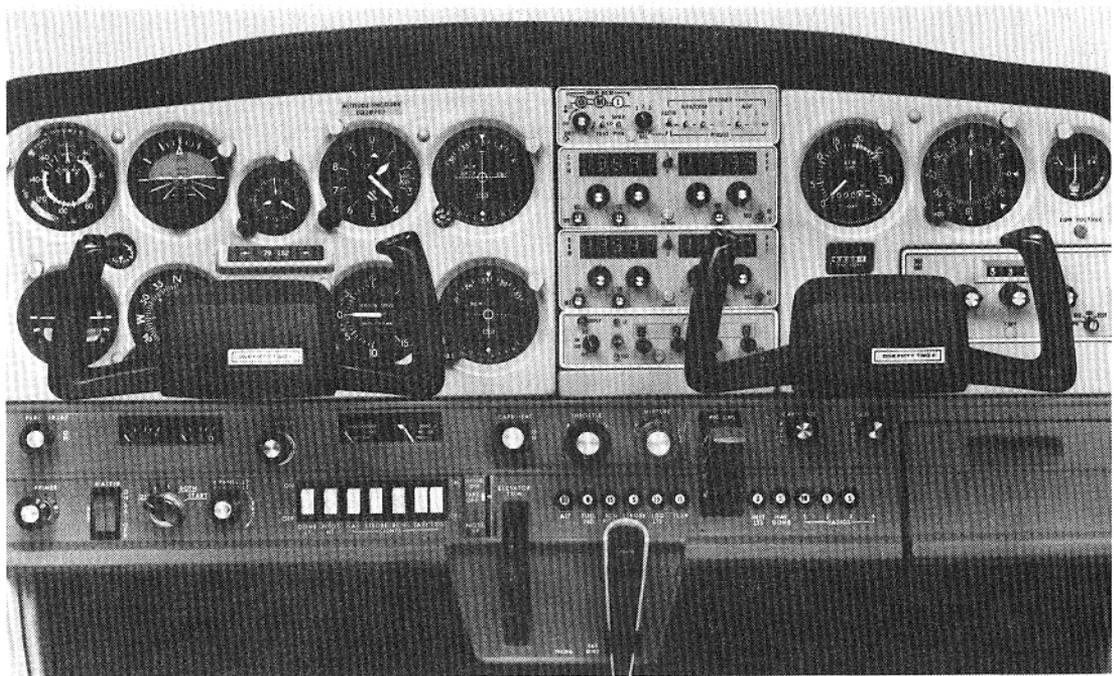
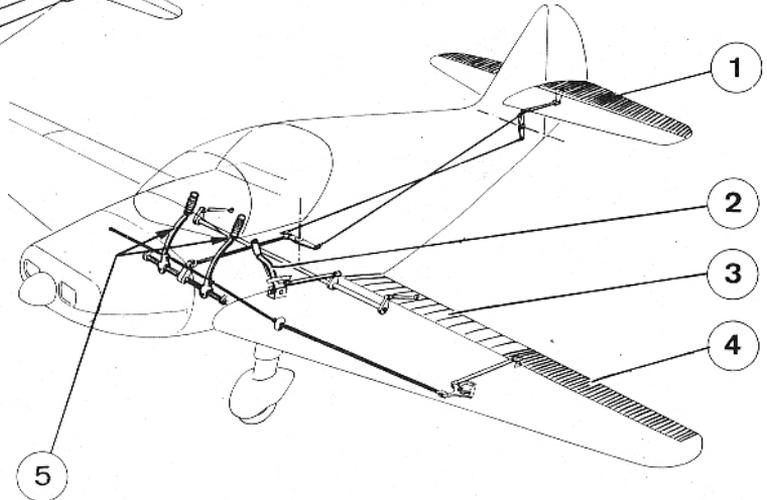


Fig. 134. — Double commande par volant - REIMS-CESSNA F 152.

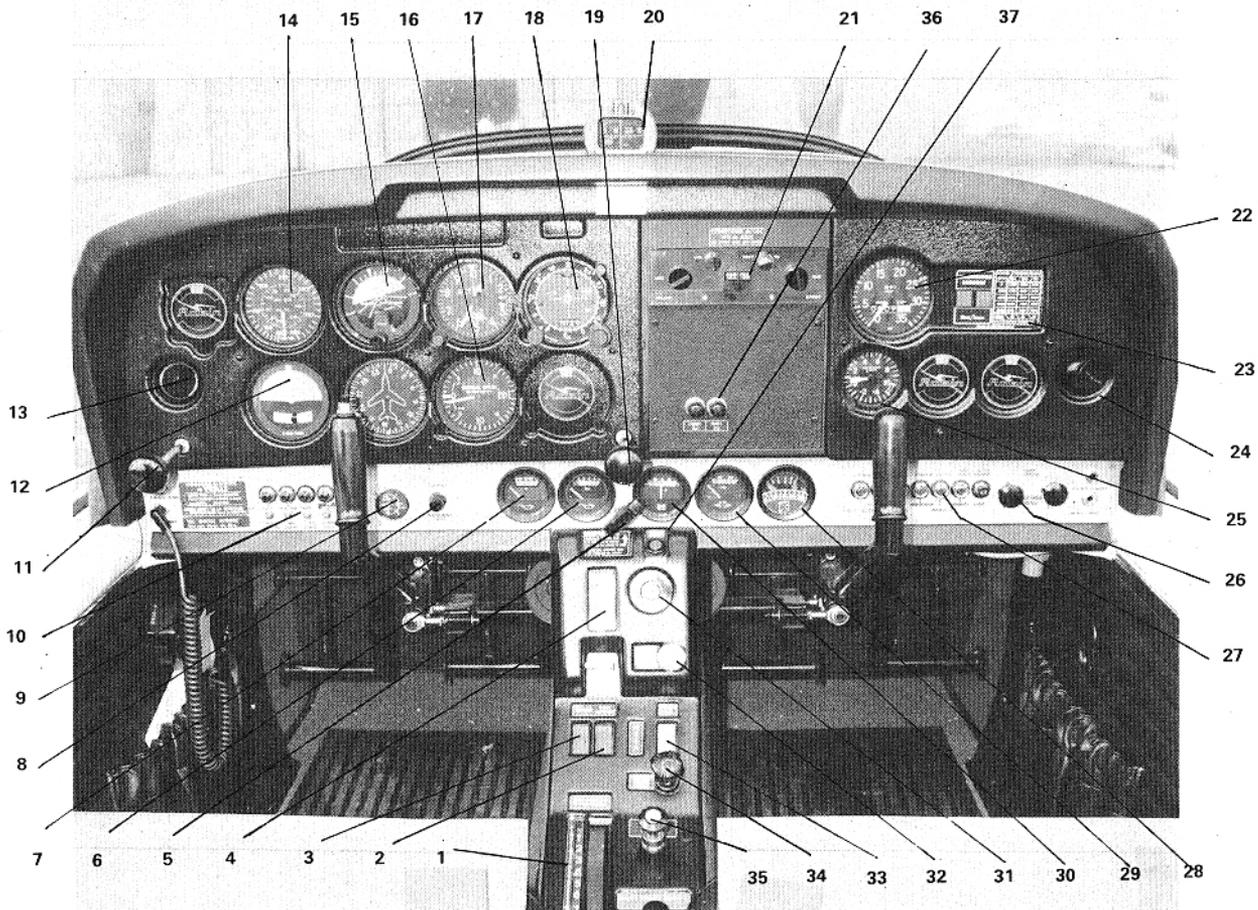


Fig. 135. — ROBIN R 2112. « Tableau de bord du moteur 112 HP à 2 600 tr/mn. Biplace d'école et d'entraînement voltige.

- | | |
|--|--|
| 1. Commande de tab de profondeur. | 20. Compas. |
| 2. Excitation, alternateur. | 21. Radio (360 canaux). |
| 3. Contact général. | 22. Tachymètre. |
| 4. Commande de volets. | 23. Débitmètre (consommation carburant). |
| 5. Frein de parc. | 24. Aérateur. |
| 6.-7. Température et pression d'huile. | 25. Accéléromètre. |
| 8. Rhéostat éclairage tableau. | 26. Commande de chauffage cabine. |
| 9. Manomètre dépression instruments. | 27. Disjoncteurs. |
| 10. Disrupteurs. Disjoncteurs et fusibles. | 28. Jaugeur d'essence. |
| 11. Manette des gaz. | 29. Pression essence. |
| 12. Indicateur de virage (bille-aiguille). | 30. Ampèremètre. |
| 13. Aérateur. | 31. Sélecteur magnétos. |
| 14. Anémomètre. | 32. Commande de mixture. |
| 15. Horizon artificiel. | 33. Pompe électrique de secours. |
| 16. Variomètre. | 34. Réchauffage carburateur. |
| 17. Altimètre. | 35. Pompe à injection. |
| 18. Indicateur VOR. | 36. Fusibles. |
| 19. Manette des gaz. | 37. Démarreur. |

renvoi (commandes souples) ou par tubes métalliques (commandes rigides), ou bien encore par association de commandes souples et rigides.

Les avions légers sont, la plupart du temps, équipés en **double commande**, c'est-à-dire que chaque pilote dispose d'un palonnier et d'un manche.

3.3. — INSTRUMENTS ET ÉQUIPEMENTS DE BORD.

Les aménagements du poste de pilotage comprennent :

- le **tableau de bord**, portant les instruments de bord (Fig. 135). Outre les instruments déjà existants sur un planeur, on trouve les instruments de conduite (manette des gaz, contact, commande de compensateur, ...) et de contrôle du moteur (compte-tours, manomètres d'essence, d'huile, thermomètre d'huile, jauge de carburant) (1) ;
- le **siège**, réglable ;
- les **ceintures et bretelles à débouclage rapide** ;
- en général, un **compartiment à bagages**.

Remarque : Presque toujours les avions légers sont équipés d'un poste de radio VHF (Very High Frequency, très haute fréquence) permettant au pilote d'établir un contact avec le service sol.

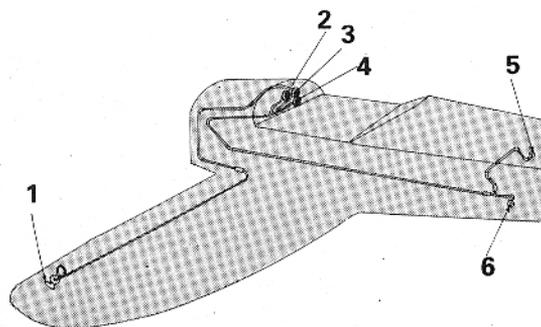


Fig. 136 a. — Circuit anémométrique du CAP 10.

1. Prise de pression d'arrêt ou totale.
2. Altimètre.
3. Anémomètre.
4. Variomètre.
5. et 6. Prise de pression statique.

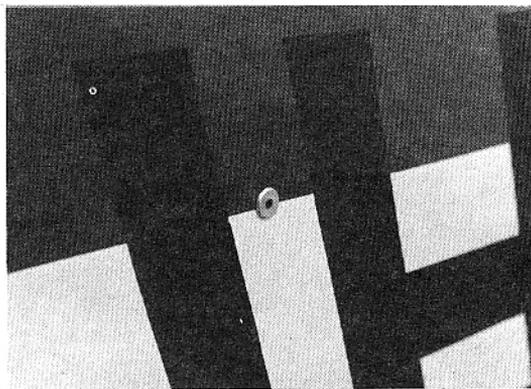


Fig. 136 b.

Fig. 136 b. — Prise de pression statique.

Fig. 136 c. — Prise de pression d'arrêt avec réchauffage.

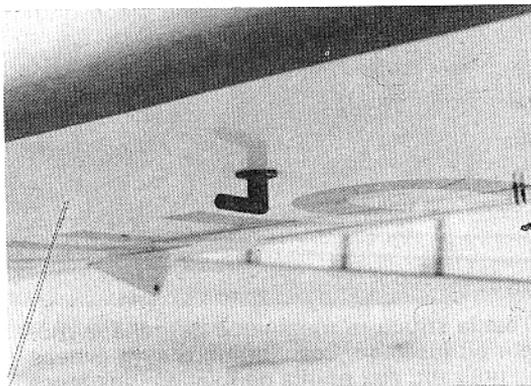


Fig. 136 c.

(1) Voir circuit anémométrique (Fig. 136 a, b et c).

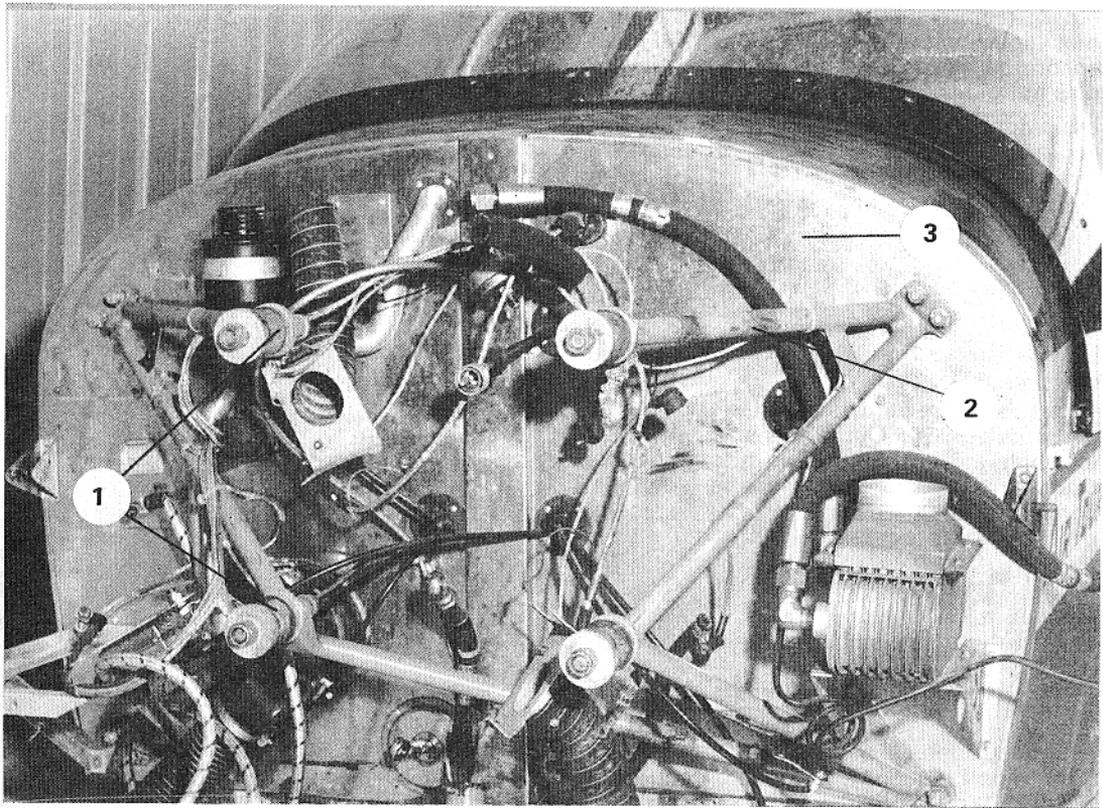


Fig. 137. — 1. Silent-bloc. 2. Bâti-moteur. 3. Cloison pare-feu.

3.4. — LE GROUPE MOTOPROPULSEUR.

En général, sur les avions légers, le moteur est situé à l'avant du fuselage, cette disposition facilite le centrage de l'avion.

Le groupe motopropulseur comprend :

- le **bâti moteur** ;
- le **moteur** ;
- l'**hélice**.

3.4.1. — Le bâti-moteur (Fig. 137).

C'est la structure métallique qui relie le moteur au fuselage. Les vibrations sont évitées en utilisant, aux points de fixation, des blocs amortisseurs en caoutchouc (silent-bloc).

3.4.2. — Le moteur.

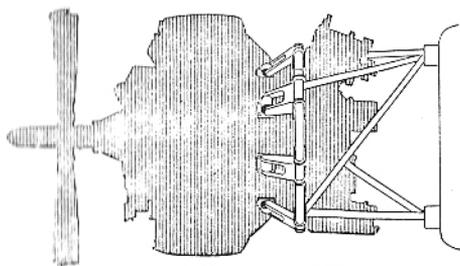
De puissance variable suivant le type de l'avion, le moteur se termine par l'arbre porte-hélice, sur lequel est fixée l'hélice.

La disposition des cylindres permet de distinguer (Fig. 138) :

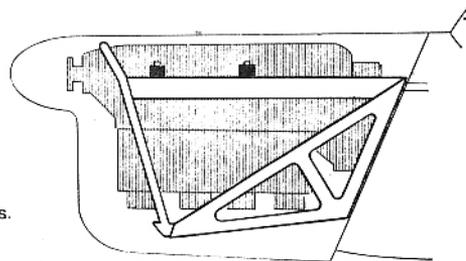
- les **moteurs** à cylindres disposés **en étoile** ;
- les **moteurs** à cylindres disposés **en ligne ou en V** ;
- les **moteurs en « flat » ou horizontaux** (Fig. 139).

3.4.3. — L'hélice.

Par sa rotation, l'hélice doit engendrer un effort de traction, les pales agissant dans l'air un peu à la manière d'une vis.



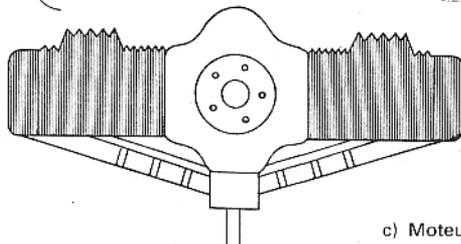
a) Moteur en étoile.



b) Moteur en ligne.

Fig. 138. — Moteurs.

L'hélice comporte, en général, deux pales réunies par un moyeu. Elle est en bois dur (acajou, hêtre) ou en métal.



c) Moteur en « flat ».

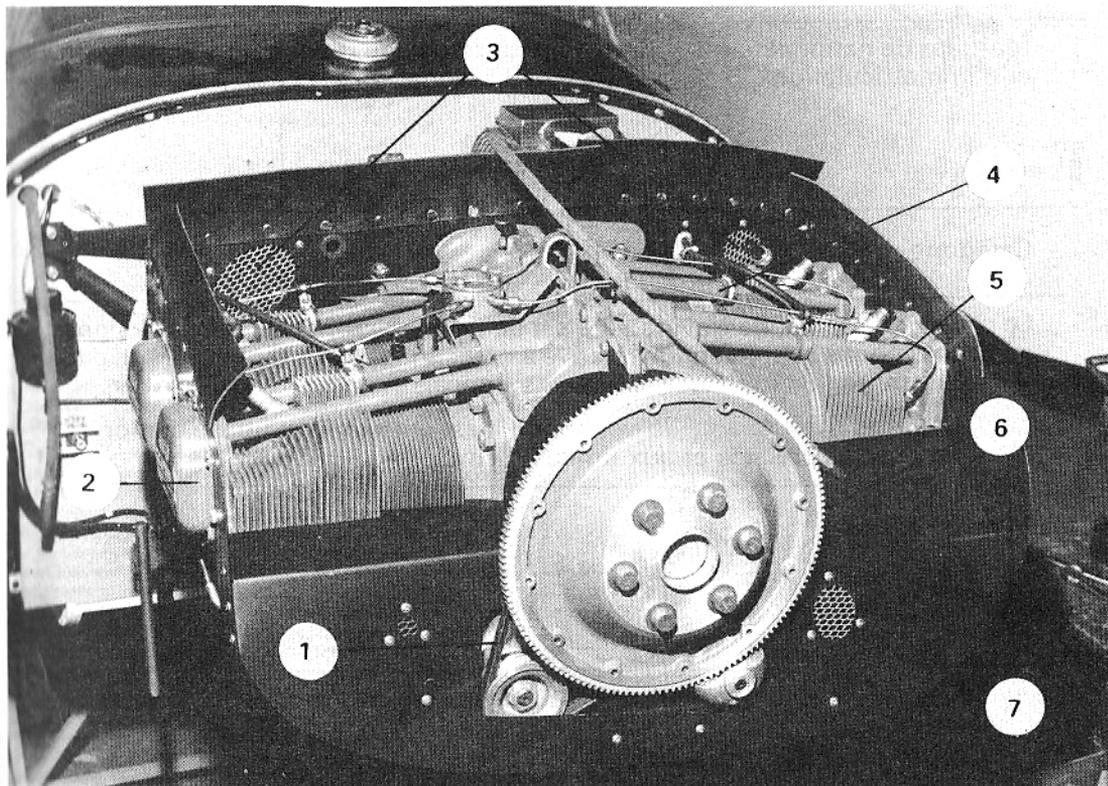


Fig. 139. — Moteur à injection 180 ch monté sur bâti en tubes d'acier soudés.

1. Courroie d'entraînement.
2. Cache-culbuteur.
3. Entrées d'air.

4. Tige de culbuteur.
5. Cylindre.
6. Couronne de démarreur.
7. Déflecteur.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

N°

MINISTÈRE DES TRANSPORTS

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AVIATION CIVILE

SPÉCIMEN

CERTIFICAT DE NAVIGABILITÉ

1 - Marques de nationalité et d'immatriculation

2 - Constructeur et désignation du type de l'aéronef

3 - N° de série de l'aéronef

F-

4 - Catégorie

5 - Le présent Certificat de Navigabilité est délivré à l'aéronef ci-dessus désigné, conformément à la Convention relative à l'Aviation Civile International en date du 7 décembre 1944 et aux Règlements français.

Cet aéronef est réputé apte au vol lorsqu'il est entretenu et utilisé conformément aux textes précités et aux limites d'emploi applicables.

Documents associés

Délivré le Le Ministre chargé de l'Aviation Civile.

6 - Voir au verso pour le renouvellement et la validité du certificat.

3.5. — ESSAIS.

Pour être autorisé à circuler, tout aéronef civil de nationalité française doit avoir reçu un certificat de navigabilité individuel français (Fig. 140), en état de validité.

Le constructeur qui désire obtenir un **Certificat de Navigabilité** (1) doit notamment fournir aux Services officiels :

— un **dossier technique** comportant les justifications nécessaires (justifications de la **structure** *, par exemple) ;

— les **résultats** complets des **essais** effectués.

Un aperçu des essais de structure est donné par des exemples :

— essais **statiques** ;

— essais **dynamiques** ;

— essais de **vibrations en vol**...

3.5.1. — Essais statiques (2).

Les exigences de résistance structurale sont précisées en termes de charge.

(1) Les certificats de navigabilité sont classés de la façon suivante :

a - Certificats de Navigabilité attestant qu'un aéronef est conforme à un type certifié.

Il ne sera cité, ici, que le Certificat de Navigabilité normal (CDN).

b - Certificats de Navigabilité spéciaux.

Ces certificats attestent qu'un aéronef satisfait à des conditions de sécurité qui lui sont propres.

On retiendra parmi les types de cette catégorie :

— le Certificat de Navigabilité Spécial (CDNS).

— le Certificat de Navigabilité restreint d'Aéronef (CNRA) dont les conditions de délivrance ne respectent pas obligatoirement les normes minimales définies et qui, de ce fait, soumet l'aéronef à certaines restrictions.

A noter que certains Certificats de Navigabilité portent une mention d'emploi (privé, travail aérien...).

Délivrance du Certificat de Navigabilité.

Pour que les conditions de navigabilité soient satisfaites, les principales vérifications portent sur :

— les performances et les qualités de vol,

* — les structures,

— la conception et la construction,

— le groupe motopropulseur,

— les équipements,

— les limites d'utilisation et informations.

(2) Documents C.E.A.T. (Centre d'Essais Aéronautiques de Toulouse).

Définition des charges :

— Charge limite : c'est la charge à *ne jamais dépasser en service*. La structure doit supporter les charges limites sans subir de déformation permanente (limite d'élasticité).

— Charge extrême (3) : charge limite multipliée par un coefficient de sécurité (1,5).

— Charge de rupture : charge pour laquelle l'éprouvette (4) essayée se rompt.

La charge de rupture ne doit pas se produire avant d'avoir atteint la charge extrême.

Installations d'essais (Fig. 141 à 147).

La schématisation des forces pour l'essai considéré doit donner un système en équilibre (Fig. 141), équilibre préalable à la conduite de l'essai.

L'équipement d'essais comprend :

— un ou plusieurs vérins d'introduction des efforts (Fig. 142) ;

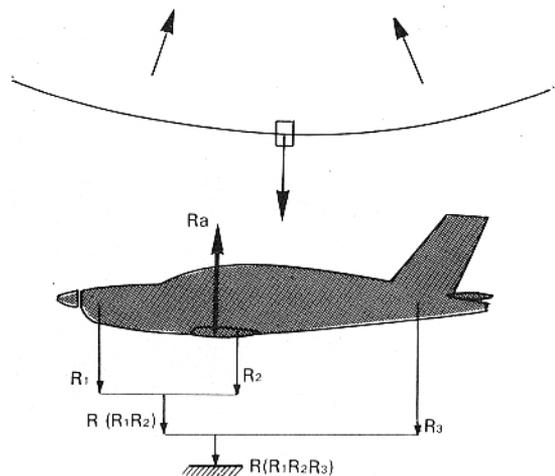


Fig. 141. — a) Le système des forces doit toujours être en équilibre.

b) La prise des efforts R_1 , R_2 , R_3 se fait généralement au niveau des masses concentrées (moteur, pilote, passagers, empennage). R_a (résultante aérodynamique). (Voir *Connaissances Générales*, Chapitre IV).

(3) La structure doit pouvoir supporter les charges extrêmes, sans rupture, pendant au moins 3 secondes. Cette limite ne s'applique pas si la preuve de la résistance de structure est montrée par des essais dynamiques simulant les conditions réelles de charge. (Part. 23. Conditions de navigabilité).

(4) Éprouvette : éléments ou structure d'aéronef en essai.

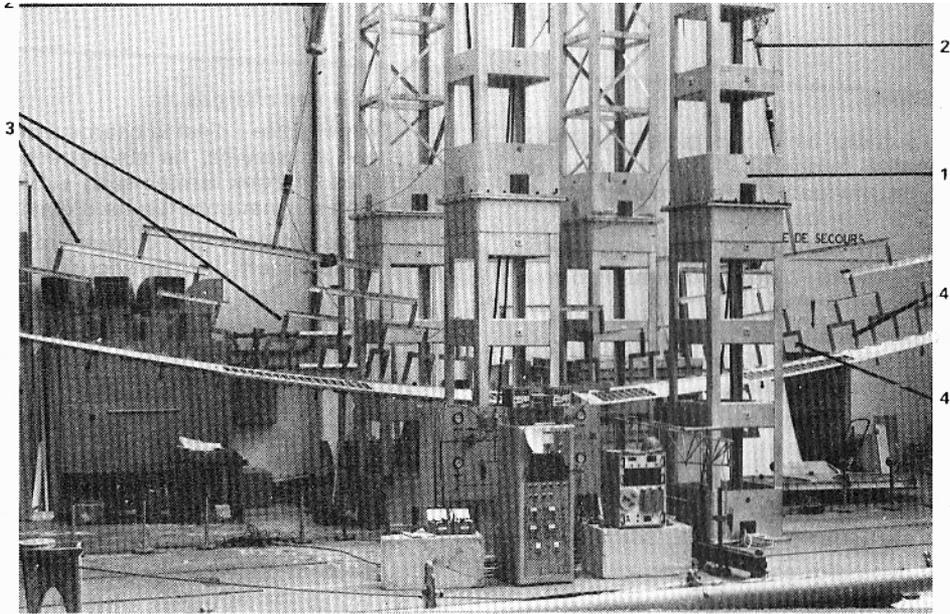


Fig. 142. — Essai statique Planeur LCA 10 « Topaze ». Simulation d'une ressource. L'appareil subit une accélération verticale de 5,3 g (effort limite).

1. Bâti d'essai.
2. Vérins de mise en charge. Un dynamomètre mesure les charges. Essai effectué avec des dispositifs de sécurité.
3. et 4. Palonniers de répartition des charges. L'ensemble s'appelle une grappe. Des patins sont collés à la voilure pour transmettre les efforts.

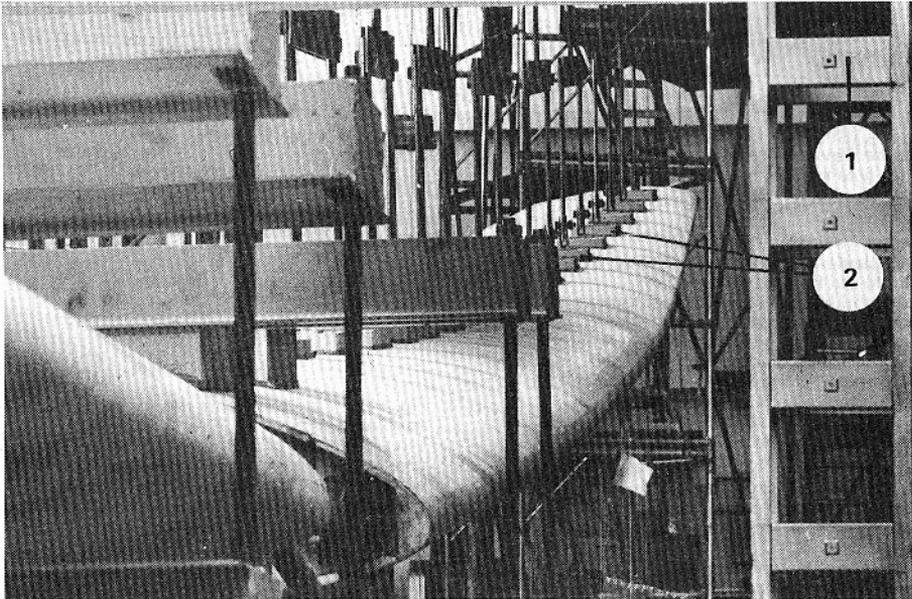


Fig. 143. — Essai de flexion symétrique voilure. 1. Bâti.
2. Patins.

Simulation d'une ressource positive. L'appareil subit une accélération verticale de 5,3 g (effort limite) (planeur LCA 10 « Topaze »).

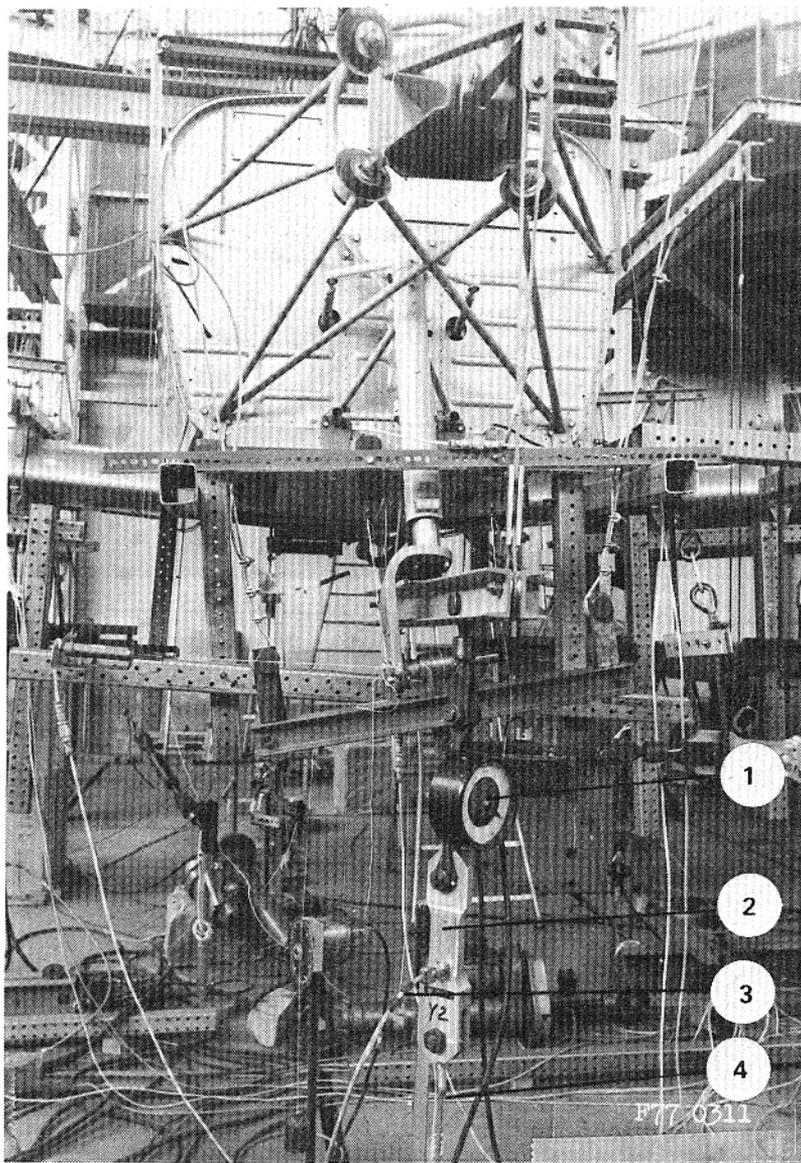


Fig. 144. — Chargement bâti-moteur.
Enregistrement des efforts et des déformées correspondantes.
1. Dynamomètre à lecture directe télécommandant le vérin.
2. Dynamomètre à jauge de contrainte pour télémessure (mesure à distance).
3. Câble de branchement à la baie de télémessure.
4. Câble d'ancrage de reprise d'effort.

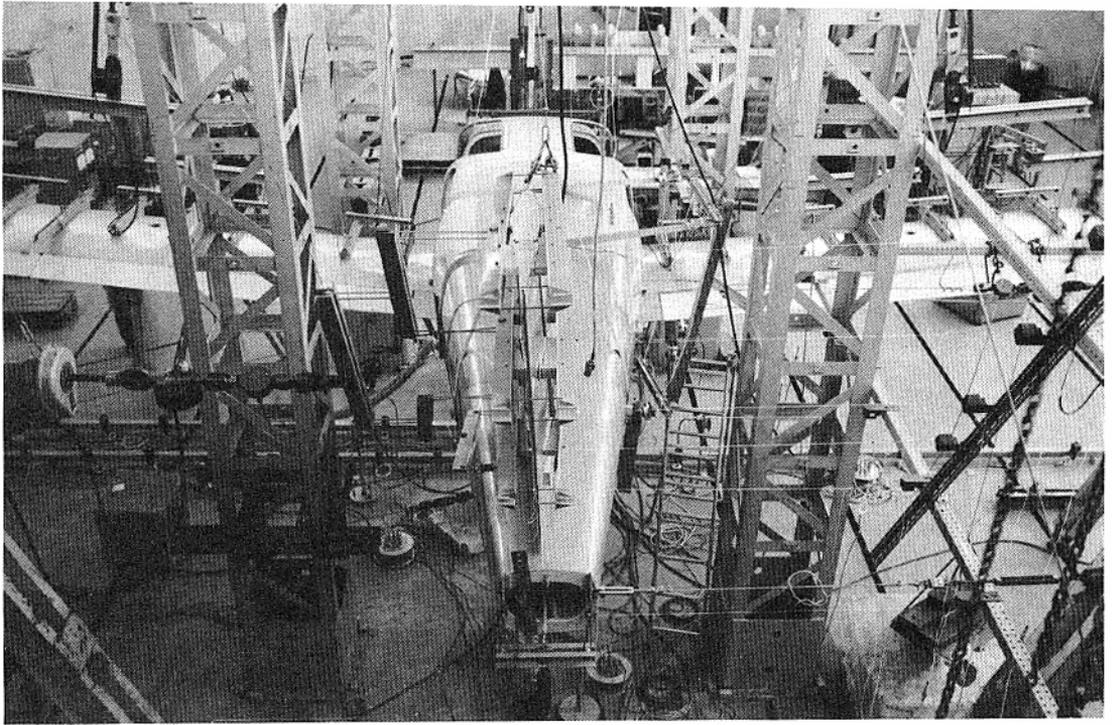


Fig. 145.

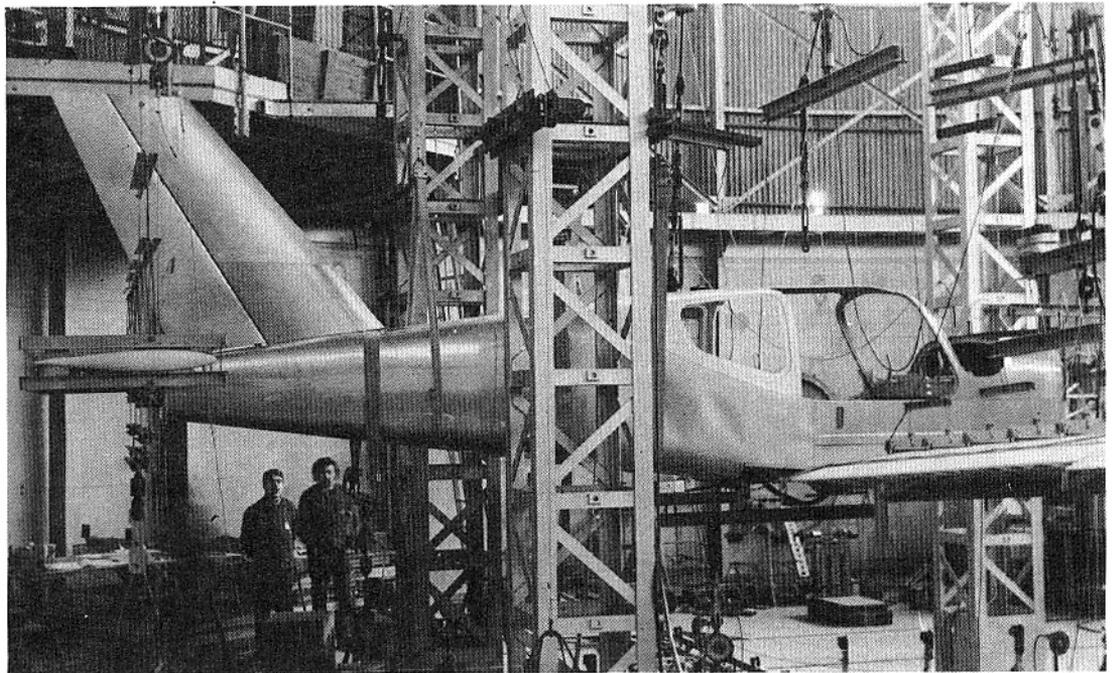


Fig. 147

- un appareillage de mesure des « déformées » (piges) ;
- éventuellement, selon les moyens d'essai dont on dispose, un système d'enregistrement simultané des efforts et des « déformées » correspondantes (Fig. 144) ;
- si possible, un équipement de mesure des contraintes.

Un rapport d'essai final, après dépouillement de tous les résultats, donne aux Services officiels, la possibilité de juger de la validité de la structure.

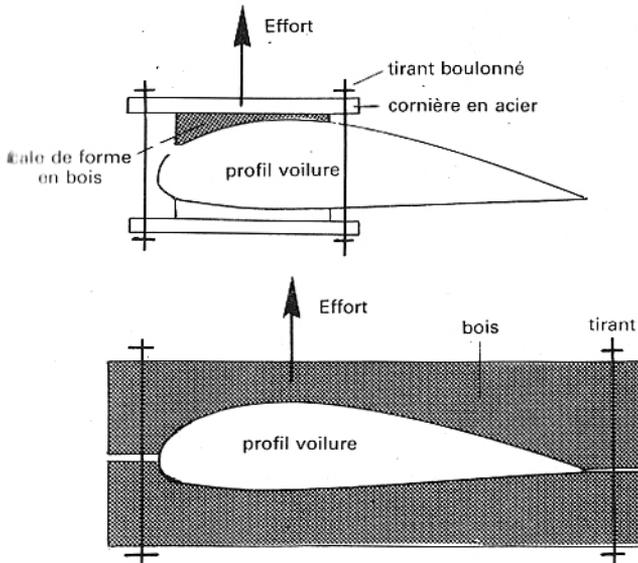


Fig. 146a.

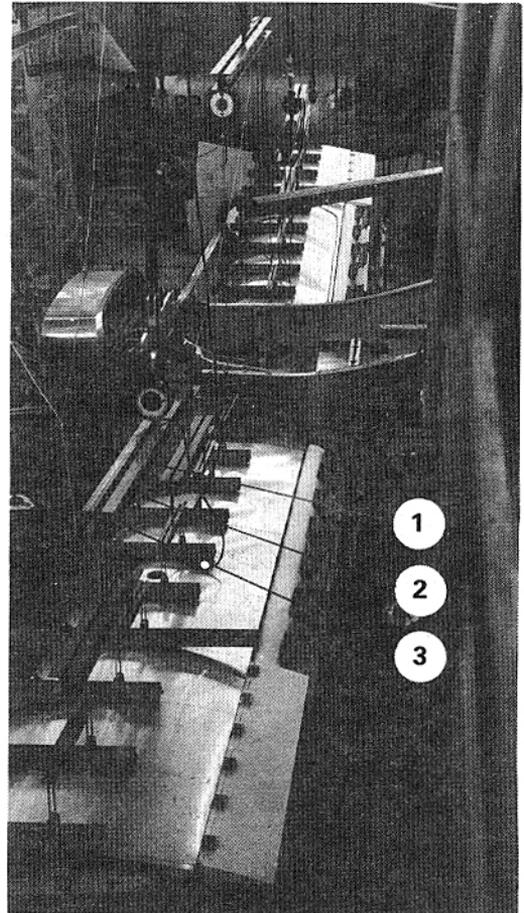


Fig. 146b.

- ← Fig. 145. — Essai charge symétrique fuselage et voilure. Palier environ charge 1. A ce moment de l'essai, les charges appliquées sont celles relatives à la limite élastique. Les charges entre palier zéro (système en équilibre, équilibre assuré par des masses de compensation) et palier 1 sont, par convention et pour la facilité de l'essai, divisées en dix parties égales.

Fig. 147. — Essai vu de profil. Les cloques apparaissent par l'effort. Palier de charge 1,5. A ce moment de l'essai, les charges appliquées sont celles relatives à la charge extrême.

- Fig. 146c. — Essai de voilure TB 10. Chargement symétrique. Palier de charge 1,5. 1. 2. 3. Cales de forme en bois.

Fig. 146d. — Carcans pour essais statiques (principe).

3.5.2. — Essais dynamiques (vibrations au sol) (1).

Ces essais (Fig. 148 à 151), dont l'étude théorique est complexe, ont pour but de mesurer les « déformées » de l'appareil à ses différentes fréquences de résonance (2).

La connaissance de ces informations, jointe à l'expression des forces aérodynamiques théoriques, permettent la prévision du mécanisme de flottement et assurent sa prévention avant le premier vol.

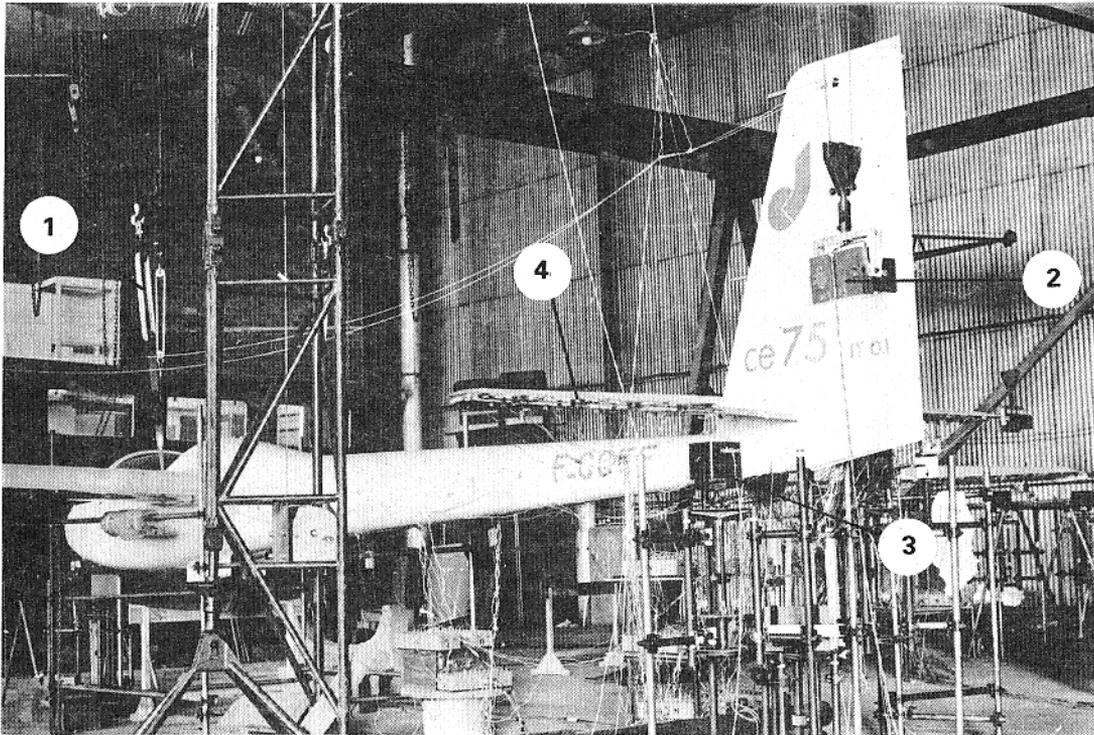
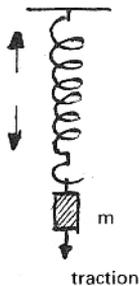


Fig. 148. — Essais de vibrations au sol du planeur biplace CE 75.

Le planeur, en ligne de vol, est suspendu par l'intermédiaire de sandows 1 lui assurant une fréquence de suspension minimale de l'ordre de 1 Hertz (unité de fréquence équivalent à la fréquence d'un phénomène périodique dont la période est une seconde).

L'appareil est équipé 4 de 200 accéléromètres très sensibles, permettant la mesure des « déformées » de flexion et de torsion. L'énergie est fournie par des excitateurs 2 et 3 électrodynamiques qui délivrent des forces alternatives à fréquences variables.



(1) Documents O.N.E.R.A. (Office National d'Études et de Recherches Aéronautiques).

(2) Fréquences de résonance. Si l'on exerce une traction suivie d'un lâcher sur la masse m , le système est animé d'une vibration alternative à la fréquence de résonance du système.

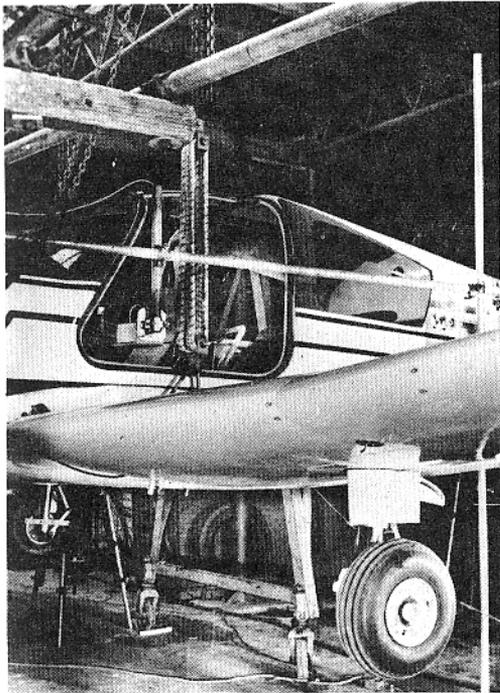


Fig. 149.

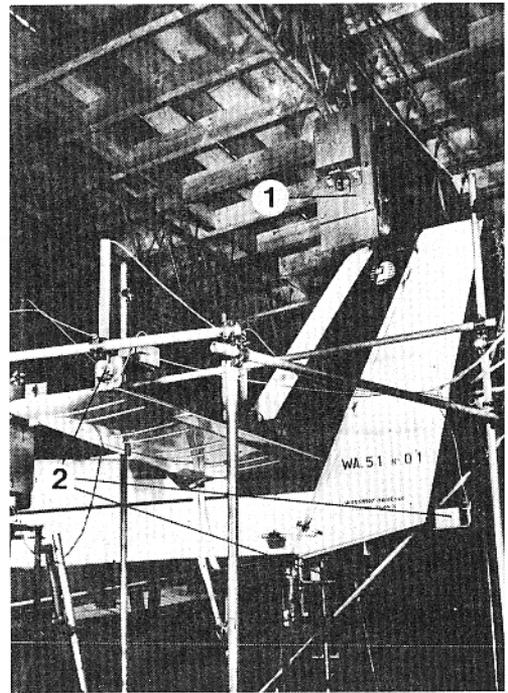


Fig. 150.

Fig. 149. — Essai de vibration au sol sur le Wassmer 51. On distingue l'un des éléments de suspension fixé au longeron principal de l'avion. Précisons que lors de l'essai, l'avion en ligne de vol, et en condition de vol, est suspendu à basse fréquence (1 Hertz).

Fig. 150. — Essai de vibration au sol sur le Wassmer 51 (Vue sur les empennages).

1. Excitateur.
2. Capteurs de vitesse à poste fixe.

Fig. 151. — Capteur accélérométrique manuel.

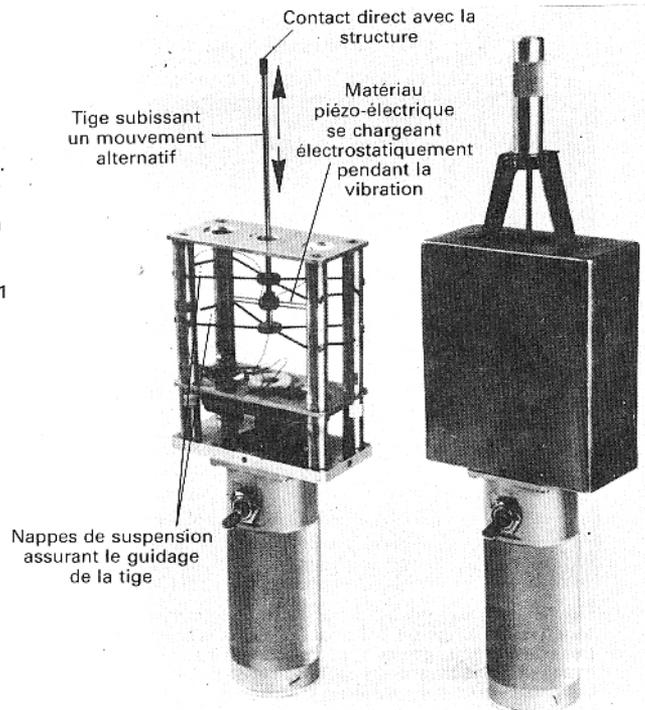


Fig. 151.

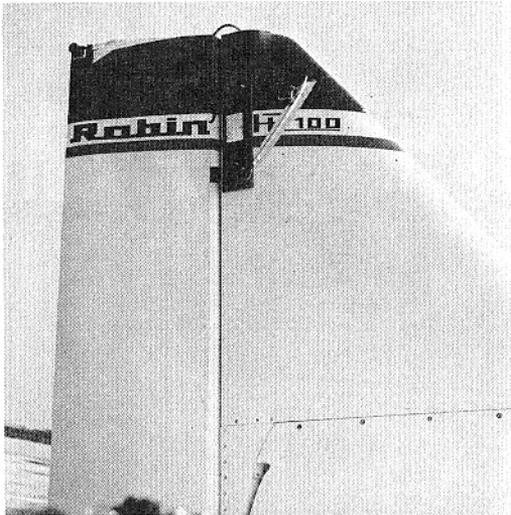


Fig. 152. — Sommet d'une dérive équipée d'un impulseur fixé sur une partie rigide (longeron arrière) et de deux accéléromètres, l'un au bord d'attaque et l'autre sur le drapeau. Ces accéléromètres permettent de relever les mouvements de flexion de la dérive et de rotation du drapeau.

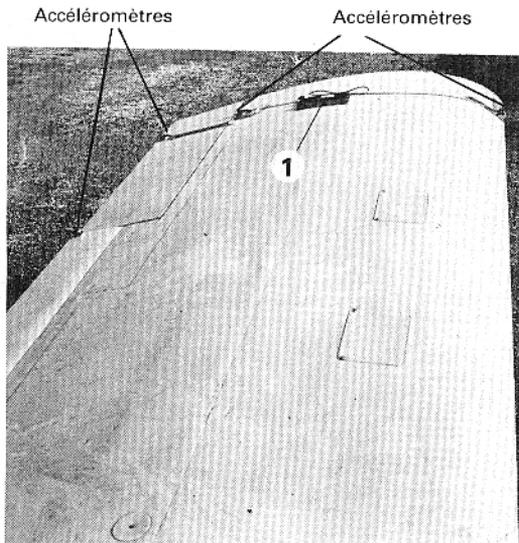


Fig. 153. — Vue d'une extrémité d'aile équipée d'un impulseur 1 sur le longeron principal et de quatre accéléromètres : deux d'entre eux au bord d'attaque et au bord de fuite mesurent les mouvements de flexion et de torsion de l'aile. Les deux autres, sur l'aileron et le volet, servent à détecter les rotations de ces gouvernes.

3.5.3. — Essais en vol (Fig. 152 à 156) (1).

Faisant suite aux essais dynamiques (vibrations au sol) et aux calculs qui en découlent, l'essai de vibration en vol a pour but de tirer les conclusions relatives au comportement effectif de l'avion vis-à-vis du flottement en vol.

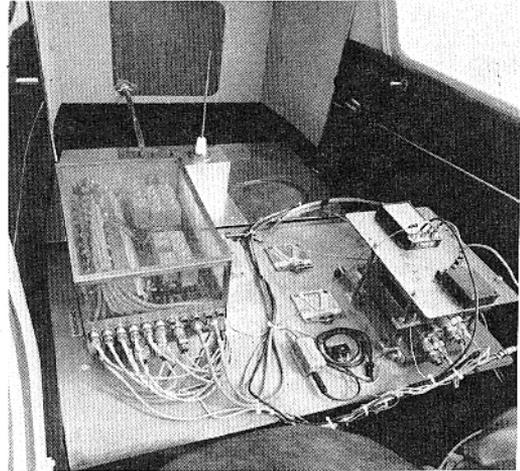


Fig. 154. — Installation d'essais montée en remplacement du siège arrière. A gauche, le « panier » où les signaux des capteurs sont rassemblés et mis sous une forme acceptable par l'émetteur de télémesure. A droite, l'émetteur lui-même et les alimentations électriques. Au fond, l'antenne d'émission.

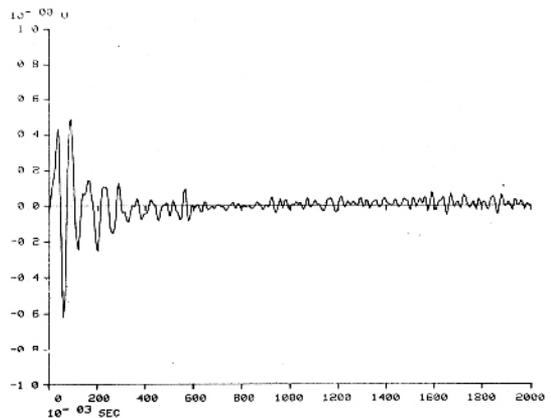


Fig. 155. — Réponse d'un accéléromètre monté sur la structure au tir d'un impulseur.

(1) C.E.V. (Centres d'essais en vol - Istres).

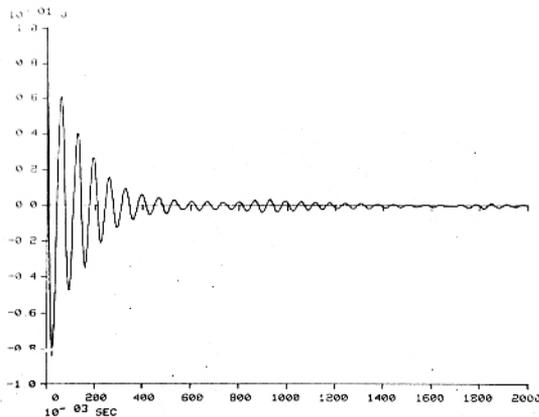


Fig. 156. — Même signal filtré permettant de mesurer la fréquence et l'amortissement du mode excité.

3.5.4. — Domaine de vol, domaine de manœuvre, domaine de rafale.

Le domaine de vol est défini par une réglementation (Fig. 157).

L'avion ne doit ni subir de **déformations permanentes** préjudiciables quand il supporte les charges limites, **ni décrocher**, d'où nécessité de fixer à la fois :

- les facteurs de charge limite (1) ;
- la vitesse limite ;
- les vitesses de décrochage.

Il est rappelé que le **facteur de charge en vol (n)** est égal au rapport portance aérodynamique R_z , poids de l'avion P

$$n = \frac{R_z}{P}$$

Le facteur de charge est positif si la force aérodynamique s'exerce vers le haut par rapport à l'avion.

Domaine de vol. Il représente le domaine des conditions de charge en vol spécifiées par les critères de manœuvre et de rafale (2).

1. Voir page 93 (essais statiques) et figure 157 : Facteurs de charge en ordonnées, équivalents de vitesse en abscisses.
2. D'après la PART 23 des F.A.R. (Federal Aviation Regulations).

Domaine de manœuvre. Il suppose l'avion soumis à des manœuvres symétriques se traduisant par les facteurs de charge limites donnés dans les catégories de certification (voir page 79).

Domaine de rafale. L'étude de la variation du facteur de charge au cours d'une rafale (1) dépasse le cadre de cet ouvrage. Toutefois, il est utile de savoir que **le facteur de charge croît sous l'effet de rafales verticales.**

Pour les rafales de calcul, l'O.A.C.I. (2) a donné certaines valeurs en fonction de l'équivalent de vitesse de l'avion (par exemple, vitesse de rafale $u = 15,25$ m/s, $u 7,60$ m/s...).

Les facteurs de charge de rafale sont représentés par des droites (3) passant par le point d'ordonnée + 1.

Diagramme de manœuvre.

En abscisses, sont portés les équivalents de vitesse (EV), c'est-à-dire les vitesses exprimées en éliminant la variation de densité de l'air avec l'altitude dans le calcul des charges (4).

En ordonnées, sont portés les facteurs de charge n .

(1) On ne tient compte que de la composante verticale de la rafale en négligeant les autres.

(2) Organisation de l'Aviation Civile Internationale.

(3) La pente de la droite dépend de l'intensité de la rafale.

(4) La variation de la masse volumique de l'air en altitude ρ est ainsi éliminée puisqu'elle est remplacée par ρ_0 (pression 1013,2 mbar, température 15 °C).

$R_z = C_z 1/2 \rho V^2$ en vitesse vraie (VV),

$R_z = C_z 1/2 \rho_0 SV'^2$ en équivalent de vitesse (EV)

$$\text{d'où } EV = VV \times \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

(voir Technique élémentaire du Vol, Livre page 81).

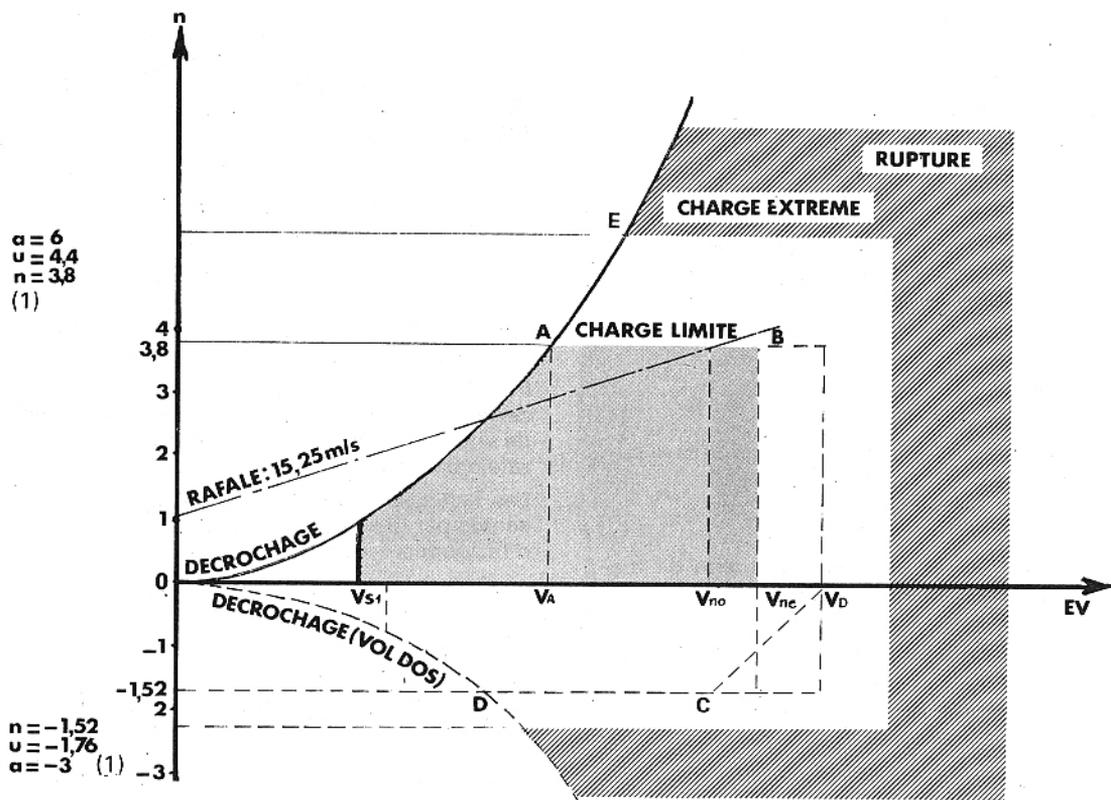


Fig. 157. — Domaine de vol.

L'avion ne doit, à aucun moment, évoluer à l'extérieur du domaine de manœuvre précisé par le constructeur et confirmé par la catégorie de certification N, U, ou A.

Les zones ombrées (V_{s1} à V_{ne}) correspondent au cas de vol normal (2) (correspondance avec les marques portées sur l'indicateur de vitesse-air).

V_{ne} = Vitesse à ne jamais dépasser

V_{no} à V_{ne} = Zone de mise en garde. A utiliser en air calme.

V_{s1} - V_{no} = Zone d'utilisation normale.

V_a = Vitesse de calcul de manœuvre. C'est la vitesse de décrochage avec facteur de charge maximale. V_a permet un braquage maximal des gouvernes sans dépasser les charges limites.

V_D = Vitesse limite prise en ligne de compte dans les calculs (vitesse de calcul en piqué). Comme c'est une vitesse rarement atteinte, les charges sont, le plus souvent, étudiées à la vitesse V_c (vitesse de calcul en croisière).

Le facteur de charge de rafale est calculé à la vitesse de croisière (ici V_{no}) pour $U = 15,25$ m/s.

(1) n, u, a : catégories d'avions. Sur le graphique, catégorie N.

(2) Volets rentrés.

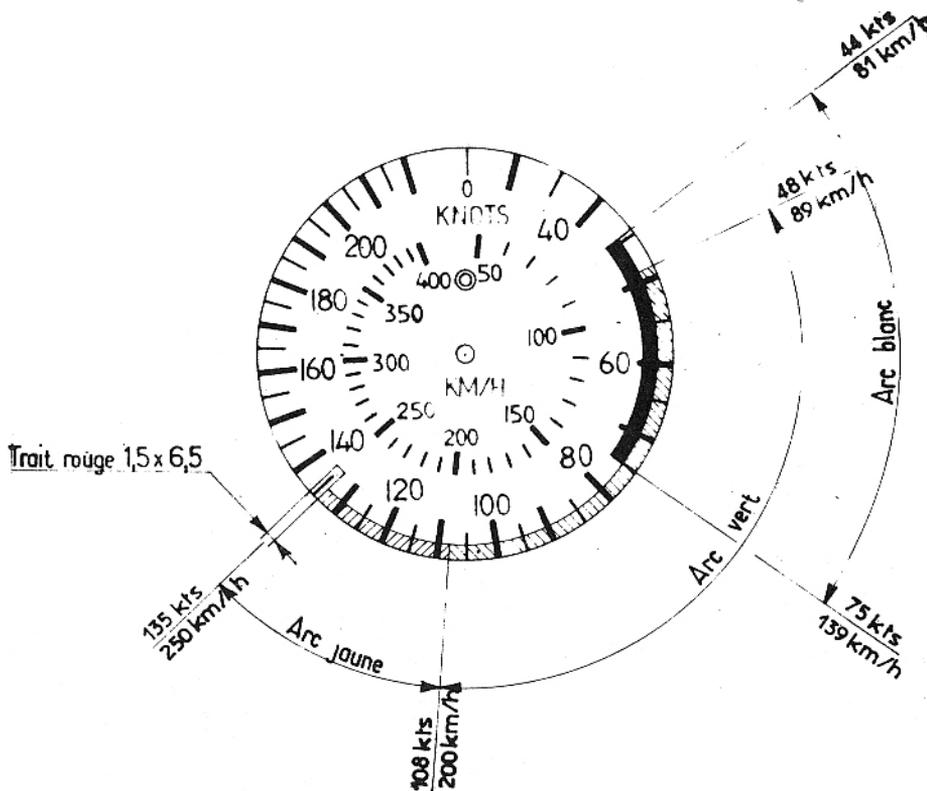


Fig. 158.

(Document Badin - Crouzet)

— Indicateur de vitesse-air (Fig. 158).

Pour que le pilote puisse lire plus facilement les limites de vitesse (1) de certaines manœuvres, les indicateurs de vitesse-air portent les marques suivantes :

Ligne radiale rouge (V_{ne}).

Vitesse à ne jamais dépasser. Cette vitesse (2) est estimée, avec une marge de sécurité par rapport à la V_D (0,9 V_D par exemple).

Arc jaune.

L'arc jaune va de la ligne radiale rouge à la limite supérieure de l'arc vert.

C'est la **zone de mise en garde** à utiliser en air calme.

(1) Limitation de la vitesse due à la structure.

(2) A la masse maximale.

Arc vert (V_{S1} à V_{no}).

C'est la **zone d'utilisation normale**.

Limite inférieure (V_{S1}) : vitesse de décrochage volets rentrés.

Limite supérieure (V_{no}) (3) : vitesse maximale de croisière pour la structure (V_{ne} affectée d'un coefficient de sécurité).

La vitesse de calcul en croisière (V_c) peut être définie à partir de la V_{no} .

Arc blanc (V_{so} à V_{fe}).

Plage d'utilisation des volets.

Limite inférieure (V_{so}) : **vitesse de décrochage** en configuration d'atterrissage.

Limite supérieure (V_{fe}) : **vitesse maximale autorisée**, volets sortis.

(3) La limite supérieure de la zone verte est définie en prenant une marge de sécurité par rapport aux vitesses démontrées par essais statiques et essais de vibrations.

3.6. — PRÉSENTATION DE QUELQUES AVIONS.

3.6.1. CAP 10



Constructeur : **AVIONS MUDRY ET Cie**

Catégorie : U et A : Avion biplace d'école et de voltige.

Spécifications techniques :

- Avion monoplan cantilever, monomoteur ;
- Train classique ;
- Construction bois, toile et polyester.

Moteur : Puissance 180 ch, alimenté en essence pour le vol inverse.

Masse à vide : 540 kg.

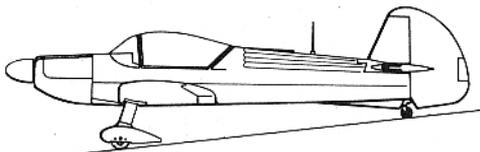
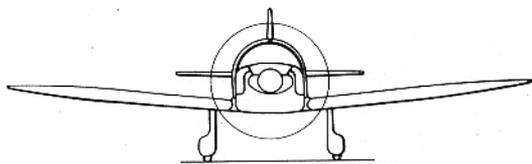
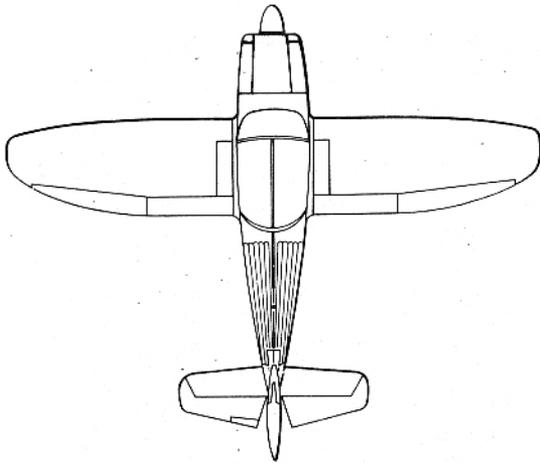
Masse maximale :

Catégorie U : 830 kg.

Catégorie A : 760 kg.

Rayon d'action : 1 000 à 1 200 km.

Caractéristiques



Voilure.

Surface	10,85 m ²
Envergure	8,06 m
Allongement	5,96
Dièdre	5°

Fuselage.

Longueur hors tout (équipé)	7,00 m
Hauteur	2,30 m

Empennage horizontal.

Envergure	2,90 m
Surface totale	1,86 m ²
Compensateur	0,057 m ²

Empennage vertical.

Hauteur	1,590 m
Surface totale	1,316 m ²
Surface plan mobile avec compensateur (0,034 m ²)	0,659 m ²

Atterrisseurs.

Principal	voie 2,06 m
Amortisseur oléopneumatique.	
Auxiliaire : ... amortisseur bloc caoutchouc	

Groupe motopropulseur.

Régime nominal	2 700 tr/mn
Régime de croisière	2 450 tr/mn
Régime de croisière économique	2 350 tr/mn
Capacité en carburant :	
• réservoir avant	72 l
• réservoir arrière	78 l

Limites d'emploi

	Cat. U	Cat. A
Vne :	340	340
Vno :	300	300
Vc :	300	300
Va :	200	235
Vs1 :	100	100
Vfe :	160	160
Vso :	89	85

Repères sur l'anémomètre

Trait radial rouge	340
Arc jaune	300 à 340
Arc vert	100 à 300
Arc blanc	85 à 160
Trait radial jaune ou Va	235

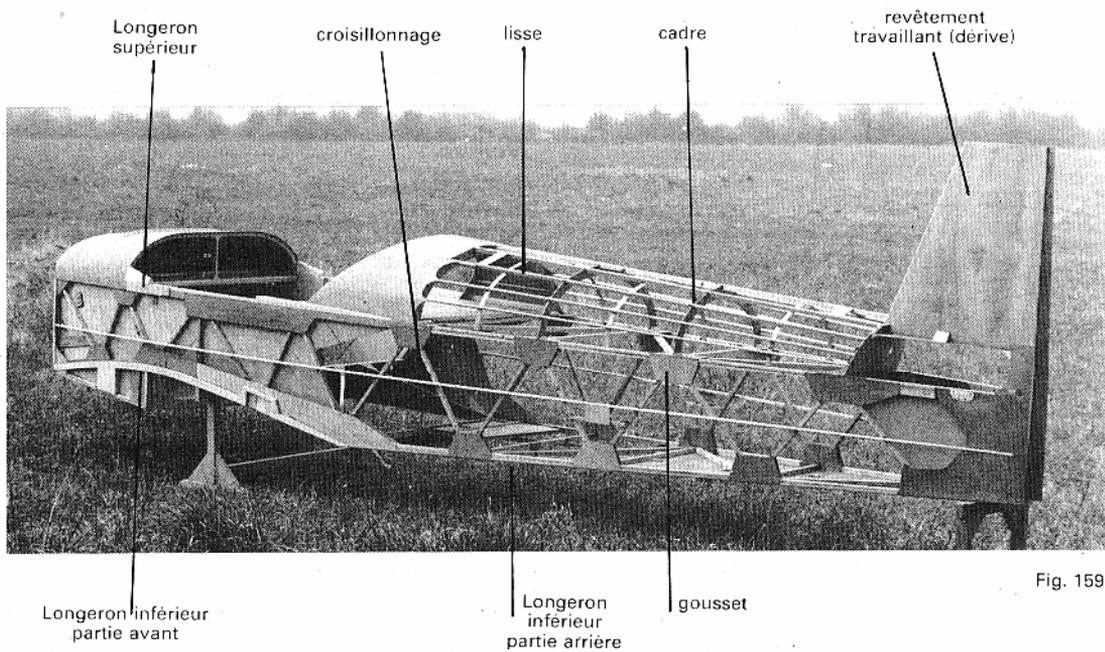


Fig. 159

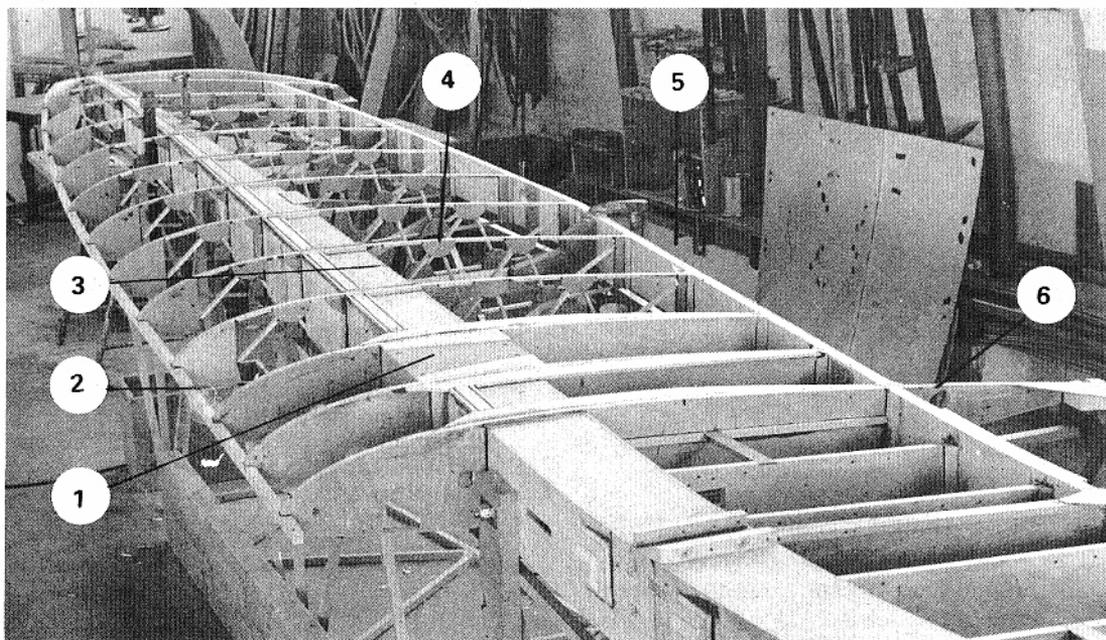


Fig. 160. — Voilure.

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1. Renfort pour attache de train. | 4. Gousset de renforcement. |
| 2. Bord d'attaque. | 5. Longeron auxiliaire. |
| 3. Longeron. | 6. Nervure d'emplanture. |

Le CAP 10, construit par la Société « **AVIONS MUDRY ET COMPAGNIE** », est un avion bi-place à aile basse.

Fuselage (Fig. 159).

La structure du fuselage en treillis est composée de deux flancs assemblés sur trois cadres principaux.

A l'avant, la structure est renforcée par un revêtement intérieur en contre-plaqué okoumé.

Remarquer :

1. la charpente, constituée par :
 - le longeron supérieur ;
 - le longeron inférieur de la partie avant et de la partie arrière, l'ensemble étant croisillonné par des diagonales rigides.
2. le revêtement travaillant de la dérive (partie intégrante du fuselage).
3. les nombreux goussets de renforcement.

Voilure (Fig. 160).

La voilure, d'une seule pièce, est du type monolongeron.

Le longeron principal est constitué par deux semelles (spruce) réunies par deux âmes en contre-plaqué (bouleau).

La semelle supérieure soumise à la compression est nettement plus épaisse (60 mm) que la semelle inférieure (36 mm), soumise à l'extension.

Sur la figure, on peut voir :

- les nervures (spruce) structure treillis ;
- les goussets de renforcement ;
- les entretoises réunissant les deux semelles des nervures ;
- le longeron auxiliaire.

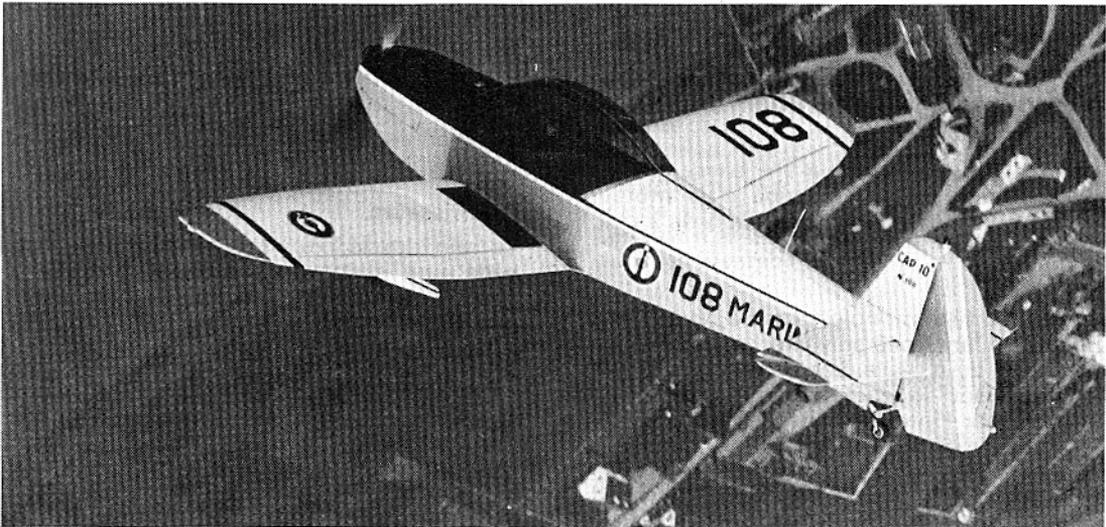
L'ensemble de l'aile est recouvert d'un revêtement contre-plaqué okoumé.

Empennages.

Fixé en quatre points sur le fuselage, le plan fixe de type monolongeron repose sur un berceau, ce qui permet d'en modifier le calage. Les deux gouvernes, munies d'un compensateur, sont monolongeron, revêtues de contre-plaqué.

Train (Fig. 125).

Train classique, roue en alliage léger, équipée d'un frein à mâchoire. Roulette arrière à bandage plein dont l'orientation est commandée par le braquage de la gouverne de direction (débrayage automatique).



CAP 10 en vol

3.6.2. — DR 400 2+2 - 108 ch.



Cet avion appartient à la gamme bois et toile (Fig. 161 à 166) de **PIERRE ROBIN** (aérodrome de Darois, Dijon).

Le DR 400 est un avion à aile basse, à train d'atterrissage tricycle, équipé d'un moteur Lycoming à quatre cylindres opposés à plat.

Voilure.

Elle est du type monolongeron à revêtement non travaillant (toile polyester) et possède un dièdre en bout d'aile. Les ailerons équilibrés statiquement se commandent à partir du manche par l'intermédiaire de guignols, câbles et poulies de renvoi.

Empennage.

L'empennage horizontal monobloc est équi-

bré statiquement et équipé d'antitabs automatiques.

Le palonnier actionne par câbles la gouverne de direction.

Atterrisseurs.

Le train tricycle fixe, à 3 roues identiques, possède une suspension oléopneumatique à grand débattement. Le train avant est conjugué au palonnier.

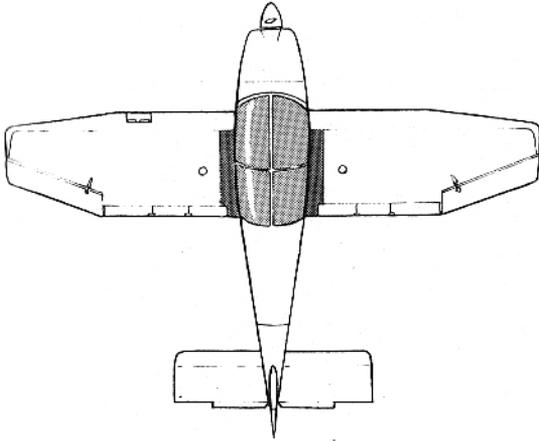
Le freinage, du type hydraulique, s'obtient en fin de course des palonniers.

Le frein à main agit sur les roues principales.

Cabine.

Elle comporte une verrière largable coulissante s'ouvrant de l'arrière à l'avant.

Caractéristiques



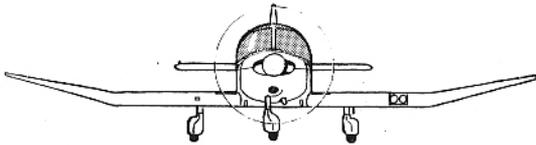
Définition.

Envergure	8,72 m
Longueur totale	6,96 m
Hauteur totale	2,23 m
Garde hélio-sol	0,28 m

Voilure.

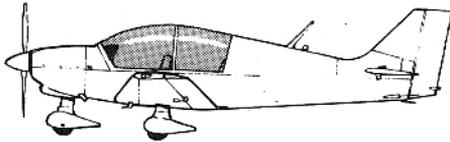
Du type Jodel à revêtement Dacron.

Allongement	5,35 m
Dièdre en bout d'aile	14° intrados
Corde de la partie rectangulaire ...	1,71 m
Surface	13,6 m ²
Ailerons (surface des 2 ailerons) .	1,15 m ²



Groupe motopropulseur.

Régime maximal	2 600 tr/mn
Taux de compression	6,75
Sens de rotation du moteur	horaire
Pression d'essence	
• maximale	0,560 bar
• désirée	0,210 bar
• minimale	0,035 bar
Réchauffage carburateur	tout ou rien
Commande de richesse	tirette jaune



Catégories N et U.

Masse maximale	865 kg
Masse à vide	520 kg
Le plein d'essence empêche la condensation dans les réservoirs.	

Limites d'emploi

Vne	308 km/h
Vno	260 km/h
Vc	260 km/h
Va	215 km/h
Vs1	92 km/h
Vfe	170 km/h
Vso	81 km/h

Repères sur l'anémomètre

Trait radial rouge	308 km/h
Arc jaune	260 à 308 km/h
Arc vert	92 à 260 km/h
Arc blanc	81 à 170 km/h
L'avertisseur de décrochage fonctionne 10 km/h avant le décrochage.	

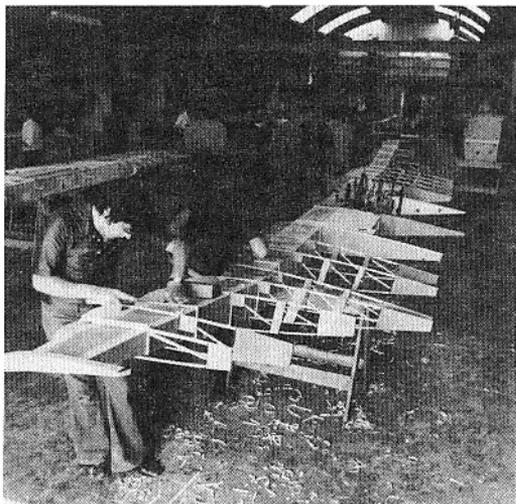


Fig. 161.



Fig. 163.

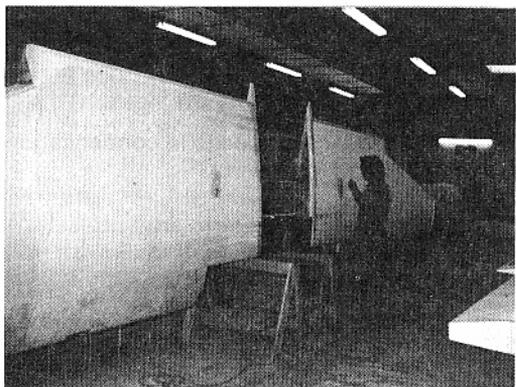


Fig. 162.

Fig. 161. — Montage de l'aile à revêtement non travaillant. Entoilage Dacron, enduit nitrocellulosique, peinture polyuréthane.

Fig. 162. — Entoilage de l'aile. Revêtement toile polyester, enduit nitrocellulosique, peinture polyuréthane.

Fig. 163. — Fabrication du fuselage.

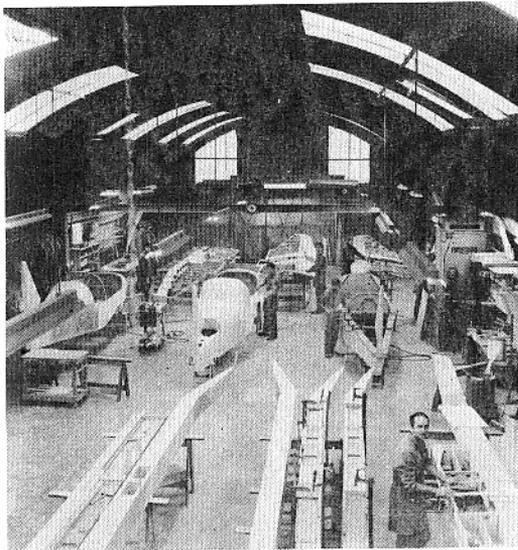


Fig. 164.

Atelier de menuiserie.

Fig. 164. Au fond : montage des ailes.
 Au centre : construction des fuselages.
 Au premier plan : longerons de voilure.
 Matériaux utilisés : contreplaqués okoumé et bouleau. Pin d'Orégon.

Fig. 165. Construction monobloc de la profondeur.
 A gauche, les gouvernes terminées sont prêtes pour l'entoilage.

Fig. 166. Atelier de montage des DR 400.

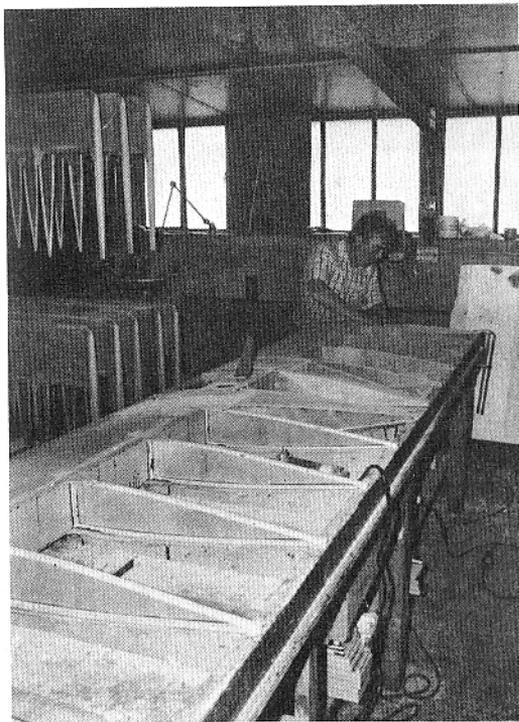


Fig. 165.

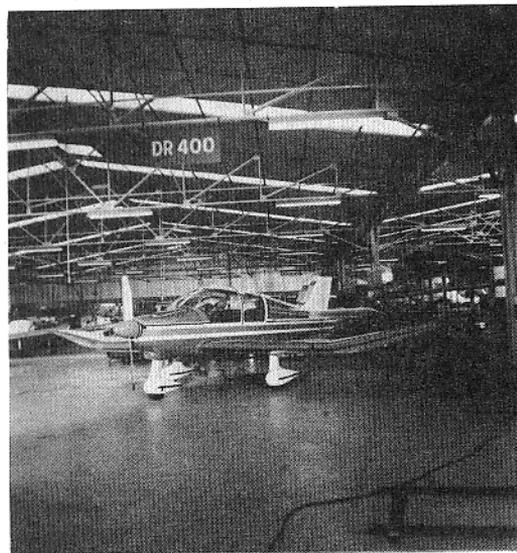


Fig. 166.

3.6.3. REIMS-CESSNA F 172 (Fig. 167 à 172).

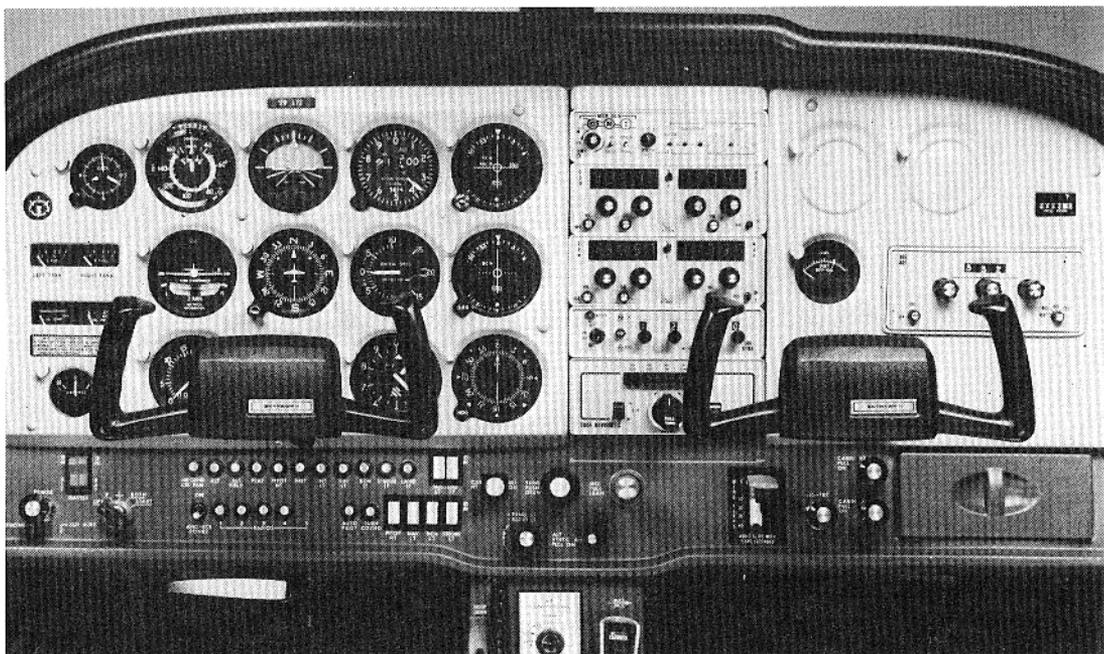
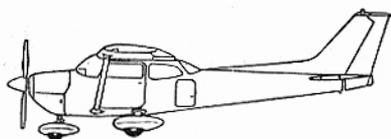
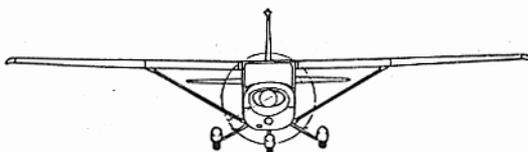
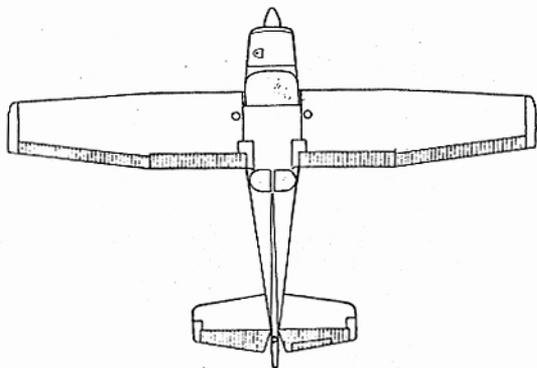


Tableau de bord du CESSNA F 172



Le **CESSNA F 172 SKYHAWK** (Fig. 167 à 170), construit à Reims sous licence CESSNA, est un avion quadriplace de construction tout métal. Appellation française : **REIMS-CESSNA F 172**.

La voilure monoplace haubannée comporte un système de soutien constitué par un mât unique de chaque bord.

L'atterrisseur est un train tricycle. Avant : oléopneumatique ; arrière : tubulaire en acier.

Caractéristiques

Envergure	10,97 m
Surface	16,16 m ²
Longueur	8,22 m
Hauteur	2,68 m
Masse maximale	1 043 kg
Masse à vide	606 kg
Charge alaire	64 kg/m ²
Capacité essence	163 l

Groupe motopropulseur

Moteur Lycoming	119 Kw
Puissance	160 ch à 2 700 tr/mn
Hélice : pas fixe	diamètre : 1,91 m

Le REIMS-CESSNA F 172 peut être équipé en version hydravion.

Performances

Vitesse ascensionnelle	235 m/mn
Autonomie	898 km
Plafond pratique	4 328 m
Autonomie à 3 000 m	1 065 km

Catégories N et U

Limites d'emploi

	Km/h	Kt
Vne :	302	163
Vno :	239	129
Vc :	226	122
Va :	193	104
Vs1 :	89	48
Vfe :	158	85
Vso :	70	38

Repères sur l'anémomètre

	Km/h	Kt
Ligne radiale rouge :	302	163
Arc jaune :	239 à 302	129 à 163
Arc vert :	89 à 239	48 à 129
Arc blanc :	70 à 158	38 à 85

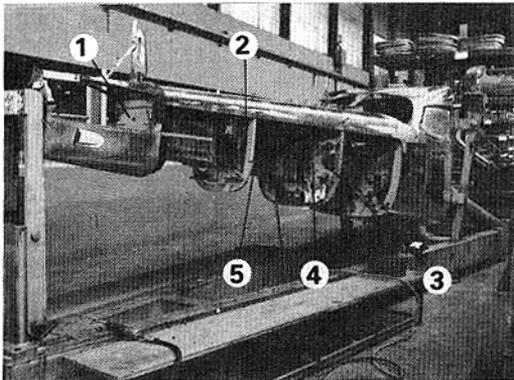


Fig. 167. — Bâti d'assemblage du fuselage arrière F 172.

1. Cadre fort basculant.
2. Cadre.
3. Emplacement pour les lisses.
4. Sauterelle.
5. Poutre.

Les cadres sont maintenus en place sur le bâti par des pinces nommées sauterelles.

Le revêtement tôle A-U 4 G est protégé de la corrosion par une couche de peinture primaire sur laquelle on passe une couche de peinture définitive.

Suivant l'axe longitudinal du fuselage, on remarque une poutre de section rectangulaire assurant, pendant le montage, une bonne rigidité à l'ensemble. Cette poutre est retirée après montage par le basculement du cadre fort à l'arrière.

Dans les cadres, on distingue l'emplacement pour les lisses.

La chignole du bas est à air comprimé.

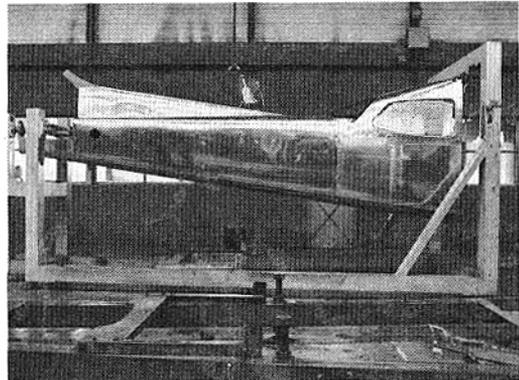


Fig. 168. — Fuselage F 172 en montage.

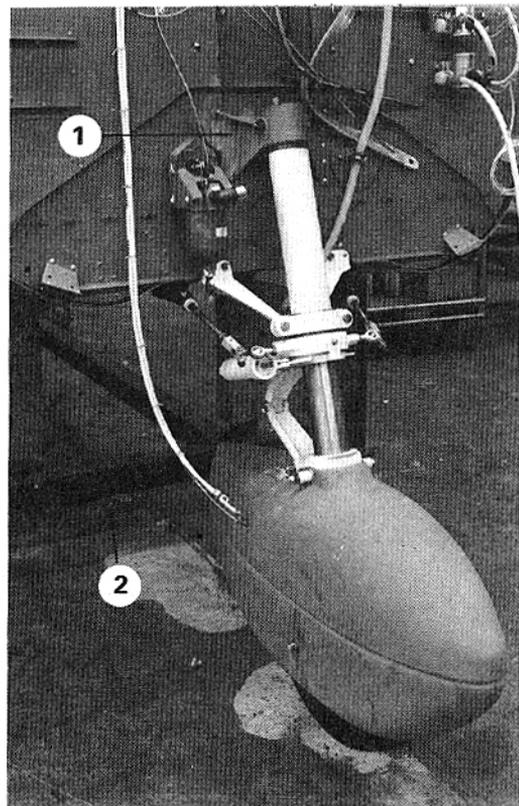


Fig. 169. — Chaîne de fabrication à un stade avancé.

1. Alliage léger.
2. Chariot d'équipement.

On assemble l'atterrisseur avant sur la cellule de l'avion F 172. On distingue le chariot d'équipement qui sert jusqu'au moment où l'avion est sur ses roues.

Sur le F 152, le train avant est fixé sur le bâti-moteur alors que sur le F 172 il est fixé par monture en alliage léger sur la structure.

Fig. 169.

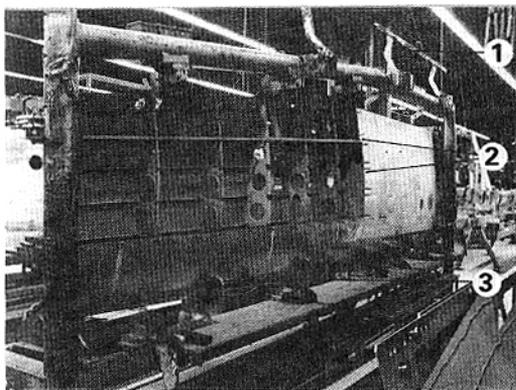


Fig. 170. — Bâti d'assemblage de voilure du F 172.

1. Grilles de perçage.
2. Épingles.
3. Silhouettes.

Ce bâti sert également pour le F 152 et le F 182.

Le bord d'attaque est en tôle d'aluminium A-U 4 G formé. Les rivets, jusqu'au longeron principal, sont de type à tête fraisée et ensuite de type à tête goutte (de suif).

La structure est classique. Bilongeron profilé avec nervure tôle pleine comportant des trous d'allègement.

Sur ce montage d'assemblage final les sous-ensembles tels que bord d'attaque, réservoirs, sont assemblés sur des montages séparés. Le bord d'attaque repose sur des silhouettes. A la partie supérieure on voit les brides qui maintiennent les ferrures des volets et des ailerons.

Les grilles de perçage se rabattent sur la structure et permettent de percer les trous de fixation. On distingue les épingles qui maintiennent en place la tôle de revêtement pendant le montage.

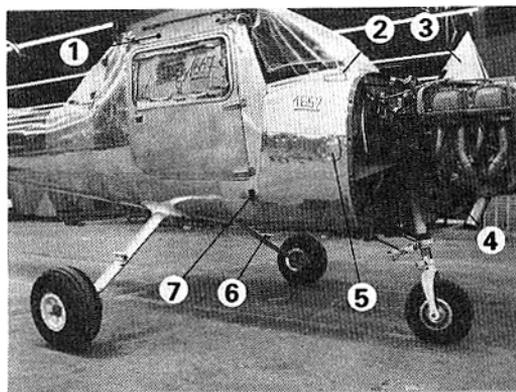


Fig. 171. — Avion F 152 sur chaîne d'assemblage final.

1. Attache de voilure.
2. Poignée.
3. Cône d'hélice.
4. Bâti-moteur.
5. Porte d'aération cabine.
6. Marchepied.
7. Attache inférieure de mât.

A la structure, on monte le train et le moteur (à l'avant atterrisseur oléopneumatique).

Plus loin seront assemblés aile et empennage. Tous les rivets sont à tête goutte sur ce type d'avion.

A la partie supérieure une poignée et à la partie inférieure un marchepied permettent d'effectuer le remplissage du carburant sans l'aide d'escabeau.

A l'arrière de la cloison pare-feu, la porte d'aération de la cabine. Sur le moteur, on distingue le cône de l'hélice. Sur vitre, le papier de protection porte le numéro de série de l'avion : 1667.

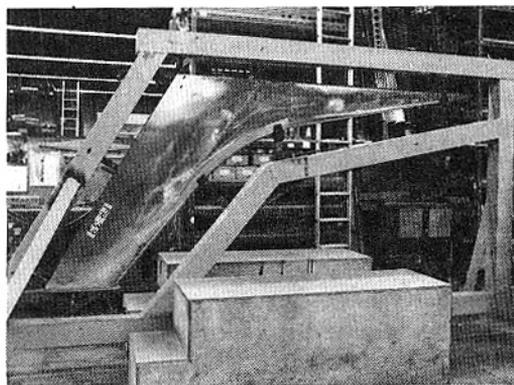


Fig. 172. — Montage de la partie fixe de l'empennage d'un FR 182.

Rivets à type tête goutte de suif.

3.6.4. — RALLYE TOBAGO.



(Doc. SOCATA - Photo ADEFI)

RALLYE TOBAGO (Fig. 173 à 175).

Le Rallye Tobago construit à Tarbes par la **SOCATA** est un avion quadriplace, monoplane, à aile basse, de construction métallique. Il comporte des éléments non travaillant en stratifié. Le moteur Lycoming 180 ch entraîne une hélice à pas variable.

Voilure.

La voilure métallique, dont on voit le bâti de montage, comprend un monolongeron en alliage léger passant d'une section en double T à l'emplanture à une section en double L à l'extrémité.

Les volets de courbure, à fente simple, commandés par un moteur électrique, occupent les deux tiers du bord de fuite.

Les saumons en stratifié à l'extrémité de la voilure reçoivent les feux de navigation.

Fuselage.

Il est de section quadrangulaire à angles arrondis. Sa structure et son revêtement entièrement métalliques assurent, malgré la légèreté, une grande rigidité.

Le stabilisateur a ses attaches fixées sur le cadre fort de l'arrière du fuselage.

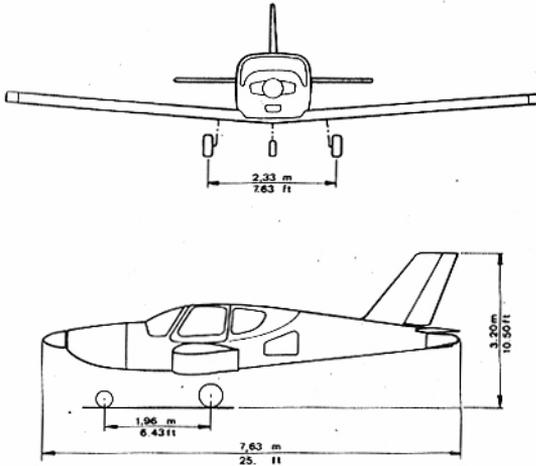
Les quatre points d'attache (à amortisseurs) du bâti-moteur se trouvent sur la cloison pare-feu.

Le bâti support de train avant est placé sur la structure du fuselage et le train principal est monté sur la voilure.

L'atterrisseur tricycle fixe est du type télescopique à amortisseur oléopneumatique.

La roulette de nez, conjuguée avec le palonnier, permet l'orientation lors du roulage.

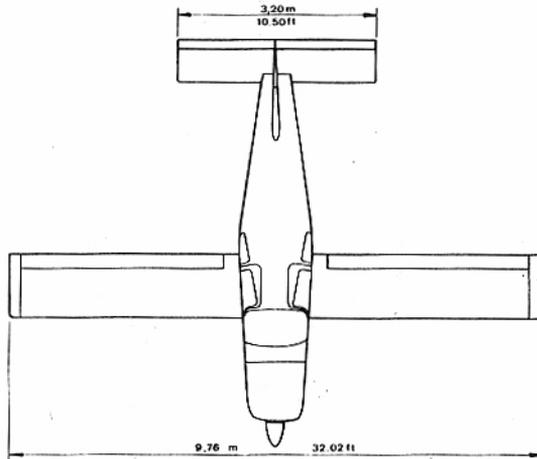
Caractéristiques



Envergure	9,76 m
Longueur	7,63 m
Hauteur	3,20 m
Surface	11,90 m ²
Empattement	1,96 m
Masse maximale	1 150 kg
Masse à vide	670 kg
Charge utile	480 kg
Charge alaire	96,6 kg/m ²
Capacité essence	208 l
Plafond pratique	4 000 m
Distance franchissable	1 075 m

Groupe motopropulseur.

Constructeur	Lycoming
Puissance	180 ch à 2 700 tr/mn



Performances - Limites d'emploi.

Vitesse croisière à 75 %	235 km/h
Vitesse croisière économique ...	220 km/h
Vitesse de décrochage	
— sans volets	112 km/h
— avec volets	96 km/h
Vne	306 km/h
Distance franchissable	1 075 km
Le rallye TOBAGO peut se transformer en cargo (271 kg de fret).	

Limites d'emploi

	Km/h	Kt
Vne	306	165
Vno	238	128
Vc économique	235	127
Va	226	122
Vs1	112	60
Vfe	176	95
Vso	96	52

Repères sur l'anémomètre

Trait radial rouge	306 km/h
Arc jaune	238 à 306 km/h
Arc vert	112 à 238 km/h
Arc blanc	96 à 176 km/h

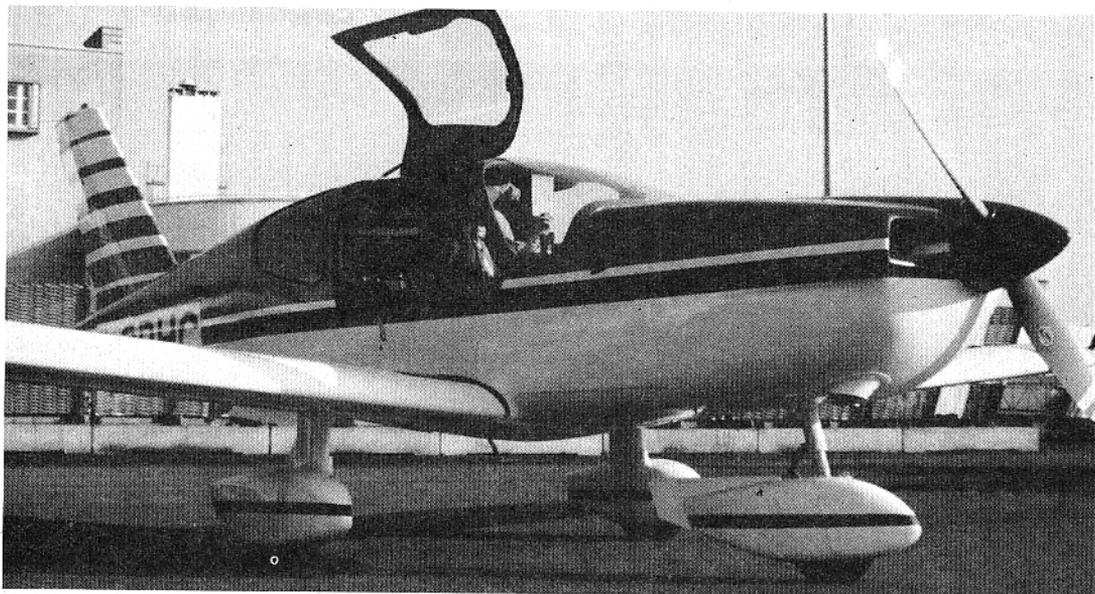


Fig. 173. — L'accès à la cabine se fait par les deux portes « papillon » qui se relèvent doucement.

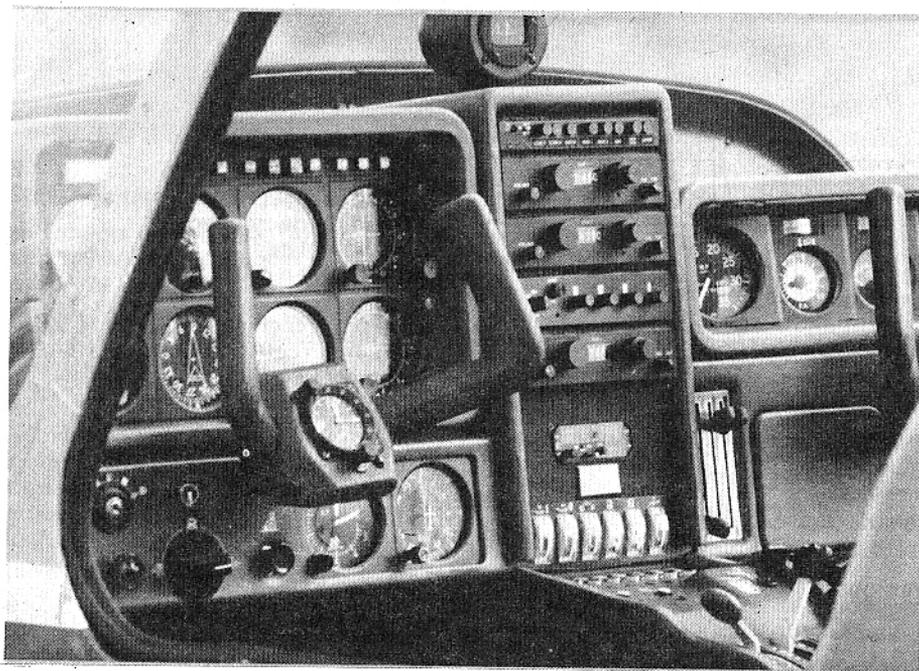


Fig. 174. — Tableau de bord du TOBAGO (Documents SOCATA - Photos ADEFI)

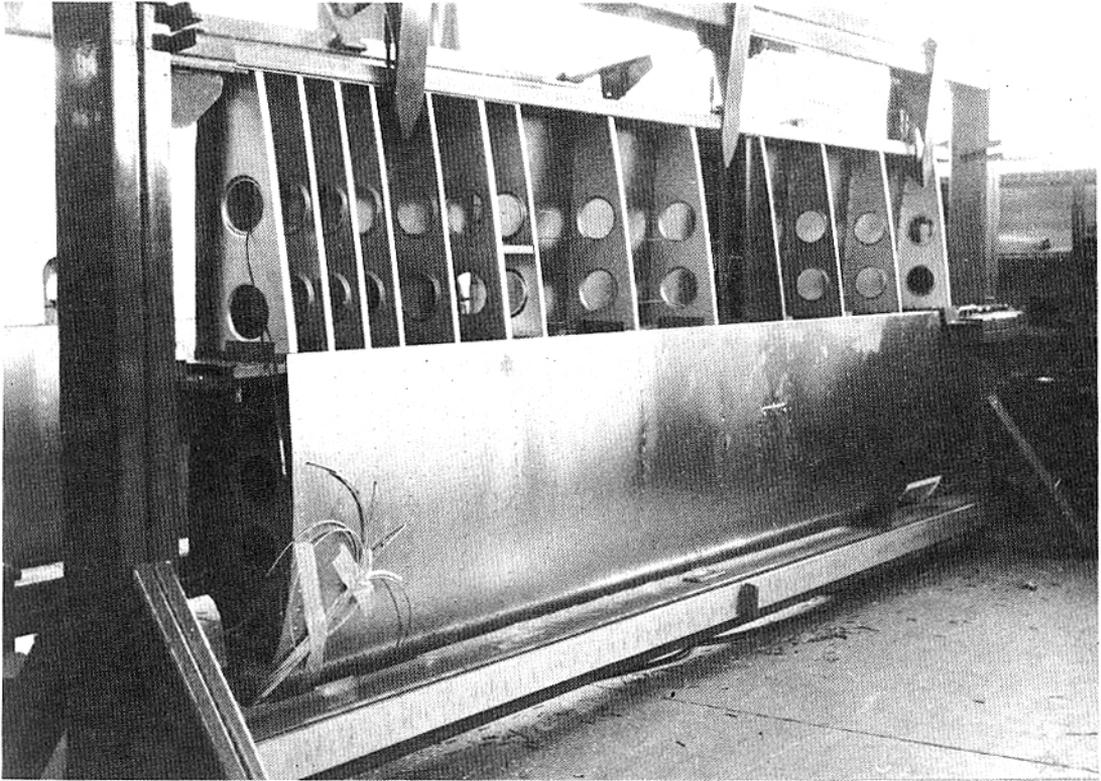


Fig. 175. — Bâti de montage de voilure métallique. Pose des revêtements. Rivets fraisés. Revêtement A-U 4 G. Dans la partie avant du bord d'attaque est placé un réservoir avec bouchon à serrure (104 litres par demi-voilure).

Empennages.

L'empennage horizontal de type monobloc à faible débattement, construit en alliage léger, est statiquement équilibré par une masse. La dérive en flèche (construction alliage léger) est montée sur les cadres arrière du fuselage.

Le gouvernail de direction est également équilibré.

Commandes.

Comme on peut le constater, il s'agit d'une double commande par volant (avec système de blocage).

3.6.5. — R 2112.



ROBIN R 2112 (112 ch). Biplace d'école et d'entraînement à la voltige.

Les avions Pierre ROBIN de construction bois et toile appartiennent à la famille DR (DR 400) et ceux de construction métallique à la famille R.

Le R 2112 a une puissance de 112 ch.

Le R 2160 « Acrobin », une puissance de 160 ch (Fig. 181 a, b, c).

Le R 1180 « Aiglou » une puissance de 180 ch (Fig. 176 à 180).

Le R 2112 biplace possède un poste de pilotage double à conjugaison rigide avec transmission conventionnelle par câbles en circuit fermé.

Le palonnier actionne, à la fois, la gouverne de direction et la roue avant.

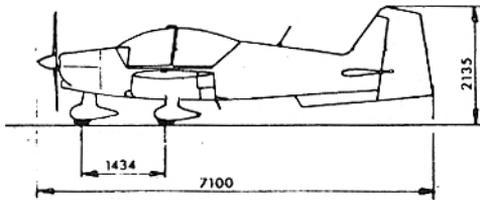
Les volets hypersustentateurs sont commandés électriquement.

L'atterrisseur tricycle fixe dont les roues principales sont équipées de freins hydrauliques à commandes indépendantes est de type télescopique avec amortisseur oléopneumatique.

L'empennage horizontal monobloc est en partie équilibré statiquement.

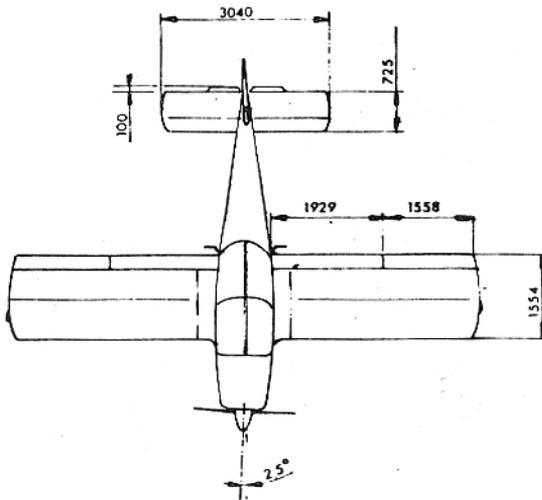
L'empennage vertical à sa gouverne de direction équilibrée statiquement et aérodynamiquement par bec de compensation débordant.

L'avertisseur de décrochage est réglé pour prévenir entre 9 et 18 km/h avant le décrochage.



Caractéristiques

Envergure	8,320 m
Longueur	7,100 m
Hauteur	2,135 m
Surface voilure	13 m ²
Allongement	5,42
Dièdre à 40% de la corde	6° 18'
Ailerons (surface)	2 × 0,515 m ²
Volets (surface)	2 × 0,635 m ²
Plan vertical (surface)	0,35 m ²
Réservoir essence	120 l
Carter d'huile	5,7 l

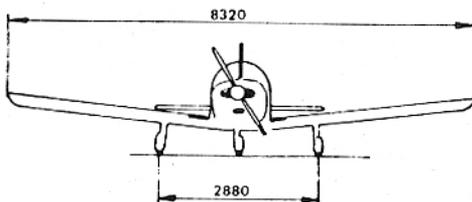


Groupe motopropulseur.

Constructeur	Lycoming
Puissance à 2 600 tr/mn	112 ch
Hélice, diamètre	1,83 m
Régime minimal point fixe niveau mer	2 250
Régime maximal	2 600

Repères sur l'anémomètre

Trait rouge	288 km/h
Arc jaune	236 à 288 km/h
Arc vert	98 à 236 km/h
Arc blanc	82 à 180 km/h



Limites d'emploi

	Km/h	Kt
Vne :	288	155,5
Vno :	236	127
Vc :	236	127
Va :	236	127
Vs1 :	98	53
Vfe :	180	97
Vso :	82	45



Fig. 176. — ROBIN R 1180 « Aiglon » quadriplace de grand tourisme — moteur 180 ch.

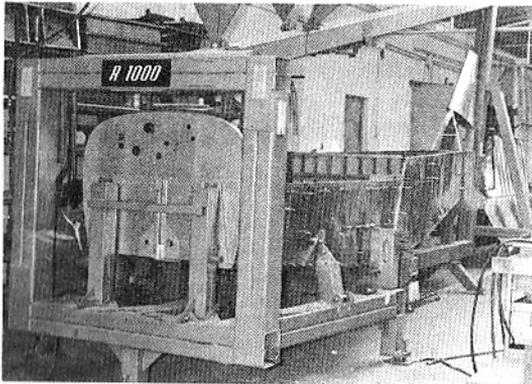


Fig. 177. — Construction du fuselage.

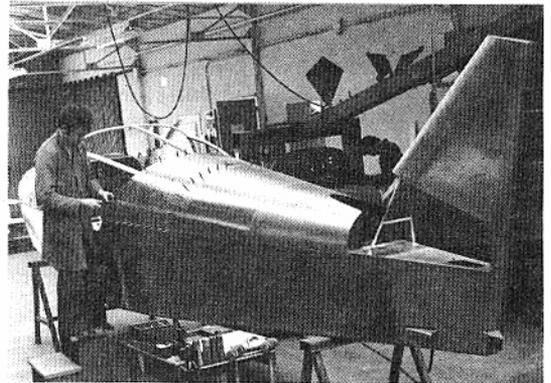


Fig. 178. — Le fuselage à un stade plus avancé.

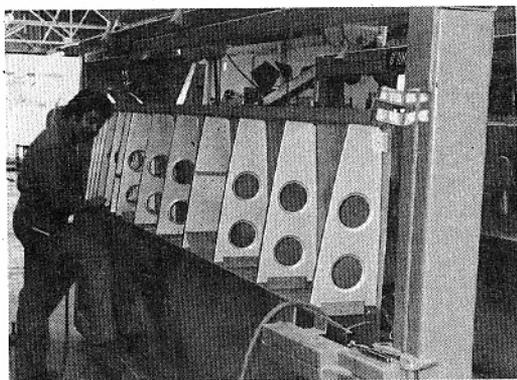


Fig. 179. — Fabrication de la voilure (R 1180).

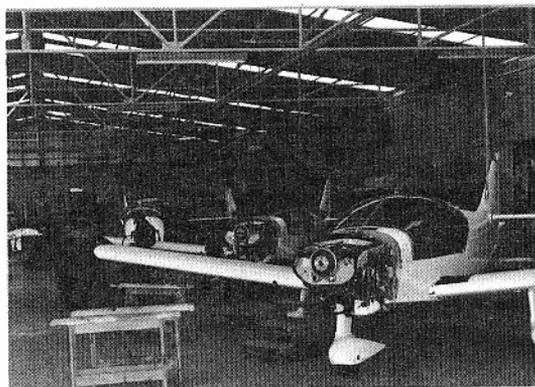


Fig. 180. — Chaîne de montage (R 1180).

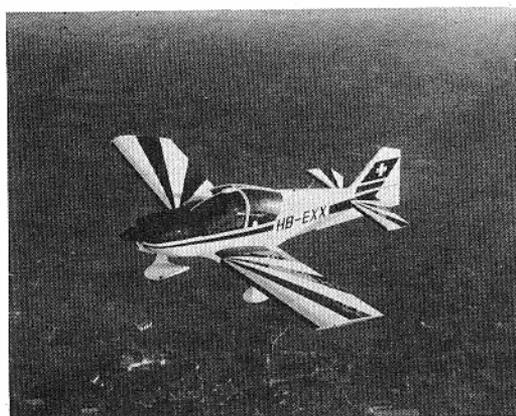


Fig. 181 a. — Robin R 2160.

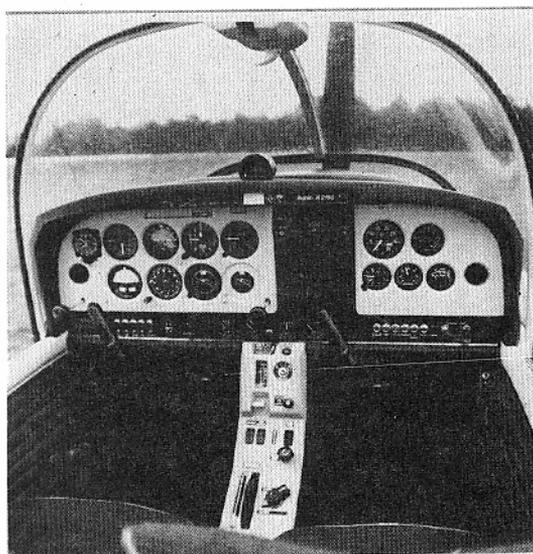


Fig. 181 b. — Tableau de bord du R 2160.

(Doc. P. ROBIN)

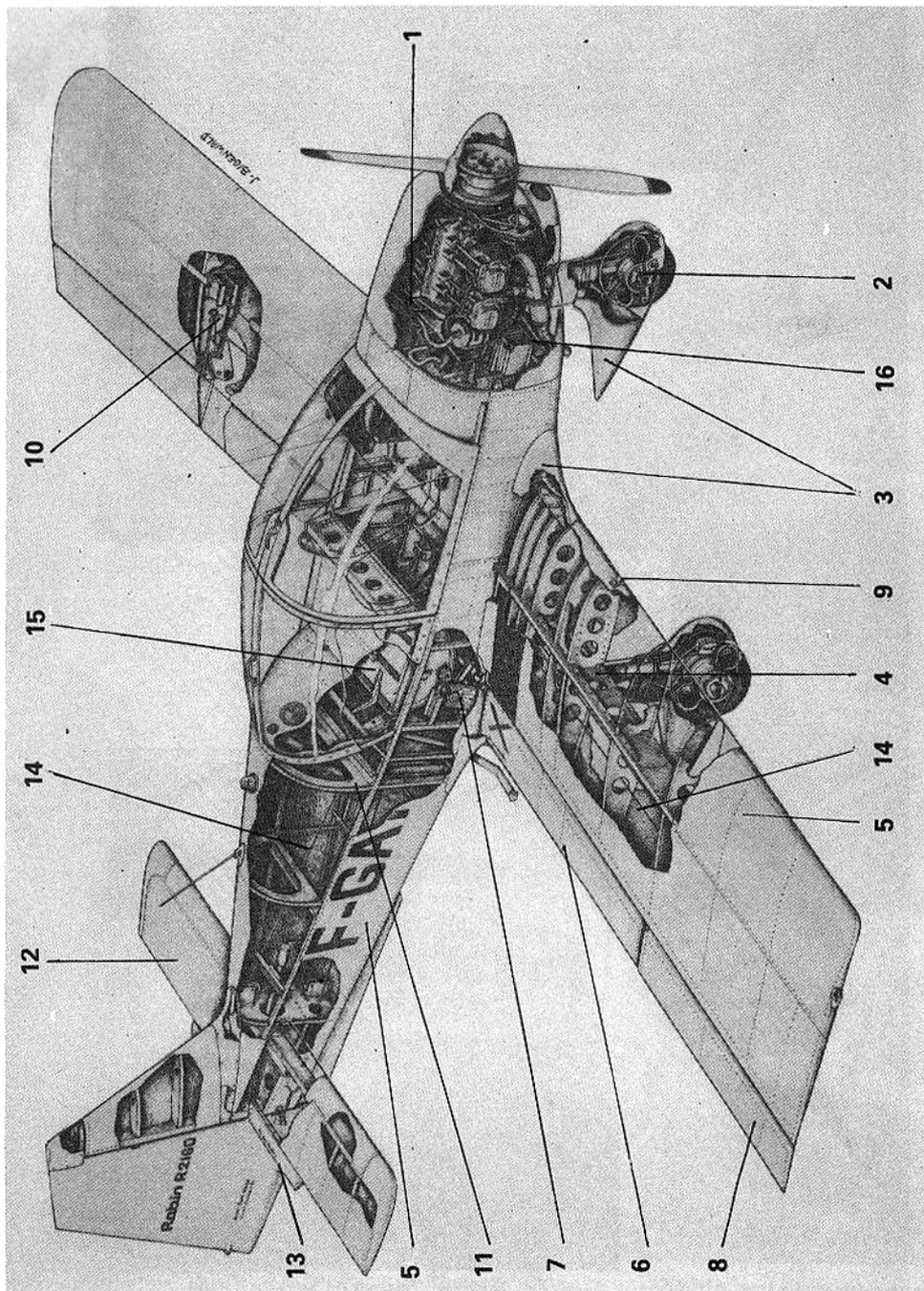
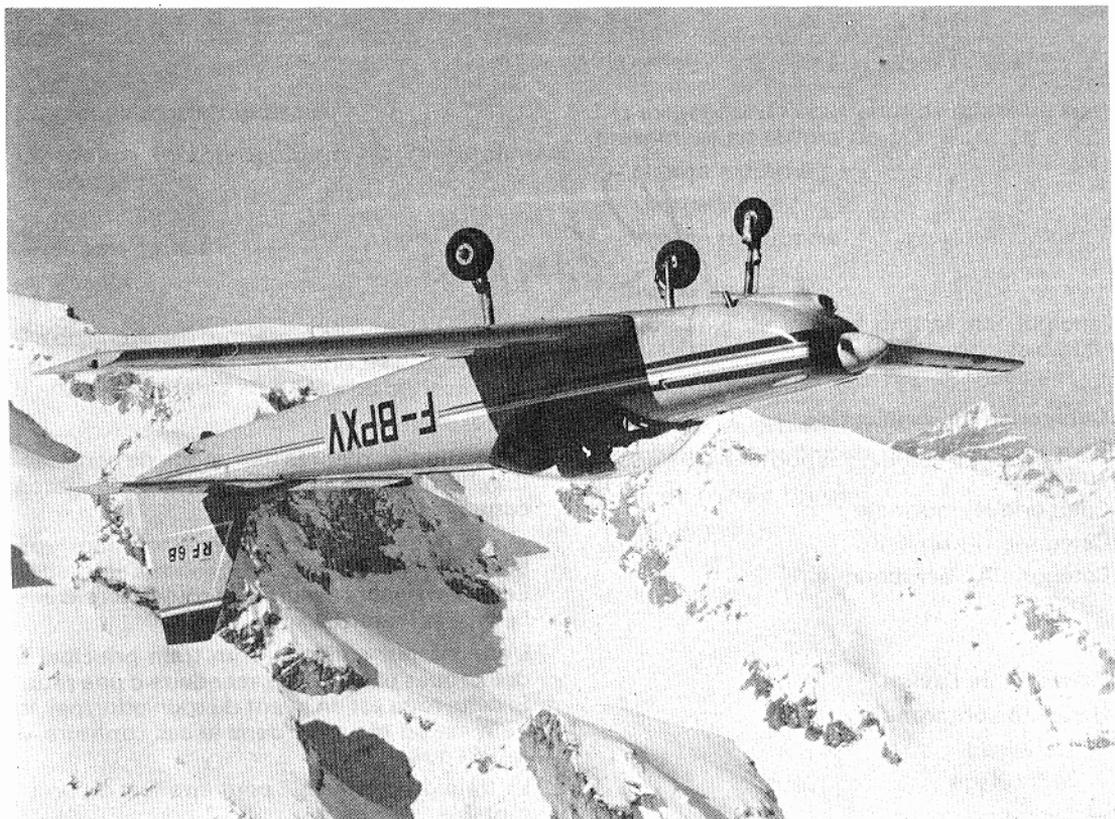


Fig. 181 c. — Biplane R 2160 Robin.

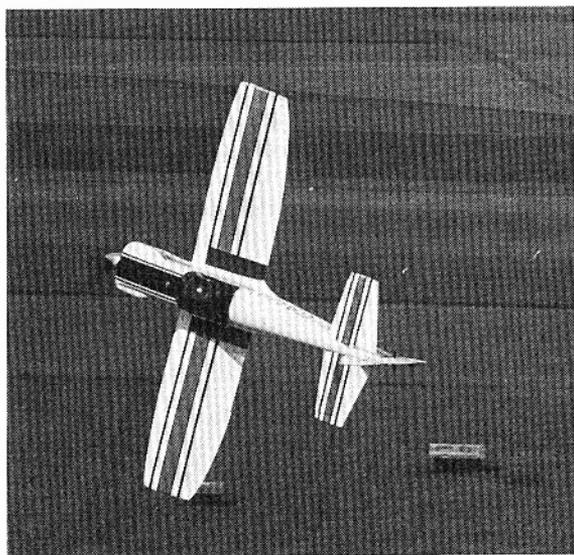
1. Groupe motopropulseur (LYCOMING 112 CV).
2. Train d'atterrissage oléopneumatique.
3. Carénages stratifiés polyester.
4. Langeron d'aile en I, aluminium A-U4G.
5. Tôles de revêtement (aluminium A-G 4 MC H 24 (1) ép. 8/10°.
6. Volet de courbure à fente.
7. Moteur d'entraînement des volets.
8. Aileron à fente.

(1) État métallurgique. Bonne aptitude à l'anodisation.
 (2) Bonne soudabilité.

9. Sonde d'avertisseur de décrochage.
10. Renvoi différentiel de commande d'aileron (acier 25 CD 4 S).
11. Cèdre (A-U4G embouti).
12. Monobloc de profondeur.
13. Volet d'antitab.
14. Câbles de commandes.
15. Réservoirs d'essence (aluminium A-G3).
16. Bâti-support moteur (tubes acier (2) 25 CD 4 S).



FOURNIER RF 6 B en vol sur le dos.



Avions CAP 20 MUDRY et Cie
(Photo Alain ERNOULT)

Résumé

Catégories de certification.

Pour les avions, on distingue les catégories suivantes :

- Catégorie N : normale ;
- Catégorie U : utilitaire ;
- Catégorie A : acrobatique.

Éléments de l'avion.

Un avion comprend :

- les ailes ;
- le fuselage ;
- les empennages ;
- les gouvernes ;
- le groupe motopropulseur ;
- le train d'atterrissage ;
- les équipements de bord.

Il peut être monoplan ou biplan.

Une aile monoplan, sans système de soutien extérieur, est dite cantilever ou en « porte-à-faux ».

Une voilure peut présenter du dièdre et de la flèche.

Les ailes.

Les éléments d'une aile sont :

- le longeron ;
- les nervures ;
- les revêtements ;
- les ailerons ;
- les dispositifs hypersustentateurs.

Le fuselage.

On distingue, d'après leur mode de construction, le fuselage en treillis et le fuselage en coque.

Les atterrisseurs.

Les atterrisseurs assurent le roulement au sol, l'envol et l'atterrissage.

L'atterrisseur comprend un train principal à deux roues et un train secondaire à une roue. Si cette roue est en avant du train principal, le train est dit tricycle ; dans le cas contraire, il est dit classique.

Le train d'atterrissage peut être fixe ou escamotable.

Empennages.

On distingue :

- l'empennage cruciforme ;
- l'empennage en T ;
- l'empennage en V.

Les commandes de vol d'avion léger permettent le contrôle des évolutions de l'appareil.

Le palonnier ou les pédales actionnent le gouvernail de direction.

Le manche à balai, déplacé longitudinalement, actionne le gouvernail de profondeur ; déplacé latéralement, il commande les ailerons.

Instruments et équipements de bord.

Le poste de pilotage comprend :

- le tableau de bord ;
- le siège ;
- les ceintures et bretelles à débouclage rapide.

Le groupe motopropulseur.

Le groupe motopropulseur est l'ensemble formé par :

- le moteur ;
- le bâti-moteur ;
- l'hélice.

On distingue les moteurs à cylindres disposés en étoile, les moteurs à cylindres disposés en ligne et les moteurs en « flat » ou horizontaux.

Essais. Définition des charges.

Pour pouvoir circuler, tout aéronef doit posséder un Certificat de Navigabilité en état de validité.

Les exigences de résistance de structure sont présentées en termes de :

- charge extrême ;
- charge limite ;
- charge de rupture.

Domaine de vol.

Le domaine de vol est précisé par le constructeur et confirmé par la catégorie de certification.

Indicateur de vitesse-air.

Il porte les marques suivantes :

- ligne radiale rouge ;
- arc jaune ;
- arc vert ;
- arc blanc.

Questions

69. — Quels sont les éléments constitutifs d'un avion léger ? Utilité de chacun d'eux.
70. — Comment peut-on caractériser une aile d'avion ?
71. — Quand dit-on qu'une aile a du dièdre ?
72. — Qu'appelle-t-on flèche ?
73. — Quels sont les différents éléments qui constituent une aile d'avion ?
74. — Rôle des principaux dispositifs hypersustentateurs.
75. — Nommer les instruments servant à contrôler le moteur.
76. — Quels sont, sur un avion, les principaux instruments servant au pilotage et à la navigation ?
77. — Donner une brève description d'un train d'atterrissage classique.
78. — Le train d'atterrissage tricycle : description sommaire, avantages.
79. — Comment le pilote agit-il sur les différentes gouvernes d'un avion pour contrôler les mouvements de l'appareil autour de son centre de gravité ?
80. — Quels sont les éléments des empennages d'un avion ?
81. — Citer les aménagements du poste de pilotage.
82. — Différentes sortes de revêtements du fuselage.
83. — Quels genres de revêtement peut-on utiliser pour les ailes d'un avion ?
84. — Quelle différence y a-t-il entre l'aile haubannée et l'aile cantilever ?
85. — Comment peut-on classer les différents instruments de bord d'un avion léger ?
86. — Le groupe motopropulseur. Où est-il situé ? Que comprend-il ?
87. — Quels sont les différents modes de construction du fuselage ?
88. — Quelles sont les catégories de certification des avions légers ?
89. — Qu'est-ce que la charge limite ? La charge extrême ? La charge de rupture ?
90. — Que signifient sur l'indicateur de vitesse air les marques suivantes ?
Ligne radiale rouge ?
Arc jaune ?
Arc vert ?
Arc blanc ?

SÉCURITÉ

- 4.1. — ENTRETIEN - VÉRIFICATIONS PÉRIODIQUES.
- 4.2. — PROTECTION CONTRE L'INCENDIE.
- 4.3. — PARACHUTE.
- 4.4. — CEINTURES DE SÉCURITÉ.
- 4.5. — BALISE DE DÉTRESSE.
- 4.6. — VISITE PRÉ-VOL.

Tout matériel volant en service doit être fréquemment vérifié et soigneusement entretenu pour retarder au maximum ses limites d'utilisation et surtout pour assurer la sécurité du vol.

4.1. — ENTRETIEN (1) - VÉRIFICATIONS PÉRIODIQUES.

L'entretien courant consiste à **vérifier l'état de chacun des éléments** de l'avion ou planeur, soit pour remplacer l'un d'entre eux si besoin est, soit pour **prévoir leur remplacement** avant que le vieillissement normal dans le temps n'entraîne l'usure.

De plus, comme l'indiquent les manuels d'entretien fournis par les constructeurs, certains points de structure ou d'éléments sont à **vérifier périodiquement** et ceci en dehors de la visite pré-vol qui demeure indispensable.

(1) Il ne peut être question, ici, que du petit entretien : vérifications périodiques.

Grand entretien. Pour les « grandes visites » :
— **Temps** : 3 années en principe, que l'avion ait volé ou non ;
— **Potentiel** : de 600 à 2 000 heures.

Ces vérifications périodiques sont faites toutes les **vingt-cinq, cinquante** ou **cent** heures suivant les opérations que l'on doit **obligatoirement effectuer**.

Dans certains cas où le matériel est plus rarement en service, les périodes indiquées ne sont plus comptées en heures de vol, mais en jours et en mois.

4.1.1. — Nettoyage.

Tout avion ou planeur doit être maintenu dans un état de **propreté irréprochable**. Les notices d'utilisation donnent des conseils au sujet des produits d'entretien à utiliser et des précautions à observer pour pratiquer le nettoyage.

Exemple : Laver à l'eau et au savon. Rincer à fond (jamais au jet).

— Lustrer les peintures avec des produits très légèrement abrasifs (ne pas employer de produits à la cire ou aux silicones).

— Pour la verrière, utiliser le produit...

Vérifier qu'aucun objet oublié dans le poste de pilotage ne risque de bloquer une commande.

Surveiller attentivement les points susceptibles d'usure, tels que : alésages de ferrures, articulations de gouvernes, câbles de commandes, revêtements...

4.2. — PROTECTION CONTRE L'INCENDIE.

Bien que le feu ne prenne pratiquement jamais à bord des avions modernes, certaines dispositions sont imposées aux constructeurs :

— **une cloison pare-feu** (Fig. 182) sépare le moteur du reste de l'avion ;

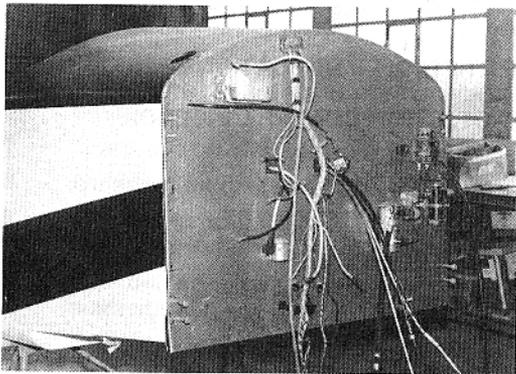


Fig. 182. — Cloison pare-feu constituée par une feuille d'amiante placée entre deux tôles d'aluminium.

— les **réservoirs d'essence** (Fig. 183) ne doivent pas être placés près du moteur ;

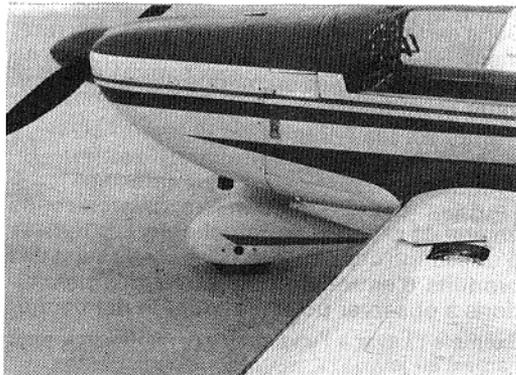


Fig. 183. — Réservoir d'essence.

— **carburants et lubrifiants** sont éloignés des points chauds.

— au moment de faire les pleins d'essence, la **décharge au sol possible** de l'électricité, dite « statique », est assurée par une **mise à la**

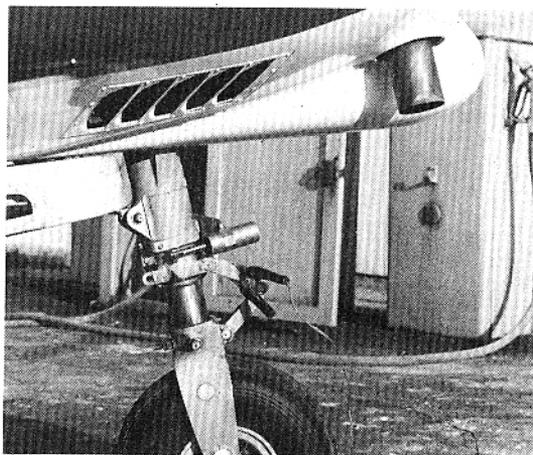


Fig. 184. — Mise à la terre.

terre à l'aide d'un conducteur métallique souple (Fig. 184).

4.3. — PARACHUTE.

(Obligatoire seulement pour pilotes de planeurs et d'avions de voltige.)

Le **parachute** est un appareil utilisé **pour freiner la chute** d'un corps ou d'une personne tombant dans l'air et pour lui permettre de prendre contact avec le sol sans dommage.

4.3.1. — Principe.

Le parachute est une des conséquences, une des applications de la résistance de l'air sur les corps en mouvement. La résistance de l'air s'oppose, en effet, au déplacement de la voilure qui est une surface importante en forme de calotte. Au début de la chute, la résistance de l'air est nulle puisque la vitesse de chute est nulle et le mouvement est uniformément accéléré sous l'influence du poids (parachutiste et parachute). La résistance de l'air sur le parachute augmente comme le carré de la vitesse. Rapidement cette résistance égale le poids et la vitesse de descente devient uniforme.

4.3.2. — Parachutes de secours (seuls concernés par le présent ouvrage).

On distingue le **parachute siège**, le **parachute dorsal** et le **parachute ventral**. Seul le parachute dorsal (Fig. 185), le plus souvent utilisé

par l'aviation légère, sera sommairement étudié ici.

4.3.3. — Description (Fig. 186).

Un **parachute de secours** comprend trois éléments :

- la voileure ;
- le sac et ses accessoires ;
- le harnais.

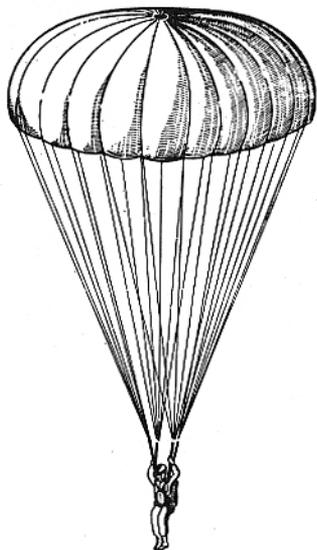


Fig. 186. — Parachute de secours.

La voileure.

La voileure, en forme de calotte, dont la surface varie de 45 à 60 m², est reliée au harnais par des suspentes et par deux étriers. Un **parachute extracteur**, de dimensions réduites, fixé au sommet de la voileure, facilite l'ouverture du sac et l'extraction de la voileure.

Le sac.

Le sac contient la voileure ; son ouverture est commandée par l'utilisateur, à l'aide d'un **câble d'ouverture** se terminant par une poignée.

Le harnais.

Le harnais (Fig. 187) est un assemblage de **sangles** nylon souple. La sangle maîtresse,



Fig. 185.

reliée aux suspentes, supporte l'utilisateur. Les sangles se règlent pour adaptation à toutes les tailles.

4.3.4. — Mise en place du parachute.

La fixation du parachute sur le corps de l'utilisateur est étudiée pour assurer une position



Fig. 187. (Doc. E.F.A.-Industrie)

1. Sangle principale. La symétrie de réglage est vérifiée à l'aide des numéros repères.
2. Sangle de poitrine.
3. Sac dorsal.
4. Fermeture par deux mousquetons.
5. Passant à axe mobile.
6. Plastron porte-poignée.
7. Poignée.

assise confortable et pour permettre de marcher sans gêne.

L'ajustage du harnais s'opère rapidement, mais l'utilisateur doit procéder à différents réglages :

- s'assurer que la sangle maîtresse est passée sous les fesses ;
- amener les boucles de réglage au-dessus de la clavicule ;
- boucler et serrer les cuissardes ;
- serrer les sangles dorsales ;
- boucler la sangle de poitrine et régler sa position ;
- serrer la sangle de poitrine ;
- vérifier le verrouillage des mousquetons.

4.3.5. — Fonctionnement.

L'utilisateur, ayant évacué l'avion, garde les yeux ouverts et tire sur la poignée de commande à main d'ouverture du sac.

Les pattes du sac étant ouvertes, l'extracteur (Fig. 188) jaillit, entraînant la voileure hors de la gaine.

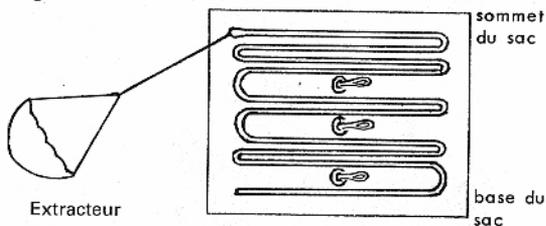


Fig. 188. — Schéma montrant les dix épaisseurs de voileure entre la base et le sommet du sac. A gauche, l'extracteur.

Le parachute ouvert, l'utilisateur descend avec une vitesse verticale de l'ordre de 6 à 7 m/s.

4.3.6. — Entretien.

Le parachute **ne doit pas** :

- **séjourner dans un lieu humide** ;
- **être jeté brutalement sur le sol** ;
- **être exposé longtemps au soleil**.

Après chaque vol, le harnais doit être **correctement plié** autour du sac et tous les trois mois, ou après chaque utilisation en sauvetage, le parachute doit être confié à un atelier agréé pour **pliage et remise en état**.

4.4. — CEINTURES DE SÉCURITÉ.

Pour éviter en vol que les turbulences atmosphériques, entraînant des accélérations ou des décélérations, fassent décoller le pilote ou les passagers de leur siège, on dispose de **ceintures de sécurité** (Fig. 189) dont le réglage

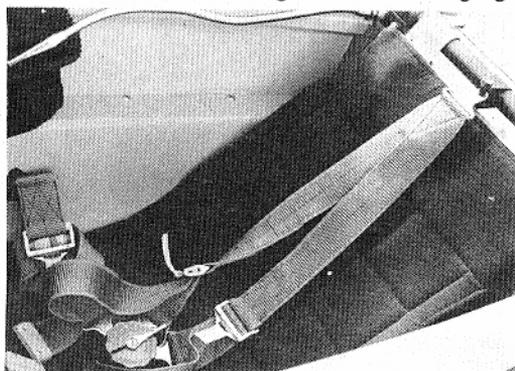


Fig. 189. — Ceinture de sécurité.

est rapide et facile. Il est à noter que le réglage doit être fait de façon telle que les sangles soient **ajustées, mais non serrées**.

4.5. — BALISE DE DÉTRESSE.

L'installation d'une radiobalise de détresse fonctionnant automatiquement à l'impact est rendue obligatoire (Arrêté du 28 août 1978 - J.O. du 4-10-1978) (1).

La « radiobalise de détresse automatique », sigle RDBA, est soumise à certaines conditions techniques d'installation et d'entretien (2). Les RDBA sont conçues et installées de manière :

- a) à fonctionner automatiquement en cas d'accident ;
- b) à pouvoir être commandées manuellement par les survivants ;
- c) à ne pas être tributaires de l'alimentation électrique de l'aéronef ;
- d) à ne pas être mises hors d'usage par le contact avec l'eau ;

(1) Il est signalé :

- a) que des dérogations exceptionnelles à cet arrêté peuvent être accordées sous certaines conditions ;
- b) quelques cas d'exemption (aéronefs non motopropulsés, aéronefs volant sous CNRA, aéronefs en vols locaux (jusqu'à 25 NM de l'aérodrome où ils sont basés).

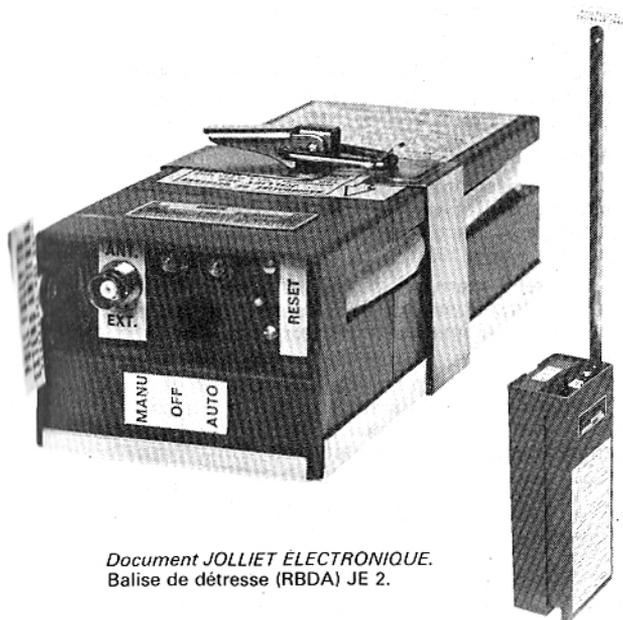
(2) Se renseigner auprès des Services Techniques de la Navigation Aérienne.

e) à présenter une très faible probabilité de mise hors d'usage en cas d'impact.

4.5.1. — Types de radiobalises de détresse.

Les RDBA sont classées et homologuées selon les différents types suivants :

1. — « **Fixe Automatique** » ;
2. — « **Portatif Automatique** » ;
3. — « **Déployable Automatique** » (déploiement automatique de l'antenne, de façon à assurer le rayonnement requis) ;



Document JOLLIET ÉLECTRONIQUE.
Balise de détresse (RDBA) JE 2.

Fig. 190. — La balise de détresse (1) est équipée d'un interrupteur accéléromètre qui la met automatiquement en fonctionnement sous l'action d'un impact sur l'avion, suivant l'axe longitudinal et dirigé de l'avant vers l'arrière. Il est recommandé d'inclure la vérification du bon fonctionnement de la balise dans la série des contrôles à effectuer avant et après le vol (2).

(1) Émetteur de radiocommunication émettant des signaux modulés selon des caractéristiques définies. La balise fonctionne sur les fréquences de détresse internationales 121,5 MHz et 243 MHz.

(2) Vérification « pré-vol ». Le bon fonctionnement de la balise se constate par l'écoute du signal émis à l'aide du VHF/COM de bord.
Contrôle après vol. Il a pour but de prouver que la balise ne s'est pas mise, intempestivement, en fonctionnement.

4. — « **Personnel** » (mise en œuvre manuelle par des actions simples) ;

5. — « **Survivance** » (à antenne propre, déployable automatiquement). Elle doit flotter ou se situer dans un équipement flottant ; l'antenne doit pouvoir maintenir, par elle-même, son axe vertical.

4.5.2. — Surveillance concernant le fonctionnement.

La RDBA, installée de façon à être aisément accessible, doit être vérifiée périodiquement (inclusion dans les visites de 100 heures, inscription dans le dossier de visites,...).

4.6. — VISITE PRÉ-VOL.

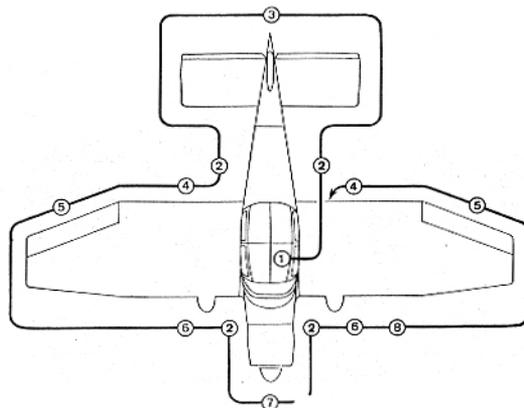
Avant de s'installer à bord d'un avion ou d'un planeur, le pilote doit **obligatoirement** procéder à une inspection générale de l'appareil afin de se renseigner sur l'état de certains de ses éléments. Cette visite pré-vol concerne aussi bien l'intérieur que l'extérieur de l'aéronef et elle doit être effectuée en respectant les recommandations consignées par le constructeur dans le Manuel de Vol.

4.6.1. — Avion.

En général, pour un avion, après s'être assuré que, dans la cabine :

- les **contacts** sont **coupés** ;
- les **commandes** de vol sont **libres**,

le pilote vérifie, en décrivant un circuit autour de l'avion :



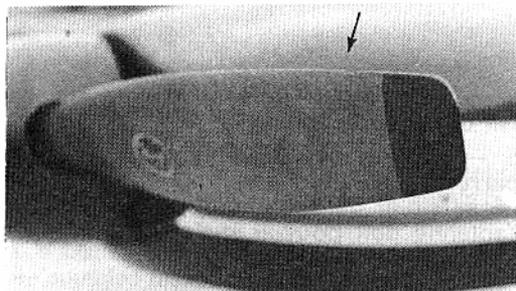


Fig. 191.

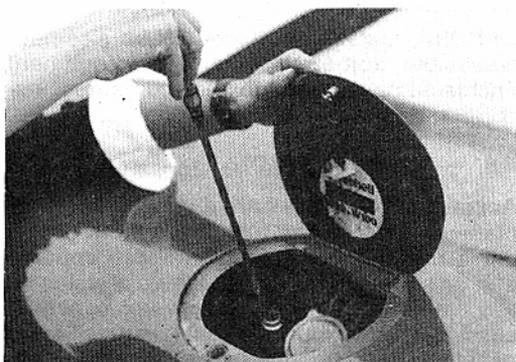


Fig. 192.

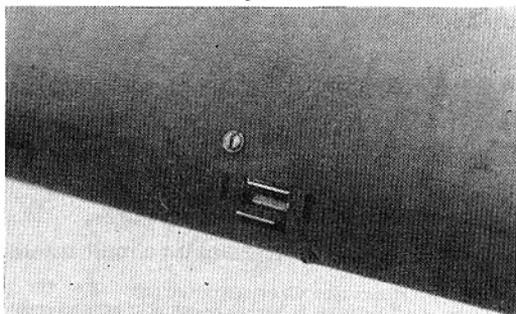


Fig. 193.

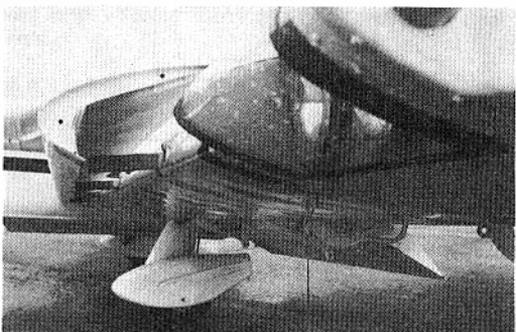


Fig. 194

- l'état du **revêtement** de la cellule ;
- le **libre débattement** de toutes les **gouvernes** ;
- l'état des **charnières**, des **fixations** et des **articulations** ;
- l'efficacité des **amortisseurs** ;
- l'état et la pression des **pneumatiques** ;
- le **groupe motopropulseur** (trace de fuite (essence, huile), verrouillage, état des compressions) ;
- les **niveaux** huile et essence ;
- l'état de l'**hélice**.

A titre d'exemple voici les conseils donnés par un constructeur d'avions, dans le Manuel de Vol :

Avant de s'installer dans l'avion (visite pré-vol).

1° — Pousser l'interrupteur général (coupe-batterie sur marche) et vérifier l'indication des jauges, ainsi que le fonctionnement de l'avertisseur de décrochage (Fig. 193) ;

- tirer l'interrupteur général (coupé), contacts magnétos coupés, robinet d'essence ouvert sur AV, correcteur altimétrique (mixture) « plein riche » tiré.

2° — Avant le premier vol de la journée et après chaque plein de carburant, appuyer trois secondes sur les purges d'essence pour éliminer l'eau de condensation et autres impuretés ;

- vérifier la fermeture des réservoirs essence ;
- vérifier la propreté des prises d'air statiques (une sur chaque côté du fuselage).

3° — Vérifier l'état des empennages ;

- vérifier le compensateur pour toute sécurité ;

- vérifier les charnières de la direction et les ressorts de la roulette de queue (Fig. 194).

4° — Vérifier l'état des aérofreins.

5° — Vérifier les charnières des ailerons (Fig. 194) ;

- défaire les cordes d'amarrage s'il y a lieu.

Fig. 191. — État de l'hélice.

Le bord d'attaque de cette hélice doit être poncé à la lime douce.

Fig. 192. — Contrôle du niveau d'huile avec la jauge.

Fig. 193. — Avertisseur de décrochage qui, en cas de besoin, déclenche un signal sonore dans le poste de pilotage.

Fig. 194. — État des charnières, des fixations, des articulations.

- 6° — Vérifier l'état des carènes de roues ;
 - vérifier l'état des pneus et leur pression.
- 7° — Vérifier la propreté de la verrière ;
 - vérifier le niveau d'huile (Fig. 192) ;
 - faire le plein pour un vol prolongé - fermer et verrouiller la trappe ;
 - fixation du capot moteur ;
 - état de l'hélice (Fig. 191) et de son cône, des déflecteurs ;
 - état du filtre à air (corps étranger) ;
 - purge essence (réservoir AV et filtre décan- teur) ;
 - fixation des échappements (Fig. 194).
- 8° — Enlever, s'il y a lieu, le protecteur de la prise d'air dynamique et vérifier la propreté.

Effectuer la visite pré-vol complète avant le premier vol de la journée.

Ensuite on peut limiter les vérifications à l'état des gouvernes et aux niveaux d'huile et de carburant.

Vérifications intérieures.

En s'installant dans la cabine, le pilote règle son siège, fixe et ajuste ceinture et bretelles de sécurité, puis procède aux contrôles :

- des circuits électriques ;
- des carburants ;
- des commandes (de vol, du groupe motopropulseur, du train d'atterrissage) ;
- des instruments de bord.

A ces vérifications, s'ajoutent celles mentionnées sur le manuel d'utilisation du type d'avion considéré.

4.6.2. — Planeur.

Pour n'oublier aucune vérification, adopter comme pour l'avion un **sens de rotation** autour de l'appareil et vérifier :

- l'état de propreté des prises de pressions ;
- l'état des revêtements (fuselage, aile, empennages) ;
- l'état de la verrière et de son système de fixation ;
- la liberté de manœuvre des commandes et leur action dans le bon sens ;
- l'état des fixations des gouvernes ;
- l'état des atterrisseurs ;
- l'état et le gonflage du pneumatique ;
- la fixation des portes de visite et de verrouillage ;
- le fonctionnement du crochet de remorquage.

Pour tout ce qui concerne le confort du pilote et les vérifications intérieures avant le décollage, se reporter à la **notice d'utilisation** fournie par le constructeur.



Avion CESSNA F 152.

Résumé

Entretien - Vérifications périodiques.

L'entretien d'un avion léger ou d'un planeur consiste :

- à vérifier l'état de chacun des éléments de l'appareil ;
- à prévoir leur remplacement avant l'usure ;
- à procéder à des vérifications périodiques.

Tout avion ou planeur doit être maintenu dans un état de propreté irréprochable.

Protection contre l'incendie.

La protection contre l'incendie est assurée par :

- une cloison pare-feu ;
- l'éloignement du moteur des réservoirs d'essence ;
- une mise à la terre avant les pleins d'essence.

Parachute.

Un parachute de secours comprend :

- la voilure ;
- le sac et ses accessoires ;
- le harnais.

La fixation du parachute sur le corps se fait rapidement mais, après avoir ajusté le harnais, l'utilisateur doit procéder à différents réglages.

Le pilote doit prendre soin de son parachute : éviter les lieux humides, les longues expositions au soleil et les manipulations brutales.

Ceinture de sécurité.

La ceinture de sécurité se règle facilement et rapidement, les sangles doivent être ajustées et non serrées.

Balise de détresse.

L'installation d'une radiobalise de détresse fonctionnant automatiquement à l'impact est obligatoire.

Visite pré-vol.

La visite pré-vol, obligatoire avant chaque départ, est une inspection minutieuse de l'appareil, effectuée suivant un ordre méthodique et permettant de se renseigner sur l'état des différents organes.

Elle est généralement effectuée en décrivant un circuit complet autour de l'avion ou du planeur et elle doit être conduite en suivant les recommandations contenues dans le manuel d'utilisation de l'appareil, manuel fourni par le constructeur.

Questions

91. — En quoi consiste l'entretien courant d'un avion léger ?
92. — Qu'appelle-t-on vérifications périodiques ?
93. — Quelles sont les précautions à prendre pour nettoyer un avion ou un planeur ?
94. — Quelles sont les précautions qui sont prises contre l'incendie à bord d'un avion léger ?
95. — Quels sont les contrôles et révisions à effectuer sur un avion léger ?
96. — Qu'est-ce qu'un parachute ? Principe.
97. — Quels sont les différents types de parachutes de secours ?
98. — Quels sont les différents éléments d'un parachute de secours ?
99. — Qu'est-ce que le harnais d'un parachute ?
100. — Précautions à prendre par l'utilisateur au moment de la mise en place d'un parachute.
101. — Quelles sont les précautions à prendre pour assurer au parachute un fonctionnement sûr ?
102. — Parachute ouvert et descendant à une vitesse verticale à peu près constante, quelle est la hauteur perdue par minute par un parachutiste ?
103. — Quelle est l'utilité des ceintures de sécurité ?
104. — Comment les sangles de la ceinture de sécurité doivent-elles être réglées ?
105. — La visite pré-vol est-elle toujours obligatoire ?
106. — Comment la visite pré-vol est-elle habituellement effectuée ?
107. — En quoi consiste la visite pré-vol pour un planeur ?



Saut en parachute.

(Photo SUD AVIATION)

Réponses aux questions

CHAPITRE PREMIER

1. — Les qualités mécaniques des bois varient suivant le sens des efforts considérés par rapport au sens des fibres et suivant le degré d'humidité.
Les bois doivent être utilisés bien secs et exempts de défauts consécutifs à la vie de l'arbre. Parmi ceux-ci, on peut citer les nœuds, les fibres torses, les fentes, les gerçures et les vermoulures.
Les principaux genres d'efforts appliqués aux bois sont : la traction, la compression, le choc, la flexion. On peut remarquer, lors des essais, que les bois résistent beaucoup mieux, dans le sens axial, aux efforts de traction qu'aux efforts de compression.
2. — Les différentes essences de bois utilisées en construction aéronautique sont :
 - les résineux, tels que le spruce et l'épicéa, utilisés pour la fabrication des pièces maîtresses de voilure ou de fuselage (pièces longues) ;
 - les feuillus tendres, utilisés pour les contreplaqués ;
 - les feuillus mi-durs, tels que le hêtre et le frêne, supportant bien les pressions et utilisés pour la fabrication des cales, patins...
3. — Les contreplaqués sont réalisés en collant sous forte pression plusieurs feuillets de bois de faible épaisseur. Chaque feuillet est appelé « pli » et les plis sont toujours en nombre impair. On utilise le contreplaqué pour les revêtements, pour la fabrication des goussets, pour certains renforcements.
Les contreplaqués sont désignés par le bois utilisé, le nombre de plis, l'épaisseur en dixièmes de millimètre. Exemple : contreplaqué bouleau 3 plis 24/10.
4. — Voir livre.
5. — Un alliage métallique comprend :
 - un métal de base (au moins 50 %) ;
 - des éléments d'addition ;
 - des impuretés dont la teneur maximale est déterminée par des normes.
6. — Un des éléments d'addition atteint ou dépasse une teneur de 5 %.
7. — La série normale des rivets français comprend :
 - le rivet tête ronde ;
 - le rivet goutte de suif ;
 - le rivet tête fraisée (F. 90) ;
 - le rivet tête fraisée bombée ;
 - le rivet tête cylindrique plate.
8. — Ils comprennent les alliages sans cuivre et les alliages avec cuivre. Ces derniers sont utilisés à l'état de trempe fraîche.
9. — D'après leur composition, les aciers sont classés en aciers ordinaires au carbone et en aciers spéciaux comprenant des éléments d'addition conférant à ces aciers des qualités particulières améliorant leurs propriétés.
10. — Le métal de base des alliages légers est l'aluminium.
11. — Les matériaux utilisés pour recouvrir les ailes et les fuselages en tubes étaient les toiles tissées, soit en lin, soit en coton, actuellement toutes polyester.
Caractéristiques mécaniques de ces dernières : masse approximative, 118 g au m² ; résistance à la traction au mètre de l'ordre de 25000 newtons.
12. — Les colles utilisées en aéronautique sont celles autorisées par le Service Technique Aéronautique. Les normes

- d'utilisation tiennent compte de la température, de l'humidité, des valeurs de pression de collage et du temps de séchage.
13. — L'utilité des enduits est de tendre les toiles, d'augmenter leur résistance et de les rendre imperméables.
 14. — Les produits utilisés pour assurer la protection des bois quand l'aéronef est réalisé sont les enduits et les peintures.
 15. — Les matières plastiques peuvent se classer en :
 - matières plastiques thermodurcissables, qui ne se ramollissent qu'une fois ;
 - matières plastiques thermoplastiques, qui se ramollissent plusieurs fois, par des chauffages successifs.
 16. — Ces corps thermoplastiques peuvent être classés dans le groupe des cellulosiques (rhodoïd) ou dans celui des acryliques (plexiglas).
 17. — Raisons : rapidité de construction ; prix de revient de construction et de réparation ; facilité d'entretien.
 18. — Les stratifiés sont réalisés, pour les planeurs, à partir d'une résine synthétique renforcée par un support fibreux ou lamellaire.
 19. — La matrice (résine).
Le renfort (la fibre).
 20. — A la sortie du four, le verre coulé alimente directement les filières.
 21. — L'étirage mécanique (silionne).
L'étirage obtenu par entraînement des fibres à l'aide d'un jet d'air sous pression (verranne), est l'étirage pneumatique.
 22. — Voir livre.
 23. — La disposition des plis joue un rôle important dans la résistance à la traction. La direction du fil des plis extérieurs donne deux épaisseurs de fil contre une seulement dans la direction transversale. Dans un contreplaqué 3 plis, croisés à 90°, la résistance à la traction est presque doublée lorsqu'on utilise ce contreplaqué dans la direction du fil des extérieurs.

CHAPITRE 2

24. — Les planeurs sont classés en 3 catégories :
 - Catégorie U : utilitaire ;
 - Catégorie A : acrobatique ;
 - Catégorie MU : motoplanneur utilitaire.
25. — Catégorie utilitaire : Ce sont les planeurs d'usage général mention début et sport.
Catégorie acrobatique : Planeurs réservés à la voltige.
Catégorie motoplanneur utilitaire : Ces planeurs sont équipés d'un dispositif d'envol incorporé.
26. — Les éléments constitutifs d'un planeur sont :
 - les ailes ;
 - le fuselage ;
 - les atterrisseurs ;
 - les commandes ;
 - les empennages ;
 - les instruments et équipements de bord.
27. — Une aile de planeur est constituée par :
 - un longeron principal ;
 - un longeron secondaire (faux longeron).
 - des ailerons ;
 - des nervures ;
 - des freins de piqué ;
 - un revêtement tel que contreplaqué et toile.
28. — Les ailes se différencient entre elles par :
 - leur forme : rectangulaire ou trapézoïdale par exemple ;
 - leur profil ;
 - leur position par rapport au fuselage.

29. — Le longeron principal est une longue et mince poutre disposée selon l'envergure. Il est composé de deux semelles reliées, de chaque côté, par des âmes en contreplaqué. L'écartement des semelles est assuré par des entretoises en contreplaqué.
30. — Les nervures sont constituées par deux semelles (spruce ou sapin) cintrées et mises en forme par des entretoises. Les nervures d'emplature sont renforcées par deux flasques extérieures en contreplaqué. Les nervures donnent le profil à l'aile et transmettent les efforts au longeron.
31. — Voir cours.
32. — La forme en coupe est déterminée par les cadres.
33. — Voir cours.
34. — La structure est généralement mono-coque ou semi-mono-coque. La dérive vient souvent de construction, avec le fuselage.
- 35 à 39. — Voir cours.
40. — L'atterrisseur à patin a été abandonné pour faciliter : la manutention au sol, les décollages, les atterrissages.
41. — Ce patin assure la sécurité de la partie avant du fuselage, dans le cas où, à la suite d'une manœuvre, l'avant du planeur prend contact avec le sol.
42. — Ce sont :
— les pneumatiques ;
— les amortisseurs à blocs caoutchouc.
43. — Voir cours.
44. — Les commandes d'un planeur sont au nombre de trois :
— commande de profondeur ;
— commande de direction ;
— commande de gauchissement.
Les commandes permettent au pilote de diriger son planeur en agissant :
— sur le gouvernail de profondeur, par la commande de profondeur ;
— sur le gouvernail de direction, par la commande de direction ;
— sur les ailerons, par la commande de gauchissement.
45. — Les commandes comprennent :
— les organes de manœuvre : palonnier (pédales, conjuguées) pour la commande de direction ; manche à balai pour les commandes de profondeur et de gauchissement ;
— les organes intermédiaires : poulies, câbles, guide-câbles, tendeurs, guignols, verrous...
Pour l'action des organes de manœuvre, voir croquis du livre.
46. — Les empennages comprennent :
— le plan fixe vertical, le plan fixe horizontal qui participent à la stabilité du planeur ;
— le gouvernail de profondeur, le gouvernail de direction qui permettent le pilotage du planeur.
47. — Les instruments de bord peuvent, pour un pilote, être classés en :
— Instruments de pilotage : variomètre, anémomètre, indicateur de virage et niveau transversal ;
— Instruments de navigation : altimètre, compas, montre.
48. — Les instruments de pilotage sont :
— le variomètre, qui indique les vitesses de montée ou de descente du planeur ;
— l'anémomètre, permettant de connaître la vitesse sur trajectoire du planeur par rapport à la masse d'air dans laquelle il évolue ;
— l'indicateur de virage, indiquant les changements de direction ;
— le niveau transversal qui est surtout un indicateur de dérapage ou de glissement.
49. — Parmi les instruments de navigation, on peut citer :
— l'altimètre, permettant de mesurer l'altitude ;
— le compas, indiquant le Nord magnétique ;
— la montre.
50. — Les instruments de bord suivants :
— altimètre ;
— anémomètre ;
— variomètre ;
fonctionnent à l'aide d'une capsule anéroïde sensible à toute variation de pression différentielle.

51. — Variomètre :
- Pression intérieure : pression statique ;
 - Pression extérieure : pression du boîtier relié par tube capillaire à la pression extérieure.
- Anémomètre :
- extérieur : pression statique ;
 - intérieur : pression d'arrêt (totale).
- Altimètre :
- extérieur : pression statique ;
 - intérieur : vide relatif.
- 52 à 56. — Voir cours.
57. — Le tube capillaire freine le débit de l'air et retarde la transmission des variations de pression à l'intérieur du boîtier. La mesure de la vitesse de ces variations de pression permet de déterminer les variations d'altitude.
58. — Voir cours.
59. — L'antenne de Pitot enregistre la pression statique et la pression d'arrêt (totale).
La prise de pression statique se trouve sur le corps de l'antenne, parallèlement à l'écoulement.
La prise de pression d'arrêt (totale) est à l'extrémité de l'antenne, perpendiculairement à l'écoulement.
60. — La pression statique est la pression propre d'un fluide au repos ou en mouvement.
La pression cinétique (dynamique) est la pression exercée par l'air en mouvement. Elle est proportionnelle au carré de la vitesse.
La pression d'arrêt (totale) est égale à la somme des pressions statique et cinétique (dynamique).
61. — Inclinaison correcte : La bulle reste au milieu du tube, c'est-à-dire au sommet de la partie courbe.
Inclinaison insuffisante : la bulle se déplace vers le bas du tube.
Inclinaison trop forte : la bulle se déplace vers le haut du tube.
La bille se déplace en sens inverse de la bulle.
62. — Virage à gauche trop incliné : pour le pilote, la bille se dirige vers la gauche du tube.
Virage à droite insuffisamment incliné : la bille se dirige vers la gauche du tube.
Virage à gauche insuffisamment incliné : la bille se dirige vers la droite du tube.
63. - 64. — Voir cours.
65. — 400 N/m².
66. — Aile monolongeron cantilever, aile semi-haute.
67. — Voir livre pages 41-42.
68. — Ce sont des planeurs à auto lancement. Ils peuvent décoller, s'élever par leurs propres moyens.

CHAPITRE 3

69. — Un avion léger comprend :
- Le fuselage : conçu pour recevoir la charge utile et pour relier la voilure aux organes de stabilisation et de manœuvre ;
 - L'aile : garantissant la sustentation ;
 - Les instruments de pilotage et de navigation ;
 - Les équipements de confort et de sécurité ;
- Le train d'atterrissage, supportant l'avion au sol, assurant le roulement au sol, l'envol et l'atterrissage ;
 - Le groupe motopropulseur, procurant la source d'énergie nécessaire à la force motrice ;
 - Les empennages, ou organes stabilisateurs ;
 - Les gouvernes, ou organes de manœuvre.
70. — L'aile est caractérisée :

- Par sa position par rapport au fuselage ;
 - Par son mode de fixation ;
 - Par sa forme vue de dessus et vue de face ;
 - Par sa construction.
- 71.** — Une aile a du dièdre si, vue de face, ses extrémités sont plus hautes que la partie médiane. Le dièdre est l'angle formé entre le plan déterminé par l'aile et le plan horizontal passant par l'emplanture.
- 72.** — La flèche est l'angle formé par le bord d'attaque d'une demi-aile avec la perpendiculaire à l'axe longitudinal du fuselage.
- 73. - 74.** — Voir cours.
- 75.** — Les instruments servant à contrôler le moteur sont :
- le compte-tours ;
 - les manomètres d'essence et d'huile ;
 - le thermomètre d'huile ;
 - la jauge de carburant.
- 76.** — Les principaux instruments servant au pilotage et à la navigation sont :
- l'anémomètre ;
 - l'altimètre ;
 - le variomètre ;
 - le compas ;
 - l'indicateur de virage et la bille ;
 - la montre.
- 77.** — Le train d'atterrissage classique comprend :
- Un dispositif amortisseur ;
 - Deux roues indépendantes à pneumatique gonflable, placées en avant du centre de gravité de l'avion ;
 - Une seule petite roue orientable à l'arrière.
- 78.** — Le train d'atterrissage tricycle comprend trois roues principales, dont deux sont situées un peu en arrière du centre de gravité de l'avion. Le train tricycle permet à l'avion de reposer au sol en ligne de vol.
- 79.** — Le pilote agit sur les gouvernes d'un avion par l'intermédiaire des commandes de vol.
- Le gouvernail de profondeur est commandé par le mouvement du manche à balai, vers l'avant ou vers l'arrière.
- Le gouvernail de direction est commandé par le palonnier.
- Les ailerons sont commandés par le mouvement du manche à balai vers la gauche ou vers la droite.
- 80.** — Les empennages d'un avion sont habituellement formés par des plans horizontaux et verticaux comprenant :
- le plan fixe stabilisateur sur lequel s'articule le gouvernail de profondeur ;
 - la dérive sur laquelle s'articule le gouvernail de direction.
- 81.** — Voir cours.
- 82.** — Un fuselage peut avoir un revêtement travaillant, soutenu par une ossature interne formée de couples et de lisses, ou un revêtement non travaillant en toile.
- 83.** — Pour les ailes d'un avion, on peut utiliser soit le revêtement travaillant en contreplaqué ou en tôle d'alliage léger, soit le revêtement non travaillant en toile.
- 84.** — L'aile cantilever n'est fixée que par son milieu au fuselage, sans l'intermédiaire de mâts ni de haubans. L'aile haubannée est soutenue et renforcée par des haubans souples ou par des mâts.
- 85.** — Instruments de contrôle concernant :
- le vol ;
 - la navigation ;
 - le moteur.
- 86. - 87.** — Voir cours.
- 88.** — Catégorie normale.
Catégorie utilitaire.
Catégorie acrobatique.
- 89.** — Charge limite : charge à ne jamais dépasser en service.
Charge extrême : charge limite multipliée par un coefficient de sécurité.
Charge de rupture : charge pour laquelle l'éprouvette essayée se rompt.
- 90.** — Voir livre page 103.

CHAPITRE 4

- 91.** — L'entretien courant d'un avion léger comporte les opérations suivantes :
- vérification de l'état de chacun des éléments de l'avion ;
 - prévision du remplacement éventuel de certains de ces éléments ;
 - vérifications périodiques ;
 - nettoyage.
- 92.** — Les vérifications périodiques sont en rapport avec la fatigue des éléments de l'avion, c'est-à-dire avec le vieillissement ou l'usure. Elles ont lieu toutes les vingt-cinq, cinquante, cent heures, suivant les opérations à effectuer.
- 93.** — Ce sont les précautions données dans les notices d'utilisation fournies par le constructeur (lavage, lustrage...).
- 94.** — Précautions contre l'incendie :
- cloisons pare-feu ;
 - réservoirs d'essence éloignés du moteur ;
 - mise à la terre avant les pleins d'essence.
- 95.** — Les visites, contrôles et révisions à effectuer sur un avion léger sont :
- la visite pré-vol ;
 - les visites périodiques (25, 50, 100 heures).
- 96.** — Voir cours.
- 97.** — On distingue :
- le parachute-siège ;
 - le parachute dorsal ;
 - le parachute ventral.
- 98 à 101.** — Voir cours.
- 102.** — Hauteur perdue : de 360 à 420 m/mn (6 × 60 à 7 × 60).
- 103. - 104.** — Voir cours.
- 105.** — La visite pré-vol est toujours obligatoire, mais alors qu'elle doit être complète avant le premier vol de la journée, elle peut ensuite se limiter au contrôle de l'état des gouvernes et à la vérification des niveaux d'huile et de carburant.
- 106.** — Avant de s'installer dans l'avion, le pilote doit effectuer toutes les vérifications indiquées par le constructeur dans le manuel d'utilisation de l'appareil. Ces vérifications sont généralement effectuées en décrivant un circuit complet autour de l'avion, le point de départ étant la cabine (contact coupé, commandes de vol libres). Les vérifications extérieures concernant la cellule, l'atterrissage, le groupe motopropulseur, les pleins d'essence et d'huile, sont complétées par les vérifications intérieures à partir du moment où le pilote prend place dans la cabine (circuits, commandes, instruments, sécurité...).
- 107.** — Voir cours.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER : LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

	Pages
1.1. — LES BOIS	13
1.1.1. — Structure des bois	13
1.1.2. — Qualités mécaniques	13
1.1.3. — Bois d'aviation	15
1.1.4. — Contreplaqué	15
1.1.5. — Bois améliorés	16
1.2. — MÉTAUX ET ALLIAGES	16
1.2.1. — Généralités	16
1.2.2. — Aciers	16
— Aciers non alliés	16
— Aciers faiblement alliés	16
— Aciers fortement alliés	16
1.2.3. — Alliages légers	16
1.2.4. — Alliages ultra-légers	17
1.2.5. — Cuivre et alliages de cuivre	17
1.2.6. — Alliages à base de titane	17
1.2.7. — Rivets	17
1.2.8. — Essais - contrôles	18
1.3. — ENTOILAGES AÉRONAUTIQUES	18
1.4. — PROTECTION (Enduits, peintures)	19
1.4.1. — Toiles	19
1.4.2. — Métal	19
1.4.3. — Traitements des pièces corrodées	20
1.5. — LES COLLES	20
1.6. — CAOUTCHOUC - ELASTOMÈRES	20
1.6.1. — Pneumatiques	21

1.7. — LES MATIÈRES PLASTIQUES	21
1.7.1. — Les stratifiés	22
— Renforts en fibre de verre	22
— Conditions d'emploi	23
— Fibres de carbone	26
— Structures « Sandwich »	26
1.7.2. — Rhodoïd - Plexiglas	26
Résumé	27
Questions	28

CHAPITRE II : LE PLANEUR

2.1. — CATÉGORIES DE PLANEURS	31
2.2. — ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS D'UN PLANEUR	31
2.2.1. — Construction - bois	34
— Les ailes	34
● Le longeron	34
● Le faux longeron	35
● Les ailerons	35
● Les nervures	35
● Les aérofreins	35
● Le revêtement	36
— Le fuselage	36
● Les cadres	36
● Les lisses	37
● Le revêtement	37
— Les empennages	37
2.2.2. — Construction - métal	38
— Voilure	38
— Fuselage - Empennages	38
2.2.3. — Construction mixte (fibre de verre - résine ; fibre de carbone - résine) - Construction « Tout plastique »	41
— Construction mixte	41
● Voilure (du KIT CLUB 15/34)	41
● Fuselage	42
● Montage voilure	42
● Empennages	42
— Construction « Tout plastique »	45
● Fuselage	45
● Verrière	45
● Voilure	47
● Assemblage voilure - fuselage	48
● Empennages	48
● Water-ballasts	49
2.2.4. — Les commandes	49
— Commande de direction	51
— Commande de profondeur	51
— Commande de gauchissement	51
2.2.5. — Les atterrisseurs	51

2.3. — INSTRUMENTS ET ÉQUIPEMENTS DE BORD	52
2.3.1. — Instruments de bord	52
2.3.2. — Instruments de pilotage	53
— Variomètre	53
• Principe	54
• Description	54
• Vol en montée	54
• Vol horizontal	54
• Vol en descente	54
— Anémomètre	54
• Pression statique	54
• Pression cinétique	54
• Pression d'arrêt	54
• Principe	55
• Description	55
• Tube ou antenne de Pitot	55
• Remarque	55
• Récepteur	55
— Indicateur de virage	55
— Niveau transversal	56
• Virage à inclinaison correcte	56
• Dérapage	56
• Glissage	56
• Vol en ligne droite	56
• Remarque	56
2.3.3. — Instruments de navigation	56
— Altimètre	56
— Compas magnétique	56
• Description	57
• Fonctionnement	57
2.3.4. — Crochet de remorquage	57
2.3.5. — Entretien et stockage des planeurs	59
— Entretien	59
• Bois	59
• Toile	59
• Parties métalliques	59
• Stratifiés	60
• Déplacements au sol	60
— Stockage	60
— Réparation	60
2.4. — PRÉSENTATION DE QUELQUES PLANEURS	62
2.4.1. — « KIT CLUB 15/34 »	62
2.4.2. — « E 78 SILÈNE »	64
2.4.3. — « CALIF A 21 S »	66
2.4.4. — « CARMAM 15/38 »	68
2.4.5. — « AS W 20 F »	70

2.5. — PLANEURS ÉQUIPÉS D'UN DISPOSITIF D'ENVOL INCORPORÉ	72
Résumé	74
Questions	75

CHAPITRE III : L'AVION LÉGER

3.1. — CATÉGORIES DE CERTIFICATION	79
3.2. — LES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DE L'AVION	81
3.2.1. — Les éléments de l'avion	81
3.2.2. — Les ailes	82
— Le longeron	82
— Les nervures	82
• Le revêtement	82
• Les ailerons	82
• Les dispositifs hypersustentateurs	82
3.2.3. — Le fuselage	83
— Le fuselage en treillis	83
— Le fuselage en coque	83
3.2.4. — Les atterrisseurs	83
— Atterrisseur principal	84
— Atterrisseur secondaire	84
— Le train classique	84
— Le train tricycle	84
3.2.5. — Les empennages	85
3.2.6. — Les commandes	86
3.3. — INSTRUMENTS ET ÉQUIPEMENTS DE BORD	89
3.4. — LE GROUPE MOTOPROPULSEUR	90
3.4.1. — Le bâti-moteur	90
3.4.2. — Le moteur	90
3.4.3. — L'hélice	90
3.5. — ESSAIS	93
3.5.1. — Essais statiques	93
— Définition des charges	93
— Installations d'essais	93
3.5.2. — Essais dynamiques	98
3.5.3. — Essais en vol	100
3.5.4. — Domaine de vol - Domaine de manœuvre - Domaine de rafale	101
— Indicateur de vitesse-air	103
• Ligne radiale rouge (V_{ne})	103
• Arc jaune (V_{no} à V_{ne})	103
• Arc vert (V_{s1} à V_{no})	103
• Arc blanc (V_{so} à V_{fe})	103

3.6. — PRÉSENTATION DE QUELQUES AVIONS	104
3.6.1. — CAP 10	104
3.6.2. — DR 400 2+2	108
3.6.3. — CESSNA F 172	112
3.6.4. — RALLYE TOBAGO	116
3.6.5. — R. 2112	120
Résumé	126
Questions	128

CHAPITRE IV : SÉCURITÉ

4.1. — ENTRETIEN - VÉRIFICATIONS PÉRIODIQUES	129
4.1.1. — Nettoyage	129
4.2. — PROTECTION CONTRE L'INCENDIE	130
4.3. — PARACHUTE	130
4.3.1. — Principe	130
4.3.2. — Parachutes de secours	130
4.3.3. — Description	131
— La voilure	131
— Le sac	131
— Le harnais	131
4.3.4. — Mise en place du parachute	131
4.3.5. — Fonctionnement	132
4.3.6. — Entretien	132
4.4. — CEINTURES DE SÉCURITÉ	132
4.5. — BALISE DE DÉTRESSE	132
4.5.1. — Types de radiobalises de détresse	133
4.5.2. — Surveillance concernant le fonctionnement	133
4.6. — VISITE PRÉ-VOL	133
4.6.1. — Avion	133
4.6.2. — Planeur	135
Résumé	136
Questions	137
Réponses aux questions	138
Table des matières	144