

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES TRANSPORTS
SECRÉTARIAT GÉNÉRAL A L'AVIATION CIVILE
SERVICE DE LA FORMATION AÉRONAUTIQUE

PREPARATION AU CERTIFICAT D'INITIATION AÉRONAUTIQUE

NOTIONS ÉLÉMENTAIRES D'AÉRONAUTIQUE

par

André MALDANT

Gilbert SALOMON



S.F.A.

**NOTIONS ÉLÉMENTAIRES
D'AÉRONAUTIQUE**

PRÉPARATION AUX EXAMENS
ORGANISÉS PAR LE SERVICE DE LA FORMATION AÉRONAUTIQUE

OUVRAGES PARUS

Certificat d'initiation aéronautique.

Notions élémentaires d'Aéronautique, par A. Maldant et G. Salomon.

Brevet élémentaire des sports aériens.

Météorologie, par R. Belliard et G. Salomon.

Éléments de technologie aéronautique, par R. Aubert, A. Maldant et G. Salomon.

L'Aéronautique - Son Histoire, par A. Bié et G. Salomon.

Aérodynamique et Mécanique du Vol, par A. Maldant, P. Massiot et G. Salomon.

Notions élémentaires de Navigation et Réglementation aérienne, par P. Gaulmier et A. Hémond.

Certificat d'aptitude à l'Enseignement aéronautique.

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.

Pédagogie Aéronautique, par R. Belliard, A. Maldant et G. Salomon.

Brevet de pilote privé d'avion.

Le Voyage Aérien (Manuel du Pilote Privé, Tome I), par R. Belliard, R. et A. Hémond.

Certificat d'aptitude préparatoire au parachutisme.

Cours théorique.

Certificat d'instructeur au sol de parachutisme.

Le parachute - Techniques du Matériel, par E.-A. Medaule.

Histoire du Parachutisme, par R. Chancelrel.

Qualification d'instructeur de pilotes privés d'avion.

Navigation aérienne, de H. Villemin.

Aérodynamique, par G. Denis et A. Hémond.

Océan Aérien, par M. Vermot-Gauchy.

Ouvrages à l'usage des membres de l'Enseignement.

L'Aviation à l'école, par M. Vermot-Gauchy et A. Maldant.

La conquête de l'espace, par M. Vermot-Gauchy.

OUVRAGES A PARAITRE

Brevet élémentaire des Sports aériens.

Technologie, par R. Aubert et G. Salomon.

Connaissances Générales, par A. Maldant et G. Salomon.

Météorologie, par R. Belliard et G. Salomon.

Brevet d'Instructeur d'Aéromodélisme dans les aéro-clubs.

Manuel d'Aéromodélisme, par J. Lerat et G. Salomon.

Certificat d'Aptitude à l'Enseignement aéronautique.

Histoire de l'Aéronautique, par A. Bié et G. Salomon.

Pédagogie Aéronautique, par A. Maldant et G. Salomon.

Brevet de Pilote Privé d'avion.

Manuel du Pilote Privé (Tome II), par A. Hémond.

Brevet de Pilote de planeur.

Manuel du Pilote de Planeur par R. Aubert, R. Belliard et A. Hémond.

Brevet de parachutiste privé.

Manuel du Parachutiste privé.

Qualification d'Instructeur de pilotes privés d'avion.

Mécanique du Vol, par G. Denis et A. Hémond.

Instruments de bord (Tomes I et II), par G. Amouroux.

Instructions pédagogiques, par A. Hémond, R. Lahaye et G. Salomon.

Ouvrage à l'usage des membres de l'Enseignement.

L'Aviation, Centre d'intérêt pédagogique (Nouvelle édition).

*Copyright 1957 by Editions du Cosmos
Tous droits de reproduction, traduction
et adaptation réservés pour tous pays.*

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES TRANSPORTS
SECRÉTARIAT GÉNÉRAL A L'AVIATION CIVILE
SERVICE DE LA FORMATION AÉRONAUTIQUE

PRÉPARATION AU CERTIFICAT D'INITIATION AÉRONAUTIQUE

NOTIONS ÉLÉMENTAIRES D'AÉRONAUTIQUE

par

André MALDANT

Gilbert SALOMON

Préfaces de

M. AGÉSILAS

Ingénieur en chef de la Navigation aérienne
Directeur du Service de la Formation
Aéronautique et des Sports Aériens.

A. BESLAIS

Directeur-général de l'Enseignement
du 1^{er} degré
au Ministère de l'Éducation Nationale

ILLUSTRATIONS DE MICHEL BRAULT

L'Aviation est, sans conteste, la plus dynamique parmi les activités humaines de notre temps. Elle a pris, au cours des vingt cinq dernières années une place prépondérante dans l'économie mondiale et est appelée à jouer un rôle dont l'importance ira sans cesse en croissant.

Depuis ses origines, l'Aviation a exercé, et exerce plus que jamais, un attrait puissant sur la jeunesse parce qu'elle apporte à l'enthousiasme et à l'imagination de celle-ci des ressources infinies.

Pourtant, en dépit de leur goût pour les choses de l'air, les jeunes n'en possèdent la plupart du temps que des connaissances rudimentaires et imprécises. C'est pour cette raison que le Service de la Formation Aéronautique et des Sports Aériens fait porter son effort sur le développement de l'enseignement aéronautique dans son ensemble et plus particulièrement sur le plan scolaire.

Le présent ouvrage, rédigé par MM. André MALDANT et Gilbert SALOMON, s'adresse à la jeunesse scolaire du premier degré ; il répond à ce souci et vient à point pour combler une lacune. Présenté sous une forme claire et attrayante, il dégage par un enseignement simple et progressif largement appuyé sur l'expérimentation, les données essentielles qui doivent faciliter à ces jeunes élèves la compréhension des problèmes que pose chaque jour le monde aéronautique moderne.



*Directeur-général de l'Enseignement
du 1^{er} degré
au ministère de l'Education Nationale.*

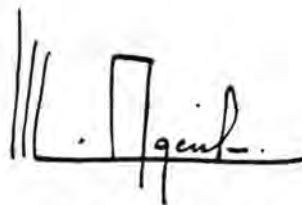
A C E

L'une des préoccupations essentielles du Service de la Formation Aéronautique et des Sports Aériens est d'encourager et de développer le goût des choses de l'Air chez les jeunes, de faciliter à ceux-ci la pratique des sports aériens et, pour les plus doués, l'orientation vers les carrières de l'aéronautique.

L'ouvrage présenté ici est destiné à la jeunesse scolaire.

Les auteurs, MM. André MALDANT et Gilbert SALOMON, ont su dégager de façon attrayante les enseignements et expériences susceptibles de familiariser les jeunes écoliers avec les problèmes que pose, sous leurs yeux, dans le monde actuel, le développement de l'aviation.

L'étude de l'avion, les lois élémentaires d'aérodynamique que son vol met en jeu, la construction des modèles réduits et leurs essais sur le terrain, trouvent leur place dans le cadre de l'enseignement moderne. Principes abstraits et réalisations pratiques se complètent harmonieusement permettant ainsi aux jeunes d'acquérir les connaissances nécessaires pour obtenir le certificat d'initiation à l'aéronautique, premier pas, nous l'espérons, pour beaucoup d'entre eux, vers la pratique de l'aviation.



*Ingénieur en chef de la Navigation aérienne
Directeur du Service de la Formation
Aéronautique et des Sports Aériens.*

CHAPITRE I.

L'AVION

Un avion comprend en général :

I. — **LA CELLULE** dont les éléments sont :

- l'**AILE** ou surface portante (1) ;
- les **EMPENNAGES** : empennage vertical (2) et empennage horizontal (3) ;
- un **FUSELAGE** (4) ;
- un **TRAIN D'ATERRISSAGE** (5).

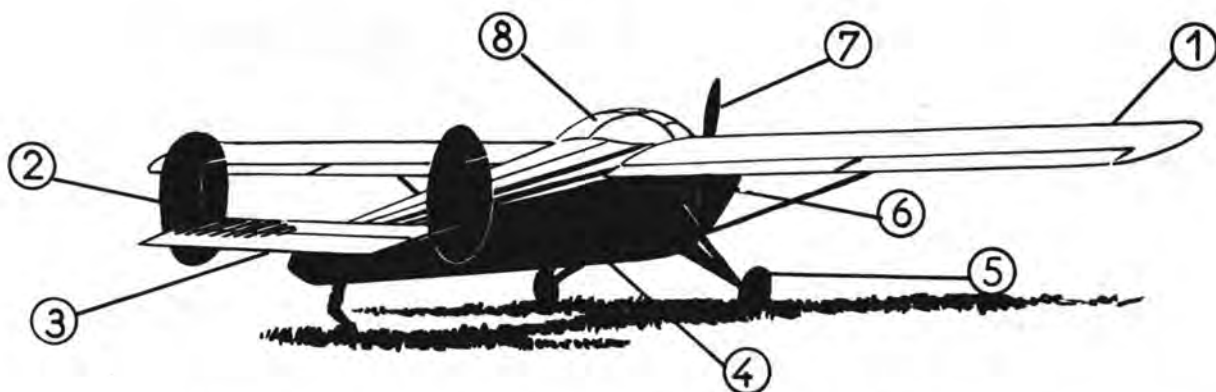


Fig. 1. — Avion monoplan vu de 3/4 arrière, sur lequel on peut voir les divers éléments numérotés.

II. — Un ou plusieurs **GROUPES MOTOPROPULSEURS** : moteur (6) et hélice (7).

III. — Le **POSTE DE PILOTAGE** (8) et éventuellement une cabine pour les passagers.

I. LA CELLULE :

A) L'AILE.

1° ROLE : l'aile donne la force destinée à « porter » l'appareil.

2° PROFIL : le profil de l'aile est la tranche verticale de cette aile obtenue en coupant l'aile dans le sens de la marche de l'avion.

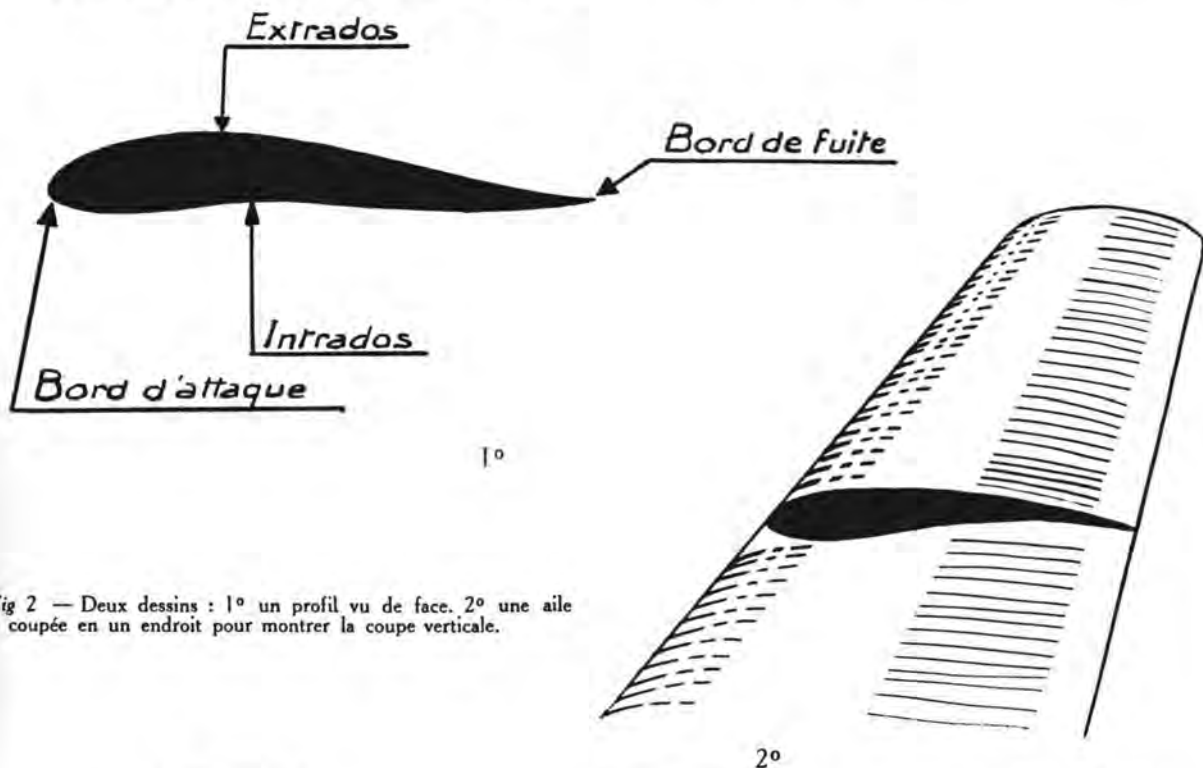


Fig 2 — Deux dessins : 1° un profil vu de face. 2° une aile coupée en un endroit pour montrer la coupe verticale.

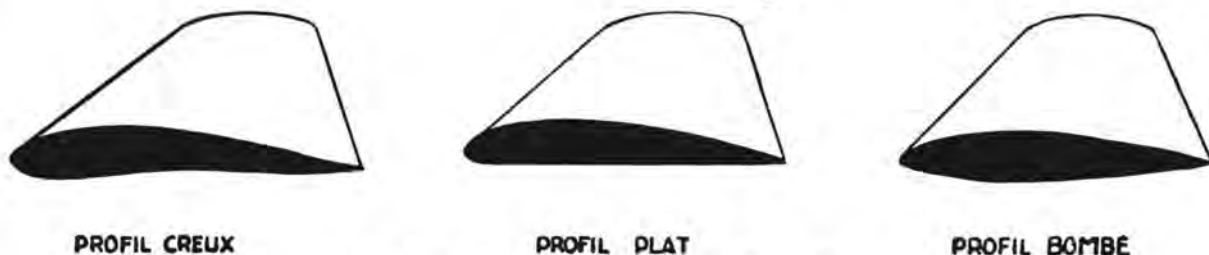


Fig 3. — Trois profils : intrados creux, plat, bombé.

L'aile, en général, se présente ainsi :

- le dessus ou **extrados** est toujours bombé ;
- le dessous ou **intrados** est creux, plat, ou bombé ;
- la partie avant ou **bord d'attaque** est arrondi ;
- la partie arrière ou **bord de fuite** est effilée.

L'ingénieur choisit dans un catalogue le profil qui convient le mieux à l'appareil qu'il veut construire : profil capable de bien « porter » pour les gros avions de transport, profil offrant peu de résistance à l'avancement pour les avions rapides.

Le choix du profil est délicat car, par exemple, l'avion de transport, gros porteur, doit être aussi rapide que possible.

Lorsque l'avion doit approcher ou dépasser la vitesse du son (1.200 km/h), la forme du profil se rapproche de celle des projectiles. (fig. 4)

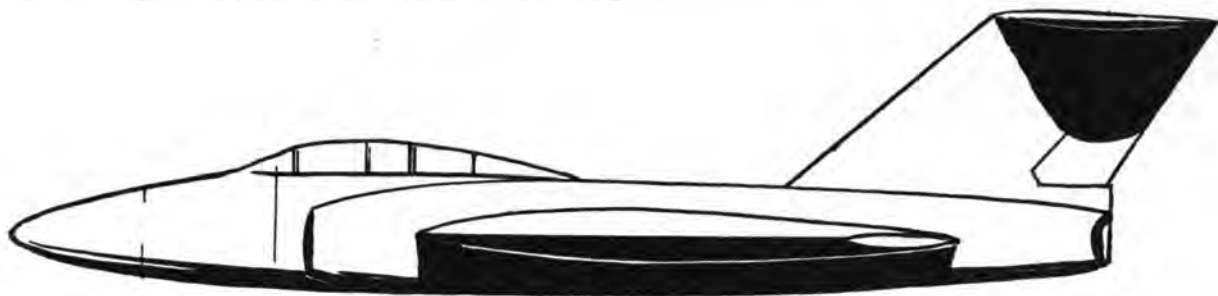


Fig 4. — Un avion à réaction, aile en premier plan ; on distingue nettement le profil.

3^o AILERONS : vers l'extrémité de l'aile, le bord de fuite est rendu mobile. Ces parties mobiles des deux ailes s'appellent **les ailerons**. (fig. 5)



Fig 5. — Fraction d'aile montrant un aileron braqué.

4^o STRUCTURE DE L'AILE : L'aile doit être légère et robuste.

Son armature est formée d'une ou de plusieurs poutres longitudinales appelées **longerons** (1) réunis par des **nervures** transversales (2) ayant la forme du profil choisi.

Cette armature est recouverte d'un revêtement en toile, en bois ou en métal (3) (fig. 6).

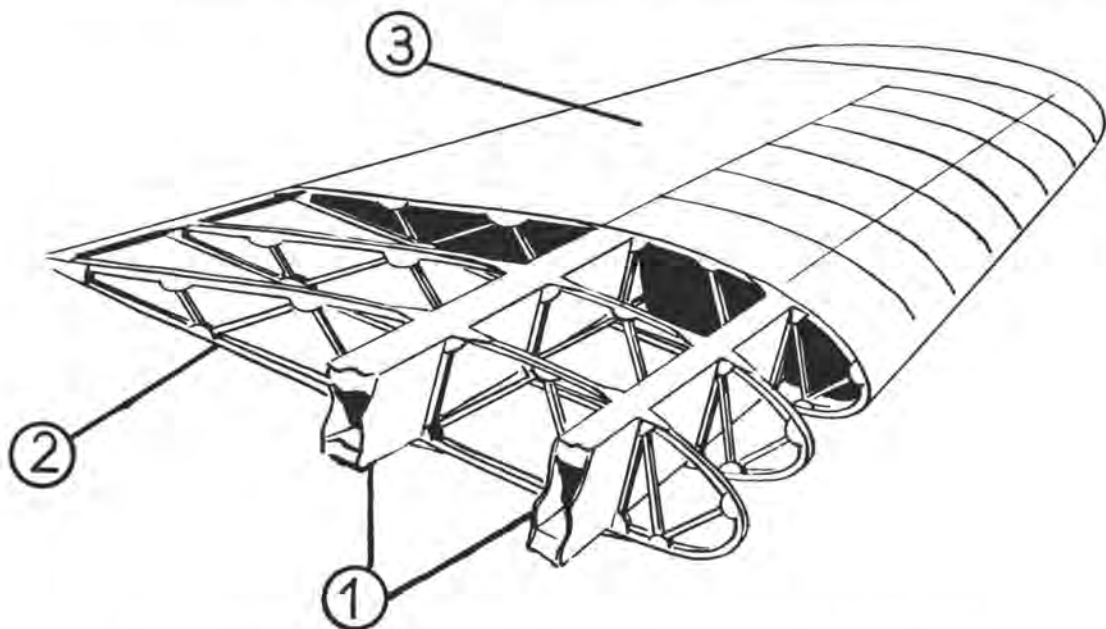


Fig. 6. — Aile en partie dévêtue, montrant les longerons (1), les nervures (2) et le revêtement (3).



Fig. 7. — Un gros avion de transport moderne en vol (Douglas DC 4).

Un gros avion de transport peut peser 100 tonnes en charge et son envergure atteindra 100 mètres. Les ailes sont alors épaisses ; on y loge les réservoirs d'essence et d'huile. Elles supportent les moteurs auxquels il est souvent possible d'accéder en vol (fig. 7).

5° DIMENSIONS DE L'AILE :

— L'**envergure** de l'aile est sa longueur ;

— La **profondeur** de l'aile est sa largeur. C'est la longueur du profil.

— L'**allongement** de l'aile est le rapport représenté par une fraction ayant pour dénominateur la profondeur moyenne de l'aile et pour numérateur son envergure. Par exemple, une aile de 15 mètres d'envergure et de 1 mètre de profondeur a un allongement de : $\frac{15}{1} = 15$.

— L'**épaisseur** de l'aile est la plus grande distance extradados-intrados du profil (fig. 8).

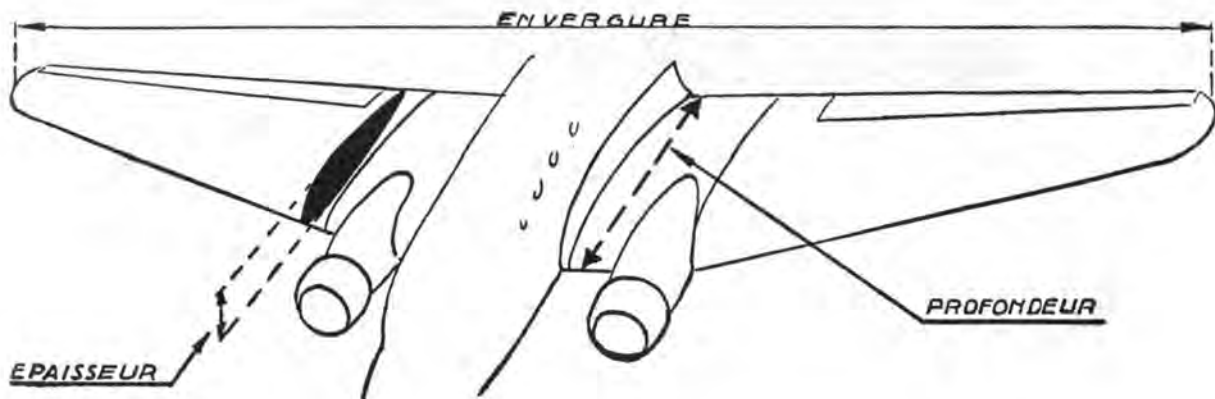


Fig. 8. — Croquis d'une aile (avec amorce de fuselage) mettant en évidence l'envergure, la profondeur et l'épaisseur.

B) LES EMPENNAGES.

Ils terminent le fuselage et se composent de :

— L'EMPENNAGE HORIZONTAL qui comprend :

a) une partie fixe, le PLAN FIXE (1) ;

b) une partie mobile, le GOUVERNAIL de PROFONDEUR (2) qui permet à l'avion de « piquer » vers le sol ou de « cabrer » vers le ciel.

— L'EMPENNAGE VERTICAL qui comprend :

a) une partie fixe, la DÉRIVE (3) ;

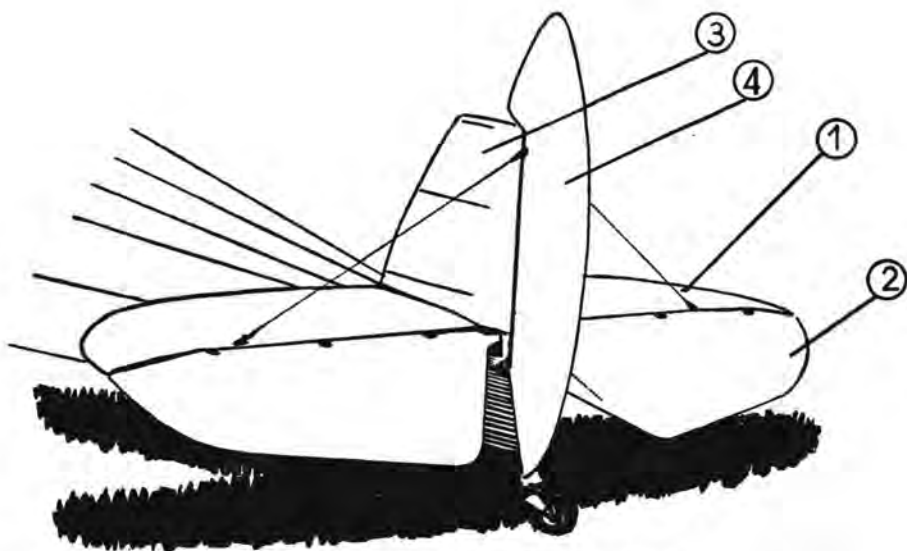


Fig. 9. — Les empennages d'un avion de tourisme.

b) une partie mobile, le **GOUVERNAIL de DIRECTION** (4) qui permet à l'avion de changer de direction dans le plan horizontal (fig. 9).

Les parties mobiles des empennages (gouvernails) ou des ailes (ailerons) servent à diriger l'avion. On les appelle les **GOUVERNES**.

C) LE FUSELAGE.

Comme l'indique son nom, le fuselage est un « **fuseau** » allongé qui rappelle, en général, la forme d'un poisson, afin de faciliter sa pénétration dans l'air. Il renferme très souvent le moteur. Il sert à loger l'équipage (poste de pilotage) (1), les passagers (2) et la charge à transporter (soutes à bagages) (3). (fig. 10)

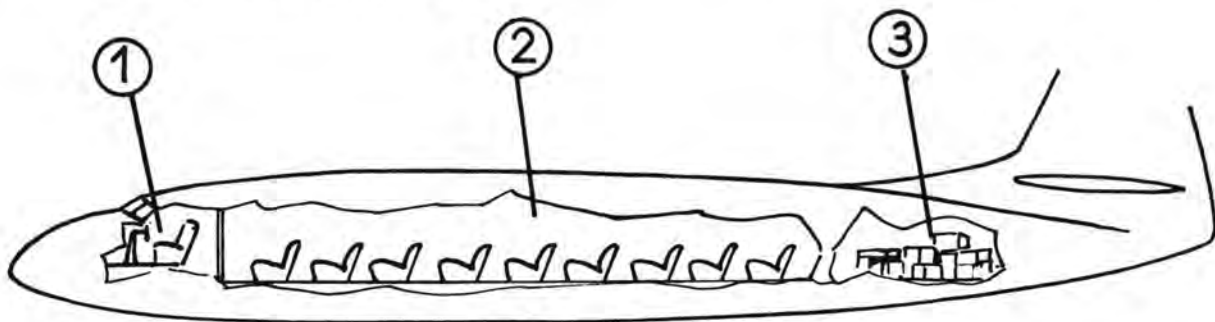


Fig 10. — Coupe simplifiée du fuselage d'un avion de transport moderne.

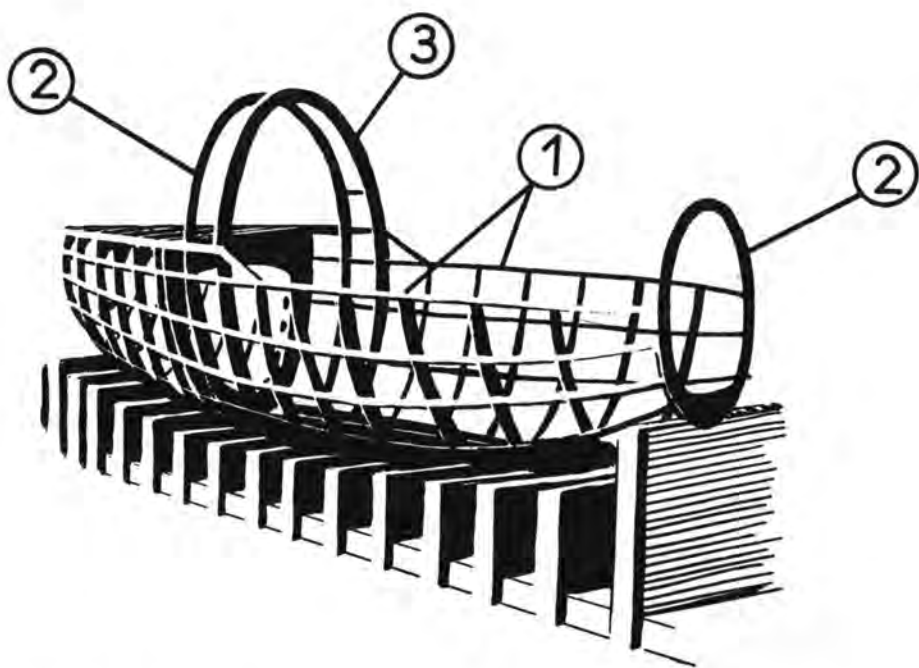


Fig 11. — Fuselage de planeur grandeur sur un chantier de montage.

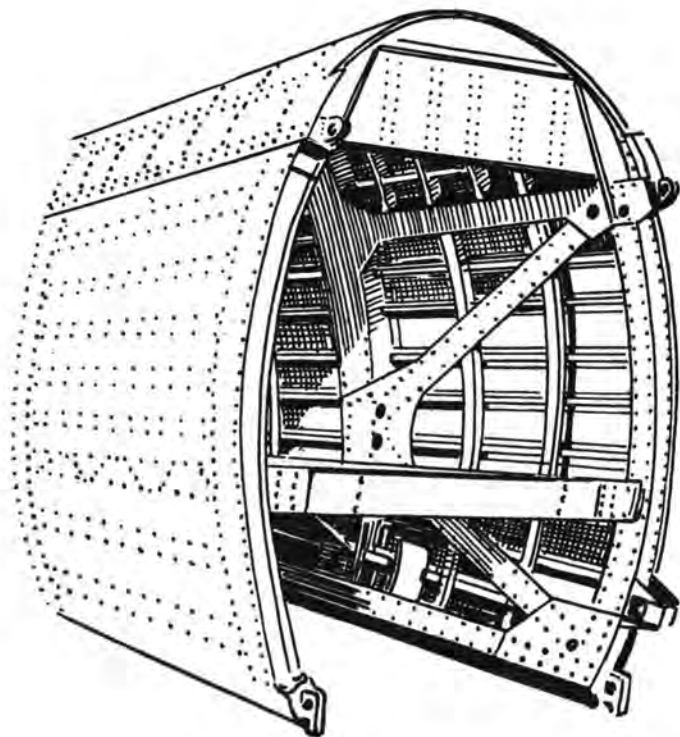


Fig. 11 bis. — Une partie du fuselage métallique d'un avion de transport.

Structure. — Comme l'aile, le fuselage est formé de LONGERONS (1) fixés sur des pièces transversales appelées COUPLES (2).

Le MAITRE-COUPLE est le couple qui présente au vent, dans le sens de la marche, la plus grande surface (3) (fig. 11 et 11 bis).

D) LE TRAIN D'ATTERRISSAGE.

L'avion roule, au départ, sur son TRAIN D'ATTERRISSAGE, afin d'atteindre la vitesse nécessaire à son décollage. Le « **train** » permet également l'atterrissage.

Il est constitué par un groupe de deux (1) ou plusieurs ROUES, munies de pneumatiques et pourvues d'une suspension élastique (fig. 12).

A l'arrière, une BÉQUILLE (3) ou une ROULETTE de QUEUE supporte le fuse-

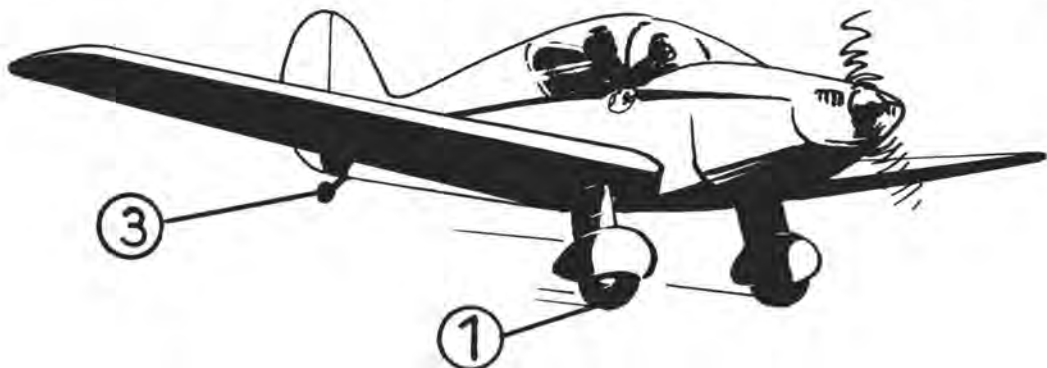


Fig. 12 — Un train d'atterrissage normal.



Fig. 13. — Un train d'atterrissage tricycle.



Fig. 14. — Un appareil en vol, train escamoté.

lage. Ce système peut être remplacé par une roue soutenant, à l'avant, le nez du fuselage (TRAIN TRICYCLE) (fig. 13).

Pour diminuer la résistance à l'avancement, les trains d'atterrissage sont « **escamotables** », c'est-à-dire qu'ils se replient pendant le vol et se logent dans le fuselage ou dans l'épaisseur des ailes (fig. 14).

Les avions qui décollent sur l'eau et s'y posent (amerrissage) sont des **hydravions**. Les roues sont remplacées par des flotteurs (1). (fig. 15).

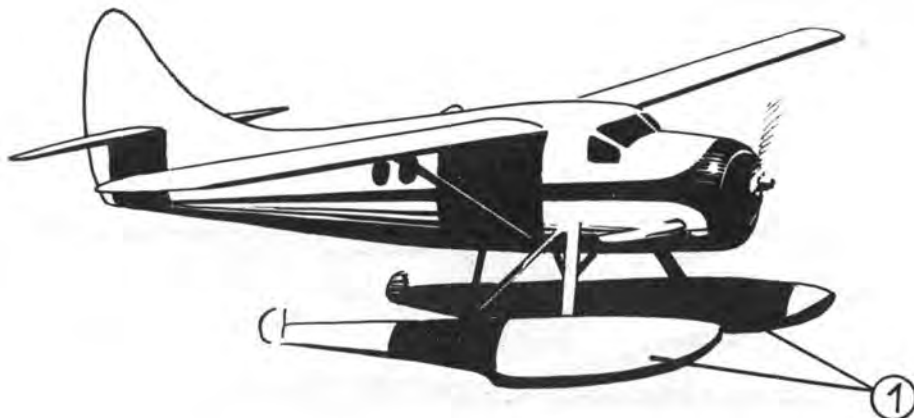


Fig. 15. — Un hydravion à flotteurs.

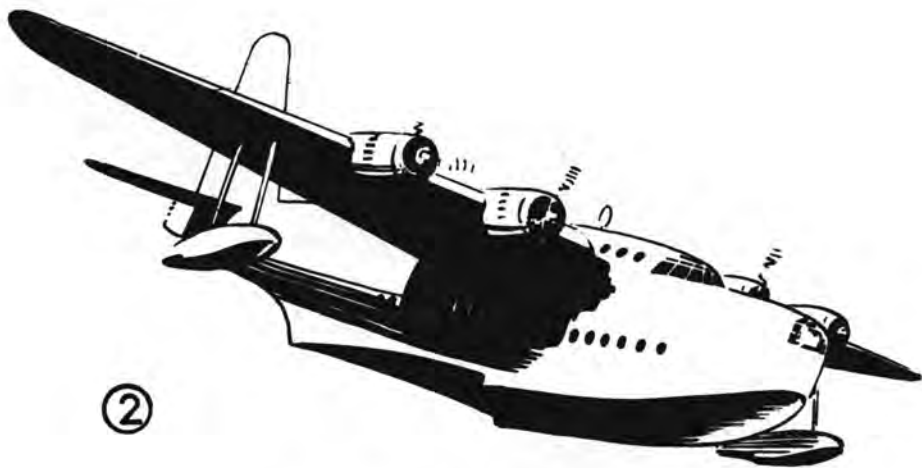


Fig. 16. — Un hydravion à coque.

Dans certains hydravions, le fuselage lui-même sert de flotteur : ce sont des hydravions à coque (2) (fig. 16).

Enfin, d'autres appareils peuvent se poser sur terre ou sur l'eau : ce sont des avions-amphibies (3) (fig. 17).



Fig. 17. — Un avion amphibie.

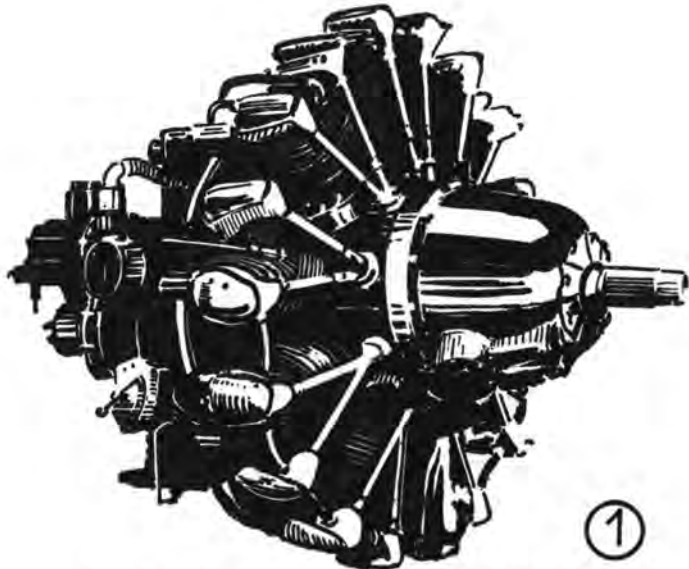


Fig. 18. — Un moteur à cylindres en étoile de 550 CV.

II. LE GROUPE MOTOPROPULSEUR

A) LE MOTEUR A HÉLICE.

C'est un MOTEUR à EXPLOSION à quatre temps, qui fonctionne suivant les mêmes principes que les moteurs d'automobiles, mais qui est à la fois plus puissant et plus léger. (Exemple : un moteur d'avion de 3,265 CV, comportant 18 cylindres disposés en double étoile ne

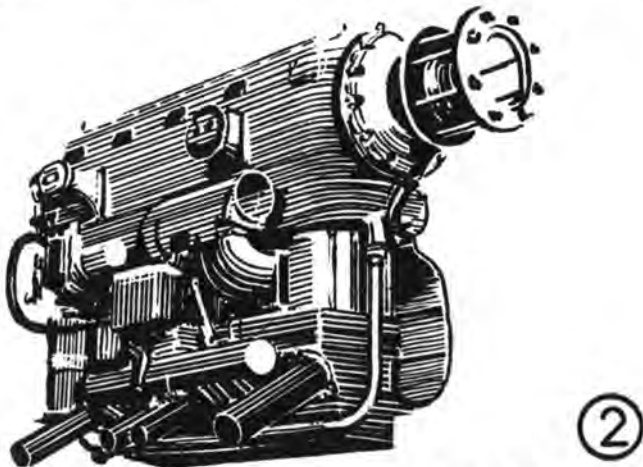


Fig. 18 bis. — Un moteur à cylindres en ligne de 105 CV.

pèse que 1.580 kg. (environ 0 kg. 5 par CV) alors qu'un moteur d'automobile de 56 CV pèse 145 kg. (environ 2 kg. 5 par CV).

Il comporte de nombreux cylindres groupés en étoile (1) ou disposés en files d'éléments assemblés en forme de V ou de H (2) (fig. 18 et 18 bis).

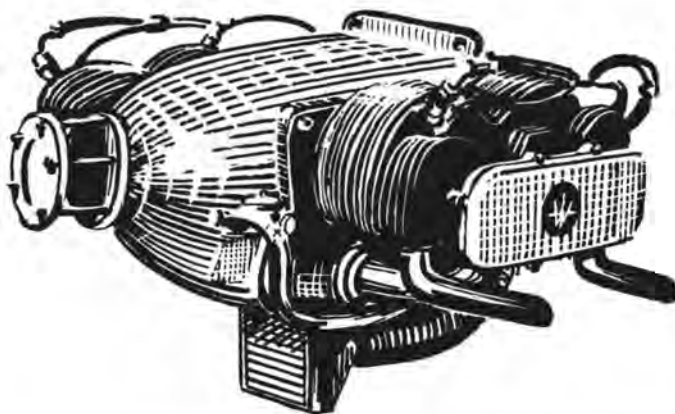


Fig. 18 ter. — Un moteur plat à cylindres opposés de 65 CV (moteur CHABAY).

L'hélice. — Longtemps construite en bois, actuellement elle est aussi construite en métal (alliage léger).

Les bras de l'hélice sont LES PALES.

Les petites hélices ont deux pales (1), mais il existe des hélices à trois (2) et même quatre pales (3).



Fig. 19. — Différents types d'hélices.

B) LE MOTEUR A RÉACTION.

Le rendement d'une hélice actionnée par un moteur à explosion devient de plus en plus mauvais lorsque la vitesse atteint une certaine valeur (environ 800 km/h).

C'est pour parer à cet inconvénient qu'on utilise le moteur à réaction sans hélice dont le rendement est d'autant meilleur que la vitesse est plus grande.



Fig. 20. — Un avion à réaction français (le « Super-Mystère »).

III. LE POSTE DE PILOTAGE

Il se trouve à l'avant du fuselage. Il renferme :

A) LES COMMANDES DE VOL.

Pour diriger l'avion et assurer le contrôle du vol, le pilote fait varier la position des GOUVERNES par l'intermédiaire des commandes de vol au nombre de deux : le PALONNIER et le MANCHE A BALAI.

— **Le palonnier** : C'est une barre horizontale que le pilote actionne avec ses pieds et qui agit sur le *gouvernail de direction*.

Le nez de l'avion se déplace du côté *du pied qui pousse* (fig. 21, 21 bis, 21 ter).

Sur beaucoup d'avions modernes le palonnier est remplacé par un jeu de pédales qui remplissent le même office tout en étant d'un usage plus pratique.

— **Le manche à balai** : Ce levier, manœuvré à la main, commande :

1° *Le gouvernail de profondeur.*

Si, dans les conditions normales de vol, le pilote tire le manche à balai vers lui, le gouvernail se soulève et l'avion amorce un mouvement de cabré (fig. 22).

Si le pilote pousse le manche à balai vers l'avant, le gouvernail s'abaisse et l'avion amorce un mouvement de piqué (fig. 22 ter).

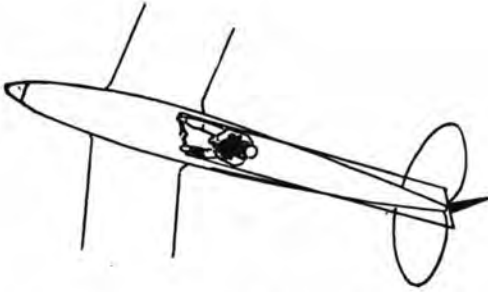


Fig. 21 — *Palonnier poussé à droite* : le nez de l'avion se déplace vers la droite.



Fig. 22. — *Manche à balai tiré* : l'avion cabre.

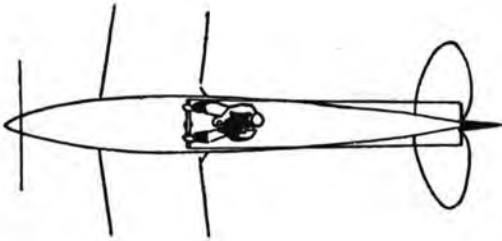


Fig. 21 bis. — *Palonnier en position neutre* : le nez de l'avion conserve une position constante.



Fig. 22 bis. — *Manche à balai en position neutre* : l'avion conserve une position horizontale.

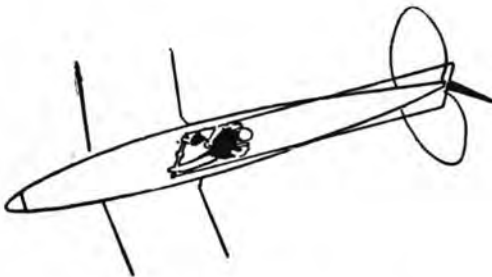


Fig. 21 ter. — *Palonnier poussé à gauche* : le nez de l'avion se déplace vers la gauche.



Fig. 22 ter. — *Manche à balai poussé* : l'avion pique.

2° Les ailerons.

Le pilote les commande en inclinant le manche vers la droite ou vers la gauche.

En inclinant le manche vers la droite, le pilote abaisse l'aileron gauche et soulève l'aileron droit. L'avion s'incline vers la droite, c'est-à-dire du côté du manche.

Sous l'effet de l'inclinaison l'avion tend à virer, mais pour que le virage s'effectue normalement le pilote doit aussi agir sur le palonnier du côté où l'appareil s'incline. La double manœuvre du manche à balai et du palonnier du côté droit, par exemple, fait donc virer l'avion à droite (fig. 23).

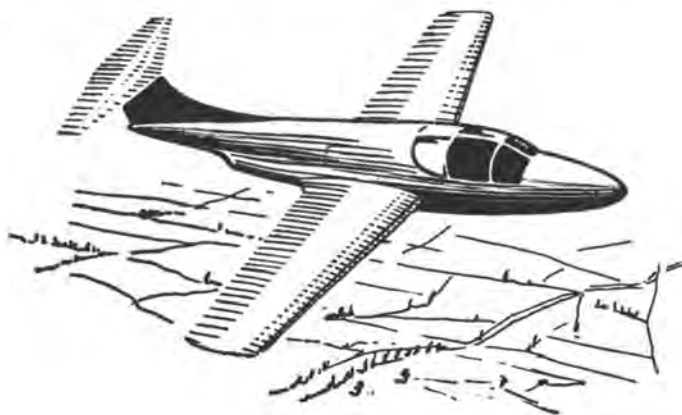


Fig. 23. — Avion en virage.

B) LE TABLEAU DE BORD qui comporte :

1° les COMMANDES (contact, manette des gaz) et les INSTRUMENTS DE CONTRÔLE du MOTEUR (compte-tours, manomètres, thermomètres) ;

2° les INSTRUMENTS de CONTRÔLE du VOL et de la NAVIGATION (anémomètre ou indicateur de vitesse, altimètre, compas de navigation, boussole, indicateur de virage...).

CHAPITRE II.

TECHNOLOGIE ÉLÉMENTAIRE DES MODÈLES RÉDUITS

I. GÉNÉRALITÉS.

A) DÉFINITION.

Le terme « MODÈLE RÉDUIT » a une signification très générale. Il peut s'appliquer à n'importe quel objet construit à une échelle plus petite que l'échelle normale d'utilisation : avions, bateaux, trains, automobiles, machines-outils, maisons...

La Fédération Aéronautique Internationale (F.A.I.) définit ainsi les réductions d'engins volants : « **Réduction d'un « aérodyne » (1) non susceptible d'emporter un être humain** ».

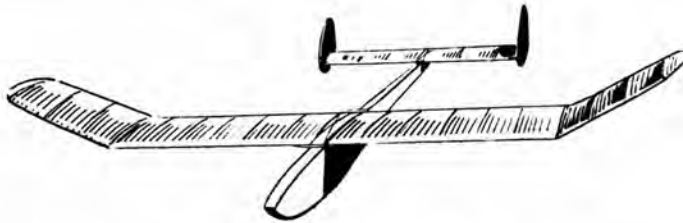


Fig. 24. — Un planeur (Mouche).

B) CLASSIFICATION.

Les modèles réduits d'appareils aériens peuvent être classés en quatre catégories :

1° Les MODÈLES VOLANTS : Ils ressemblent aux avions et aux planeurs réels par leur forme principale, mais ils n'en sont pas des réductions fidèles. Ils sont simplement des appareils souvent simples, faciles à construire et à régler, capables de donner des vols intéressants (fig. 24).

(1) Aérodyne : nom général donné à tous les engins volants plus lourds que l'air

2° Les MAQUETTES VOLANTES : Elles sont des réductions exactes d'appareils réels, construites à une échelle donnée en vue du vol. (fig. 25 et 26).

3° Les MAQUETTES FIXES : Elles sont des réductions exactes mais non volantes

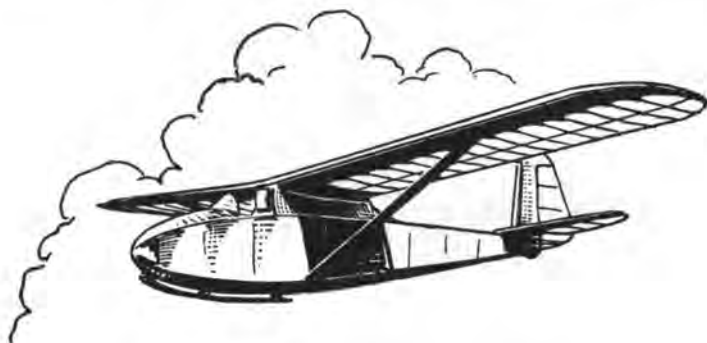


Fig. 25. — Une maquette volante de planeur



Fig 26. — Une maquette volante d'avion (Stampe).

d'appareils réels, construites à une échelle donnée, généralement en matériaux lourds et destinées à être exposées. (fig. 27).

4° Les MAQUETTES de SOUFFLERIE : Elles sont prévues pour l'étude en laboratoire d'un nouvel avion dont elles reproduisent, à échelle réduite et avec la plus grande précision, les formes et les détails. Avec des instruments spéciaux, on étudie le comportement de la maquette et les réactions de l'air sur celle-ci. On la modifie jusqu'à ce que les résultats soient pleinement satisfaisants. L'avion véritable bénéficie ensuite des données ainsi acquises.



Fig. 27. — Une maquette fixe de Super-Constellation.

C) DIFFÉRENTS TYPES DE MODÈLES RÉDUITS VOLANTS.

1° LES PLANEURS : Ce sont des appareils qui, lancés au treuil ou au renvoi (voir le paragraphe consacré aux essais en vol des modèles), peuvent voler et s'élever en utilisant la seule énergie de l'atmosphère.

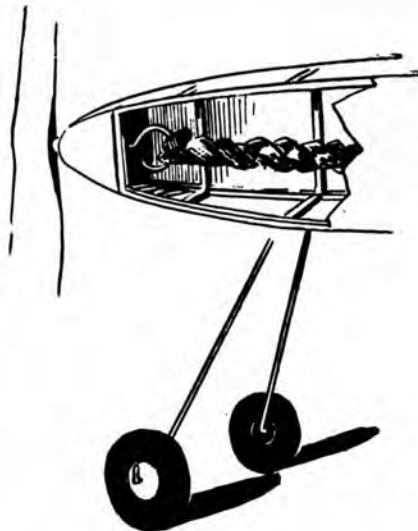


Fig. 28. — Un moteur-caoutchouc visible sur un modèle d'avion.

2° LES AVIONS : Ce sont des appareils dont l'hélice est actionnée :

a) **par un moteur-caoutchouc** : pour obtenir l'énergie nécessaire à la rotation de l'hélice, on imprime, avant le vol, une torsion à un écheveau de caoutchouc (fig. 28).

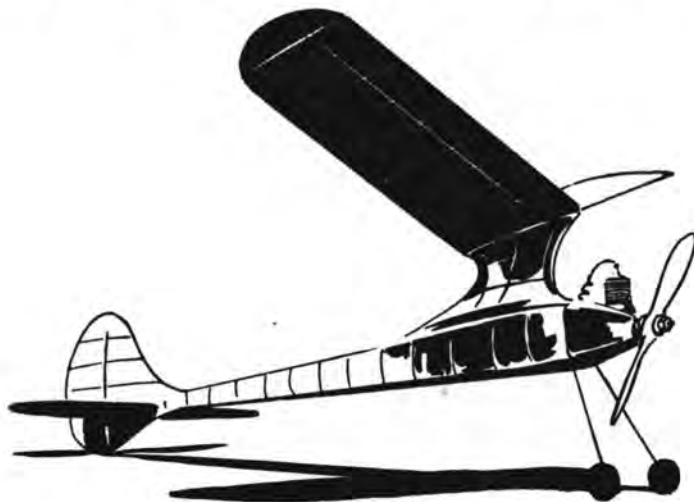


Fig. 29. — Motomodèle de vol libre.



Fig. 30. — Motomodèle de vol circulaire.

b) **par un moteur à explosion** de petite cylindrée (0,9 cm³ - 1,8 cm³ - 2,5 cm³ - 5 cm³ - 10 cm³).

Ce sont alors des motomodèles qui sont utilisés soit en vol libre (fig. 29), soit en vol circulaire (fig. 30).

c) **par une fusée.** (fig. 31).

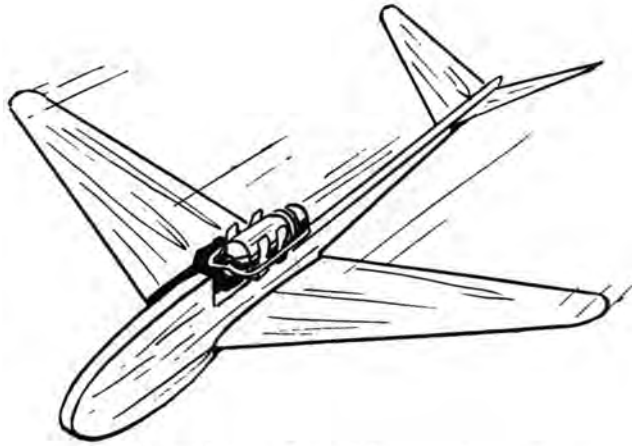


Fig. 31. — Un appareil tout bois propulsé par fusée

II. DESCRIPTION DES MODÈLES RÉDUITS

A) DIMENSIONS PRINCIPALES.

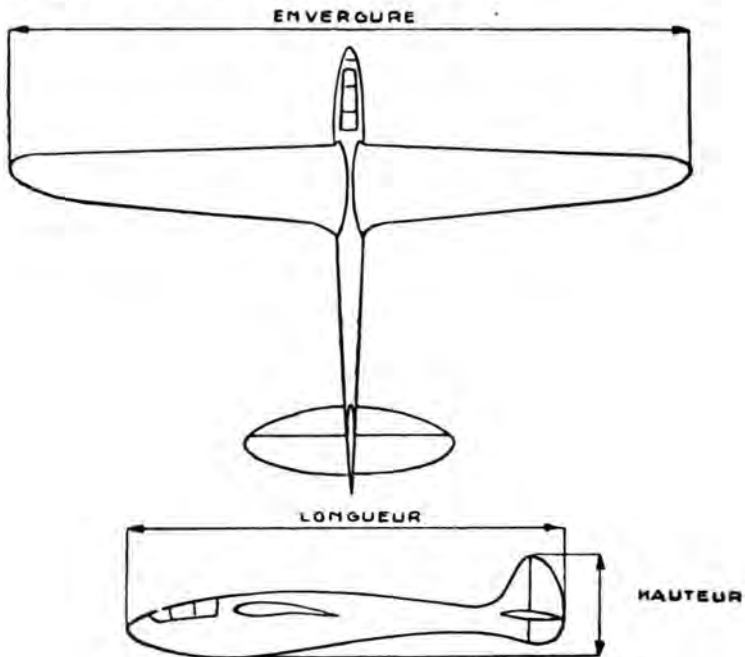


Fig. 32.

B) L'AILE.

1° PAR RAPPORT AU FUSELAGE, l'aile peut être :



« **parasol** », quand elle est dégagée au-dessus du fuselage ; (fig. 33)



« **haute** », quand elle est posée sur le dessus du fuselage ; (fig. 34)



« **médiane** », quand elle est placée au milieu du fuselage ; (fig. 35)



« **basse** », quand elle est fixée à la partie inférieure du fuselage. (fig. 36)

Fig. 33 34 35 36.

2° PAR SON MODE D'ATTACHE AU FUSELAGE, l'aile peut être :

« **haubanée** », quand elle est renforcée et soutenue par des mâts ; (fig. 37)



fig. 37.

Fig. 38.



« **en porte à faux** » (ou « **cantilever** »), quand elle est fixée uniquement par son milieu, sans supports. (fig. 38)

3° PAR SA FORME, VUE DE DESSUS, l'aile peut être :

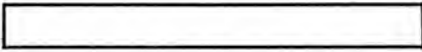


Fig. 39 rectangulaire.

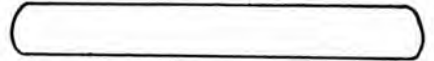


Fig. 40 rectangulaire à bords marginaux arrondis



Fig. 41 trapézoïdale à extrémités arrondies



Fig. 42 en fleche.



Fig. 43 elliptique.



Fig. 44 rectangulaire en fleche.

4° PAR SA FORME, VUE DE FACE, l'aile peut être :

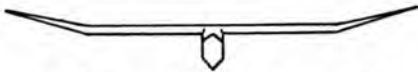


Fig. 45 à bouts relevés (dièdre en bout d'aile)



Fig. 46 en dièdre simple.



Fig. 47 en dièdre elliptique (planeur « Bourdon »)



Fig. 48 en M.



Fig. 49 en W (planeur « Sioux »)

5° PAR LE NOMBRE DE PLANS, l'appareil peut être : un monoplan (fig. 50), un biplan (fig. 51).

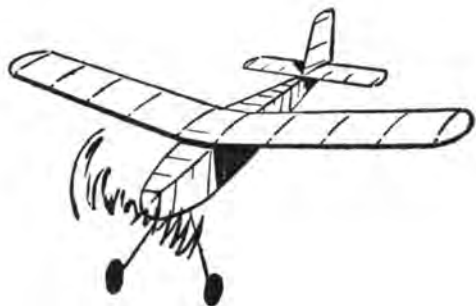


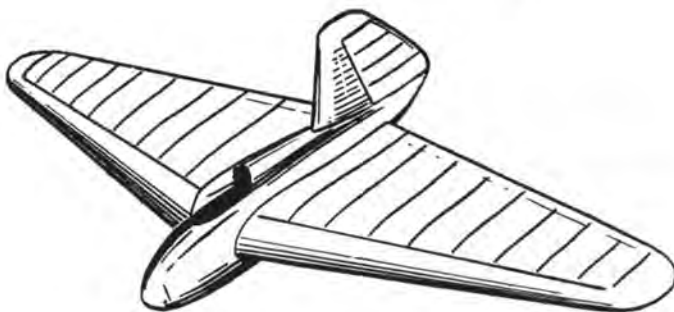
Fig. 50
monoplan ;



Fig. 51
biplan.

Lorsque l'appareil monoplan ne possède pas de plan fixe et que la longueur du fuselage est sensiblement égale à la profondeur de l'aile, l'appareil est une aile volante (fig. 52).

Fig. 52
une aile volante.



C) LES EMPENNAGES.

Les plus utilisés sont :

- 1° les **empennages monodérives** ; (fig. 53)
- 2° les **empennages bidérives** ; (fig. 54)
- 3° les **empennages en V.** (fig. 55)

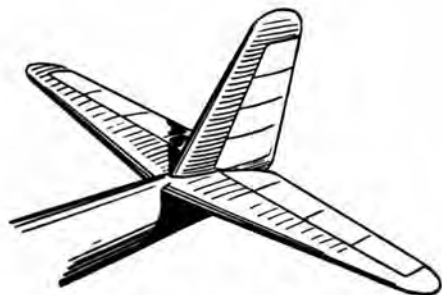


Fig. 53. — Empennage monodérive.

Fig. 54. — Empennage bidérive.

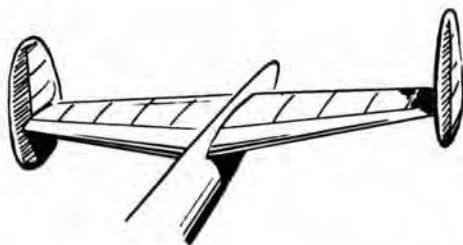


Fig. 55. — Empennage en V (« papillon »).



D) LE TRAIN D'ATTERRISSAGE.

1° **Sur les planeurs**, il se compose d'un simple **patin** en bois dur ou en contreplaqué,

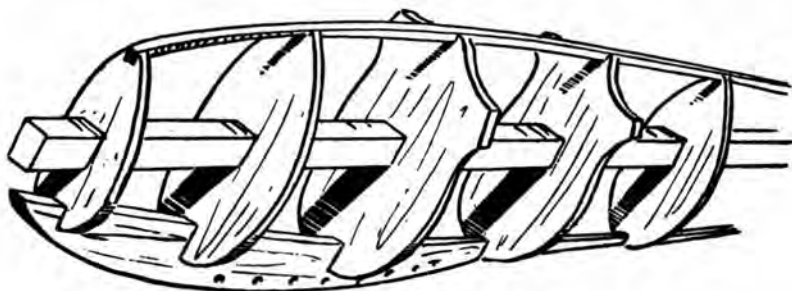


Fig. 56. — Structure de fuselage laissant voir le patin.

qui assure un atterrissage sans danger et permet la fixation du **crochet de lancement**(fig. 56).

2° **Sur les avions**, l'atterrisseur est souple, en vue d'amortir les chocs, et assez haut pour dégager l'hélice. Il comporte deux jambes en corde à piano, fixées au fuselage, et portant chacune une roue (fig. 57).

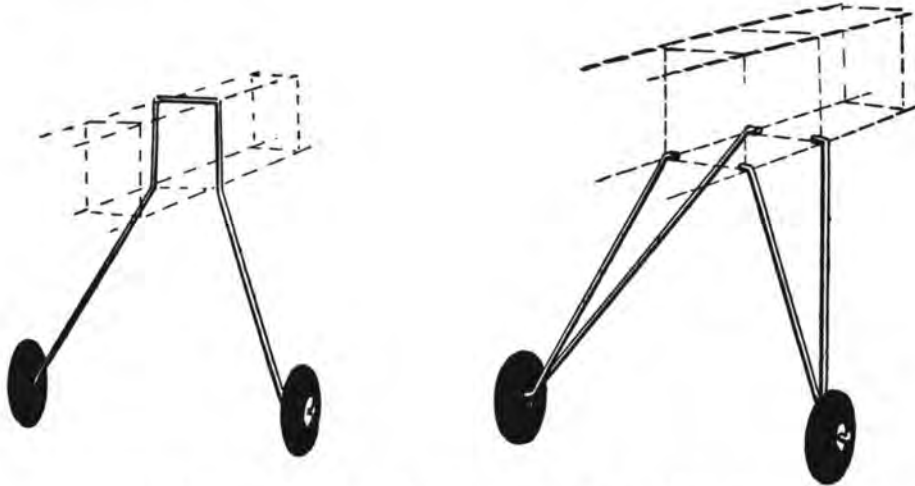


Fig. 57. — Deux types d'atterrisseurs souples en corde à piano.

E) LE FUSELAGE.

Il est caractérisé par sa forme et par sa construction. Il est possible de distinguer : (fig. 58)

1° Le **fuselage baguette**, composé d'une simple baguette de petite section.

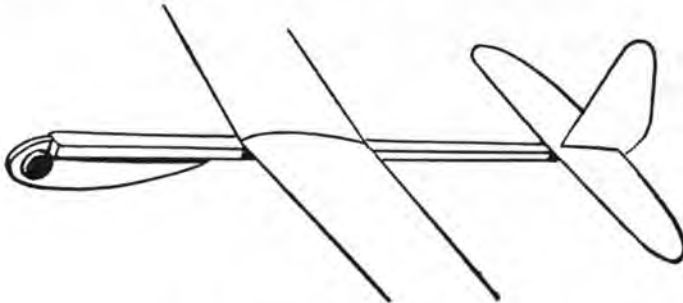


Fig. 58. — Un fuselage-baguette.

2° Les **fuselages normaux**, à cadres ou à couples, classés suivant la forme de leurs maîtres-couples :

— *fuselages à cadres*. Ceux-ci sont formés de traverses et de montants. Ils peuvent être, par exemple, rectangulaires, triangulaires,... (fig. 59 et 60)

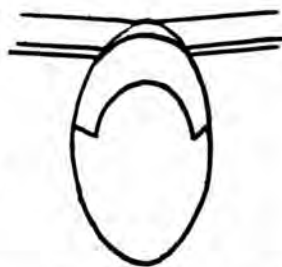
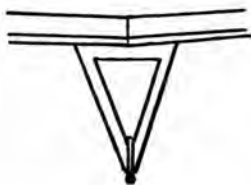
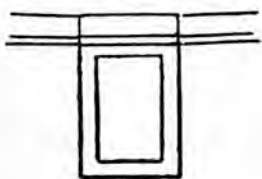


Fig. 59. — Cadre rectangulaire.

Fig. 60. — Cadre triangulaire.

Fig. 61. — Couple polygonal.

Fig. 62. — Couple ovoïde

— *fuselages à couples*. Ceux-ci sont découpés dans une planchette. Ils peuvent être, par exemple, polygonaux, ovoïdes,... (fig. 61 et 62)

Les couples sont reliés entre eux par des **longerons** et des **lisses**.

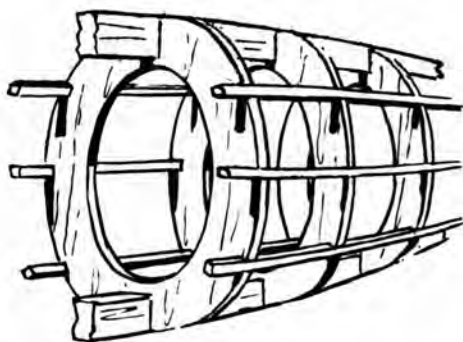


Fig. 63. — Maître-couple montrant la section des longerons et des lisses.

III. CONSTRUCTION.

A) MATÉRIAUX.

1° LES BOIS.

Le bois de pays le plus employé est le **peuplier** (densité : 0,4 à 0,5). C'est un bois blanc résistant, assez facile à travailler et peu coûteux. Il doit être très sec pour être employé en

« aéromodélisme » ; sans cela, il « travaille » et déforme les structures.

Un bois exotique est également très employé : c'est le **balsa**. Sa résistance varie avec sa densité (0,07 à 0,4). Il est tendre, facile à travailler et se colle bien, mais son prix de revient est plus élevé que celui du peuplier.

Il est possible d'utiliser aussi d'autres essences de bois, telles que **le sapin, le frêne l'aulne, le tilleul, le bambou, le rotin**. Chacun de ces bois a des qualités particulières qui justifient son emploi.

Peuplier et **balsa** sont débités en *baguettes* et en *planchettes* de faibles dimensions.

Les **baguettes** s'emploient pour les longerons d'ailes et de fuselages, les traverses, etc. Leur longueur courante est de 1 mètre. On les distingue par leur section donnée en millimètres, par exemple :

— *baguettes carrées* :

■ 1,5 × 1,5	■ 4 × 4
■ 2 × 2	■ 5 × 5
■ 3 × 3	

— *baguettes rectangulaires* :

■ 5 × 2	■ 10 × 3
■ 6 × 3	■ 10 × 2
■ 8 × 2	■ 15 × 3

Les **planchettes** peu épaisses servent à faire les nervures, les couples, les caissonnages, etc. Leur longueur courante est aussi de 1 mètre. Leur largeur est généralement de 8 centimètres. On les distingue par leur épaisseur donnée en 1/10^e de millimètre, par exemple :

▬	10/10
▬	15/10
▬	20/10
▬	30/10
	et plus.

Les planches épaisses s'emploient pour les patins, les blocs, les nez de fuselage, etc.

Le bois est un matériau peu homogène. Il est assez résistant dans le sens des fibres, mais très peu dans le sens transversal. On emploie donc parfois (patins, couples) des **bois contre-plaqués**, formés de trois feuilles, appelées **plis**, collées en croisant les fibres (fig. 64).

2° LES MÉTAUX.

L'acier est surtout utilisé sous forme de fils trempés, appelés *cordes à piano*, souples, élastiques et de haute résistance. Les cordes à piano sont livrées en tiges de 1 mètre. On les



Fig. 64. — Contreplaqué 3 plis.

distingue par leur diamètre exprimé en dixièmes de millimètre, par exemple :

10/10	20/10
15/10	30/10

On les emploie pour les crochets de lancement des planeurs, pour les attaches d'ailes et d'empennages, etc.

On les coupe avec des pinces pour les faibles diamètres (jusqu'à 10/10), à la lime ou à la meule pour les diamètres supérieurs, car les cordes à piano, très dures, ébrèchent les outils.

Le laiton, l'aluminium, le duralumin (alliage léger) sont utilisés sous forme de tubes, de rondelles, de feuilles ou de fils.

Le plomb (densité 11,3) est employé pour parfaire le centrage des appareils (**lest**).

3° MATÉRIAUX DIVERS.

— **Papier Japon.** — Il sert au revêtement des appareils. Il est léger, fibreux, résistant et capable de se tendre lors de l'opération de l'enduisage.

— **Colles et enduit.** — La colle utilisée est la *colle cellulosique* qui sèche rapidement (au minimum quatre heures suivant la température) et qui s'emploie à froid sans préparation. Elle doit être conservée dans des tubes ou des récipients hermétiquement clos car elle s'évapore très facilement.

— La *colle blanche de bureau* sert au collage du papier de revêtement sur la structure en bois.

— Pour tendre le papier de recouvrement, en boucher les pores et le rendre imperméable à l'eau, on passe au pinceau, sur le papier Japon revêtant l'appareil, une ou deux couches d'*enduit cellulosique*.

B) OUTILLAGE.

Il est possible de travailler avec peu d'outils. Il importe cependant d'avoir :

— un **CHANTIER DE MONTAGE** (c'est une planche rigoureusement plane, en bois **tendre**, d'environ 1 mètre de longueur sur 0 m. 25 de largeur) ;

- un PORTE-LAME de rasoir et quelques lames de rasoir mécanique ; (fig. 65)
- un PETIT MARTEAU ;
- une PAIRE DE PINCES ;
- une PAIRE DE CISEAUX ;
- une LIME A BOIS ;
- du PAPIER DE VERRE (n° 000 et 00) ;
- une SCIE A DÉCOUPER et une douzaine de lames ;

Fig. 65. — Un porte-lame avec sa lame montée.



— des épingles à tête, quelques pinces à linge, des bracelets de caoutchouc, une équerre, une règle graduée, un crayon bien taillé, du papier calque transparent pour protéger le plan pendant le montage de la structure de l'appareil.

C) LES PROCÉDÉS DE CONSTRUCTION.

1° L'AILE.

— Découpage des nervures :

1° Découper, dans le plan, le profil de la nervure à reproduire, et le coller sur une planchette d'épaisseur convenable, en ayant soin de respecter le sens des fibres du bois.

2° Découper cette première nervure à la lame de rasoir, en suivant le plus soigneusement possible son contour, sans mordre sur le trait, ce qui laisse une marge suffisante pour l'ajustage au papier de verre.

3° En reportant ce gabarit sur la planchette autant de fois qu'il y a de nervures semblables dans l'aile, tracer au crayon les contours des nervures.

4° Découper à la lame de rasoir les nervures ainsi dessinées, et faire, une à une s'il y a lieu, les encoches destinées à recevoir les longerons.

5° Réunir toutes les nervures en un seul bloc en les enfilant l'une contre l'autre sur deux épingles plantées dans les trous faits lors de la fixation du gabarit (piquer toujours dans les mêmes trous). (fig. 66)



Croquis 66. — Vue en perspective d'un bloc de nervures plan-convexes enfilées sur 2 épingles.

6° Egaliser à la lime et au papier de verre l'ensemble des extrados et des intrados. La première et la dernière nervure peuvent servir de guide pour l'ajustage du bloc. Les encoches sont rectifiées à la lime : s'assurer que les longerons s'y logent à frottements doux. (fig. 67)

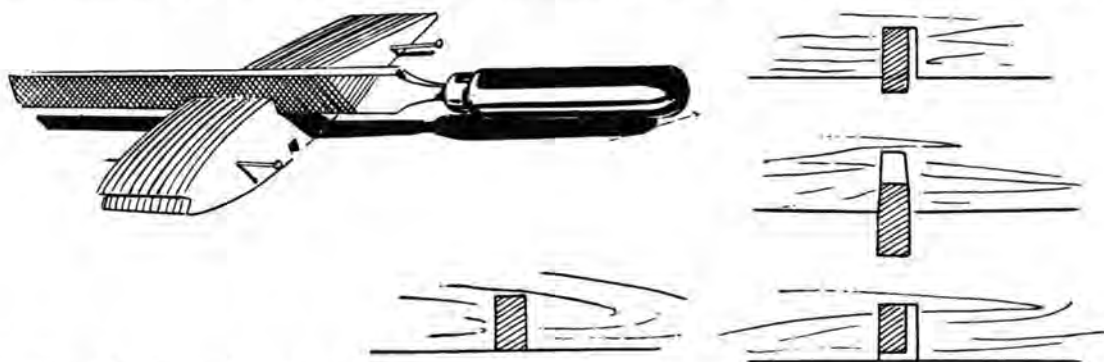


Fig. 67. — Rectification des encoches sur un bloc : entaille trop grande : bonne entaille.

BON

MAUVAIS

7° Découper aussi les autres pièces de l'aile (bords marginaux, renforts, etc.) d'après leur gabarit, de la même façon que les nervures.

Préparer également le bord de fuite généralement profilé (fig. 68) et entaillé de façon à pouvoir encastrer dans ce bord de fuite les queues de nervures. (fig. 69)

— Montage de l'Aile :

Il se fait sur le *chantier de montage*.

1° Découper le plan de l'aile dans le plan général, en laissant tout autour du tracé une marge d'un centimètre.

2° Fixer avec des punaises le plan de l'aile sur le chantier. Le recouvrir de papier-calque transparent soigneusement tendu, pour éviter la détérioration du plan au cours du travail.

3° Procéder ensuite au montage à sec des différents éléments de l'aile. Longerons, nervures, bord de fuite, bord d'attaque sont maintenus en position en les fixant de place en place

par des épingles à tête enfoncées perpendiculairement dans le chantier.

4° Toutes vérifications faites, déposer une goutte de *colle cellulosique* à tous les points

Fig. 68. — Profilage.

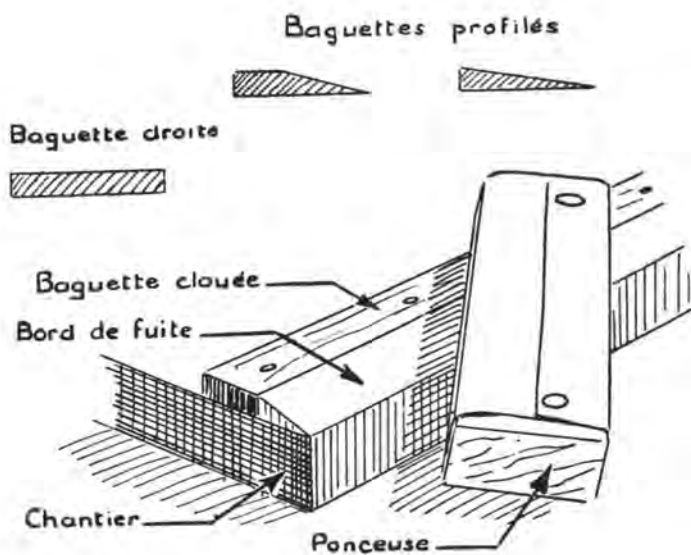
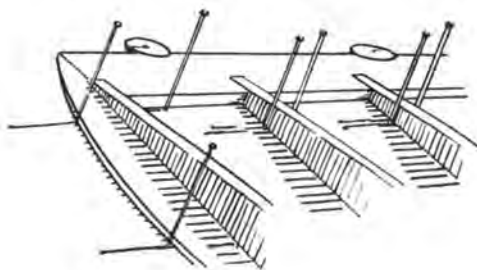


Fig. 69. — Entailles et nervures encastées.



de rencontre des baguettes et des nervures. Renforcer les collages aux endroits appelés à supporter des efforts.

5° L'établissement du **dièdre** de l'aile est une opération capitale qui doit être conduite très soigneusement en tenant compte des indications du plan (fig. 70).

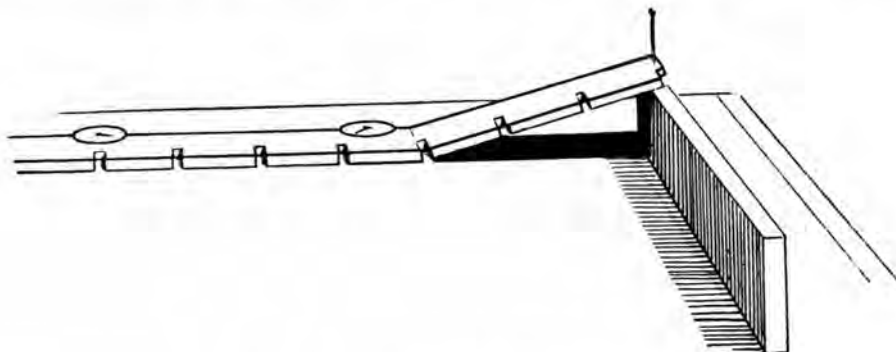


Fig. 70. — Utilisation des cales de dièdre.

6° **Remarques** : La préparation des divers éléments du **plan-fixe** et leur montage se font suivant la méthode conseillée pour la construction de l'aile (fig. 71).



Fig. 71. — Vue d'un chantier supportant une aile de « Mouche » en cours de montage.

2° LE FUSELAGE.

Après la préparation des éléments, le montage se fait sur la « *vue de côté* » pour un fuselage plat, et sur la « *vue de dessus* » pour les autres fuselages. Les procédés généraux indiqués

pour le montage de l'aile sont valables pour celui du fuselage. Il suffit de les adapter au type de fuselage à construire. (fig. 72)

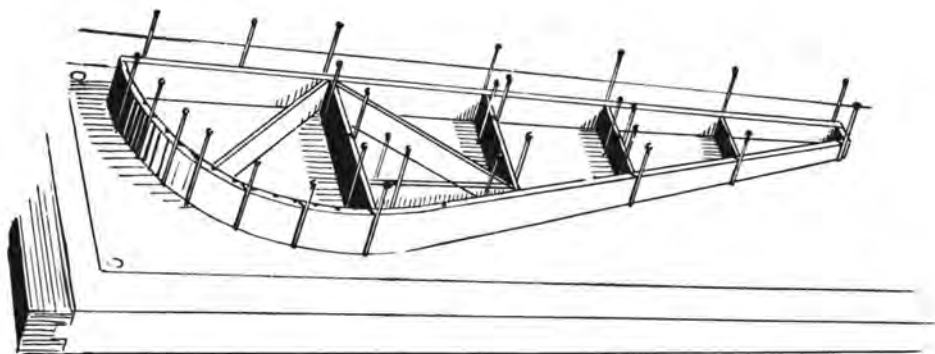


Fig. 72 — Chantier supportant un Fuselage « Mouche ».

Pour réaliser un fuselage « treillis », construire d'abord les deux flancs latéraux (« vue de côté »). Monter ensuite ces deux flancs en utilisant la « vue de dessus ». (fig. 73 et 74)

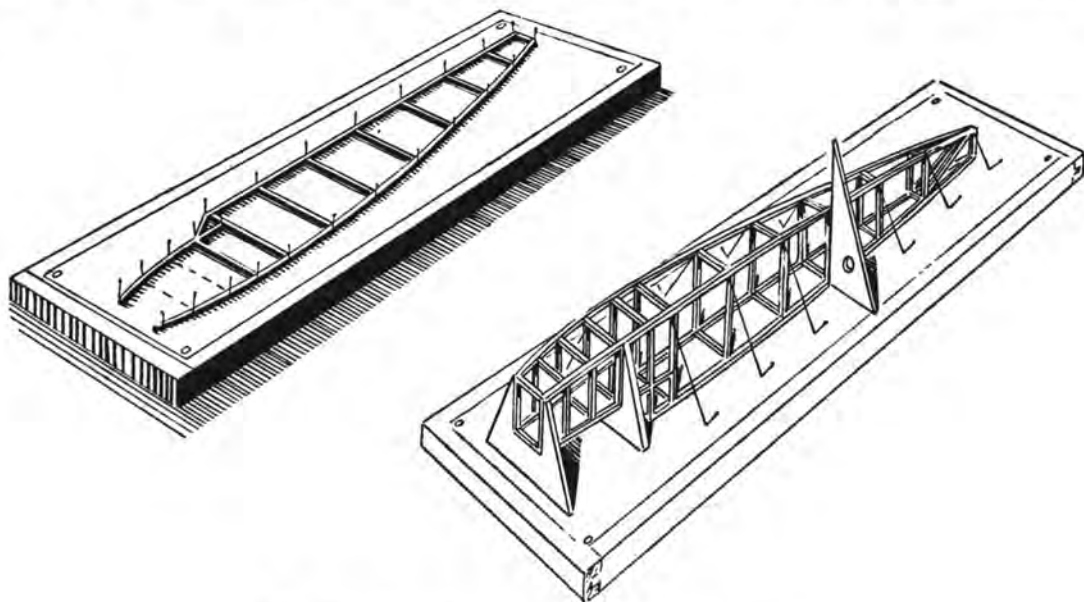


Fig. 73 et 74. — Fuselage « treillis » en cours de montage.

Lorsque le fuselage est de forme polygonale ou ovoïde (« fuselage-coque »), on le construit en deux demi-coques, en séparant par le milieu les couples dans le sens de la hauteur et en montant séparément chaque demi-coque (sur la « vue de côté »). Après séchage, les demi-coques sont assemblées puis poncées avec soin. (fig. 75)

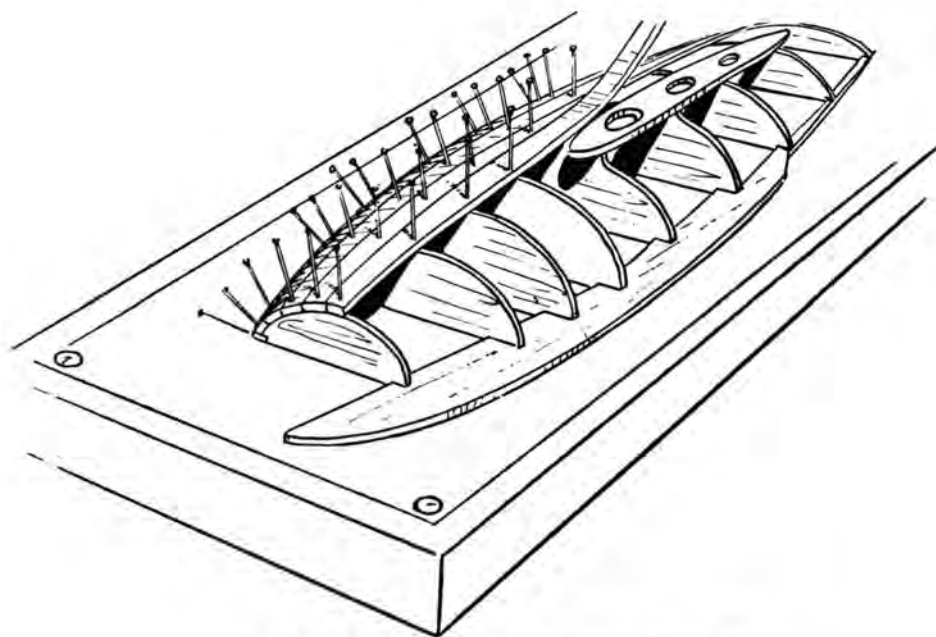


Fig. 75. — Montage d'un fuselage-coque par demi-couples.

3° L'ENTOILAGE.

Utiliser du **Papier Japon** que l'on fixe sur la structure en bois de l'aile, du plan fixe et du fuselage, avec de la COLLE BLANCHE DE BUREAU.

Exemple : recouvrement d'un plan fixe :

Tracer le contour du plan fixe en le posant sur le « **papier Japon** » dans le sens des fibres du papier et en laissant tout autour une marge d'un centimètre.

Découper en même temps les deux rectangles de papier destinés à recouvrir les deux faces du plan fixe.

Entoiler d'abord l'intrados. Avec un petit pinceau, étendre sans excès de la colle sur le bord d'attaque, le bord de fuite, les nervures extrêmes, et, très rapidement, sur les nervures intermédiaires (l'encollage des nervures rend le travail de recouvrement plus minutieux, mais il facilite les réparations en localisant les déchirures). Poser délicatement et bien à plat le plan fixe sur le papier (fig. 76).

Ensuite, le retourner et tendre le papier dans les deux sens en appuyant du doigt sur le bord d'attaque, sur le bord de fuite, puis sur les nervures, de façon qu'il n'y ait ni plis, ni tensions exagérées.



Fig. 76. — Entoilage de l'intrados d'un plan-fixe.

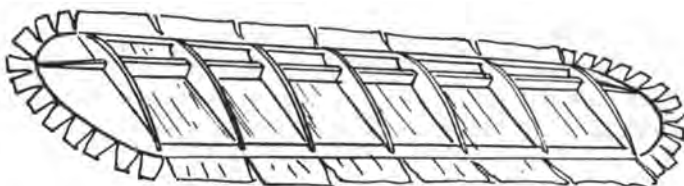


Fig. 77. — Sectionnement des marges avant leur collage.

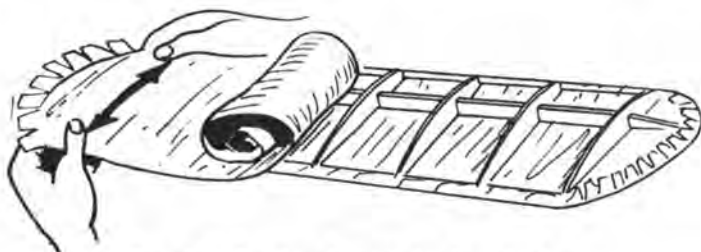


Fig. 78. — Entoilage de l'extrados d'un plan-fixe.

Couper tout autour les parties débordantes du papier en laissant une bordure de 5 millimètres. Entailler cette marge en petites sections qui sont rabattues et collées de proche en proche, afin d'éviter les plis, sur le bord d'attaque et sur le bord de fuite.

Utiliser exactement la même méthode pour recouvrir l'extrados.

4° L'ENDUISAGE.

L'**enduit cellulosique** se passe à l'aide d'un pinceau plat et souple, sans appuyer, car le papier est fragile, en évitant les dépôts locaux. Commencer par l'intrados et finir par l'extrados. Opérer dans le sens des nervures (aile, plan fixe) et dans le sens longitudinal du fuselage, sans revenir sur les parties déjà enduites.

En général, une couche d'enduit n'est pas suffisante. En passer deux, l'une derrière l'autre.

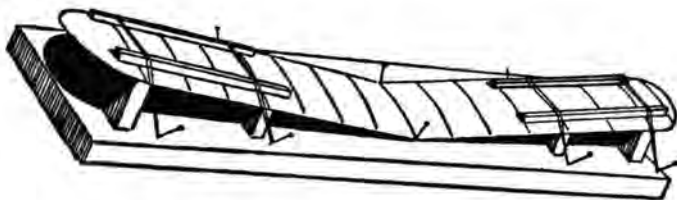


Fig. 79. — Un chantier montrant une aile mise sous cale.

Laisser sécher quelques minutes et *mettre sous cale sur le chantier* afin d'éviter les déformations. Une fois les différents éléments de l'appareil solidement fixés sur le chantier par des bracelets de caoutchouc, laisser se parfaire le séchage, toujours à l'ombre, pendant **une huitaine de jours**, avant de les « *démouler* ».

CHAPITRE III.

NOTIONS ÉLÉMENTAIRES SUR LE VOL DES MODÈLES RÉDUITS

I. GÉNÉRALITÉS.

A) NOTION DE FORCE.

Il vous est arrivé, en jouant avec des camarades, de les tirer, de les pousser, de les soulever. Vous portez votre sac d'écolier ; vous appuyez sur les pédales de votre bicyclette ; vous lancez un ballon en le frappant du pied ; vous cassez une branche d'arbre en la ployant sur votre genou (fig. 80 et 81).

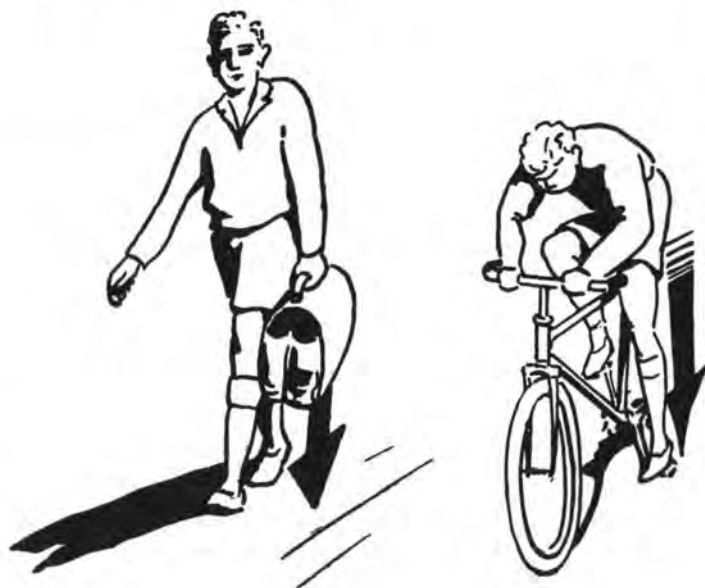


Fig. 80 - 81.

Toutes ces actions exigent des efforts musculaires. Le mot « **force** » est lié dans votre esprit à ces efforts et à leurs conséquences : déplacements de personnes ou d'objets (camarades, sac d'écolier, bicyclette, ballon) ; déformation (branche d'arbre).

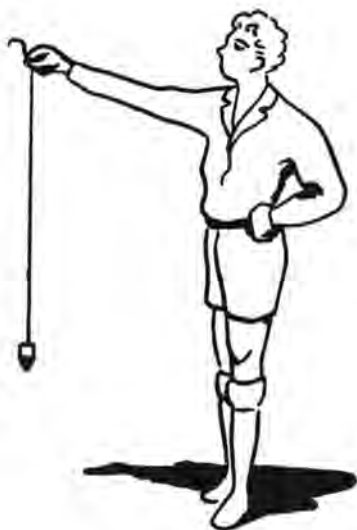
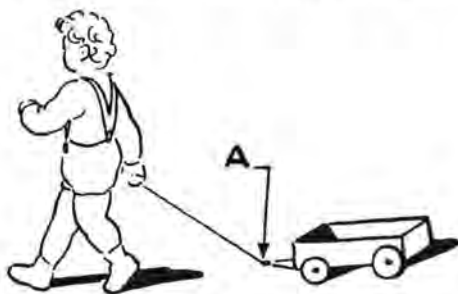


Fig. 82. — Le fil à plomb donne la direction du poids d'un corps.

Fig. 83. — La force de traction s'applique au point A.



La notion de force vous est ainsi donnée par vos efforts musculaires.

Prenons d'autres exemples : l'air met en mouvement les ailes des moulins, fait avancer les bateaux à voiles et déplace les nuages.

Un avion atterrit, sa vitesse diminue, et finalement il s'arrête : le frottement de l'air sur la surface de l'appareil, le freinage du sol sur les roues, l'action des freins eux-mêmes ont vaincu peu à peu la vitesse.

Il est donc permis de dire :

Une force est toute cause capable de provoquer le déplacement d'un corps, de modifier ce déplacement ou de déformer le corps

Les **forces sont invisibles** ; elles ne se manifestent que par leurs effets.

Une pierre qu'on lâche **tombe**. **Une force la tire donc vers la Terre**. C'est cette **force** qu'il faut vaincre pour soulever la pierre. C'est elle qui la rend **pesante**. On l'appelle le **poids** de la pierre.

Dans quelle direction s'exerce cette force ? Le **fil à plomb** vous donne la réponse :
Le poids d'un corps est une force verticale, dirigée de haut en bas. La pierre lâchée librement dans l'espace tombe en suivant exactement cette direction (fig. 82).

B) POINT D'APPLICATION D'UNE FORCE - CENTRE DE GRAVITÉ D'UN CORPS.

Un jeune enfant traîne un chariot par une ficelle attachée en un point A de ce chariot.

En le voyant, vous pensez avec juste raison que c'est au point A que la force de traction exercée par l'enfant agit sur le chariot (fig. 83).

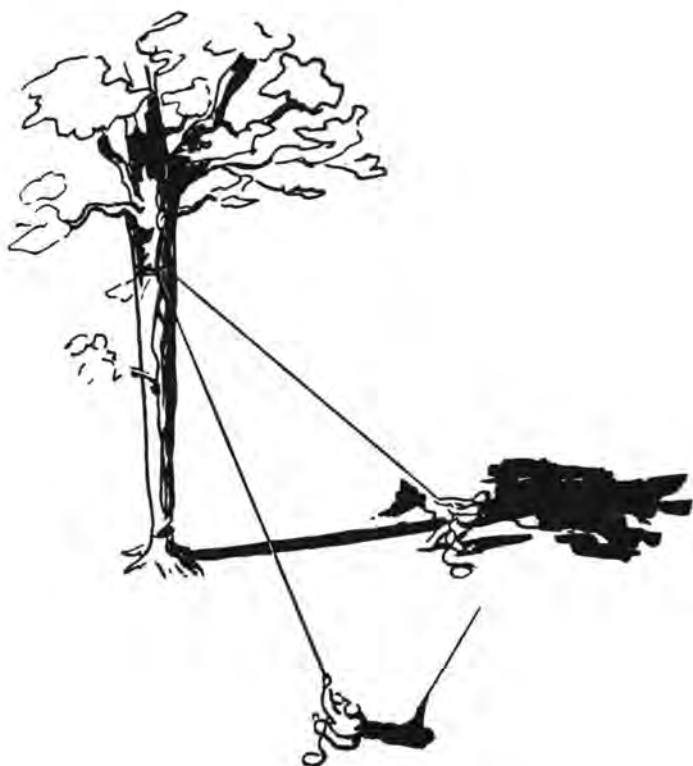


Fig. 84.

Autre exemple : deux bûcherons veulent faire tomber, dans une direction donnée, un arbre dont ils ont entaillé le pied. Ils tirent chacun sur une corde attachée en un point A de l'arbre. (fig. 84)

C'est au point A que leur force de traction agit sur l'arbre.

On dit que **A est le point où la force est APPLIQUÉE sur le solide** (chariot, arbre).
On dit encore que **A est le POINT D'APPLICATION de la force**.

Lorsque vous lâchez une pierre dans l'espace, son **poids, force invisible**, la fait tomber verticalement vers le sol, mais vous ne voyez pas, comme dans les deux exemples précédents, sur quel point de la pierre cette force s'applique. Et pourtant ce point existe dans tous les corps solides. On l'appelle le **CENTRE DE GRAVITÉ**.

Le **CENTRE DE GRAVITÉ** d'un corps solide est le **POINT OU S'APPLIQUE LE POIDS** de ce solide.



Fig. 85.

Le **POIDS** d'un corps se représente par **une flèche** ou **vecteur**. (fig. 85)

Son *point d'application* est au centre de gravité du corps (point G).

Sa *direction* est verticale.

Son *sens* est de haut en bas.

La longueur de la flèche varie suivant le poids du corps.

C) EXISTENCE DE LA RÉSISTANCE DE L'AIR.

Vous venez à l'école un jour de grand vent. Pour avancer contre celui-ci, vous devez employer toute votre force (fig. 86).



Fig. 86.



Fig. 87. — Première expérience :
existence de la résistance.

Pourquoi ? — L'air **pesant** exerce une force de pression sur la surface de votre corps et freine votre marche.

Tenez verticalement à la main et le bras tendu un rectangle de carton souple et pivotez rapidement sur vos talons (fig. 87).

Le carton se déforme comme s'il était tiré en arrière. Cette déformation est causée par la force de pression que l'air exerce sur lui. La force créée par le mouvement de votre bras est la **force de traction T**.

La force **résistante** due à la pression de l'air qui tend à tirer le carton vers l'arrière s'appelle la **trainée t**.

CONSTATATION. - Un corps qui se déplace dans l'air subit une force **résistante**, LA TRAINÉE, qui s'oppose à son mouvement, et par conséquent, à la FORCE DE TRACTION qui anime le corps.

D) MOYENS DE MESURE

Pour connaître l'action que la résistance de l'air exerce sur différents corps et pour mesurer sa valeur, on utilise une **soufflerie aérodynamique** (fig. 88).

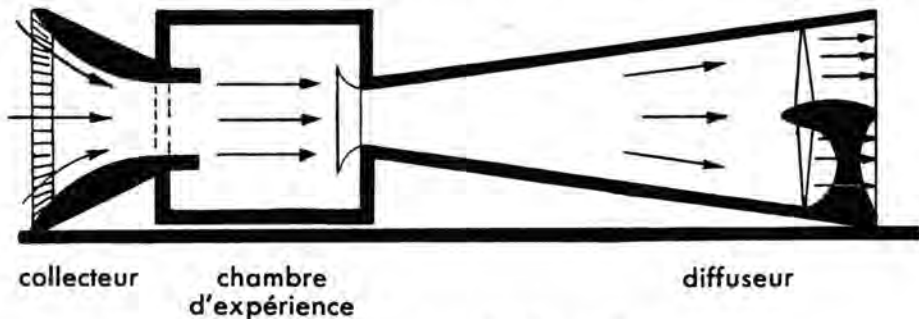


Fig. 88. — Croquis simplifié d'une soufflerie.

Le corps immobile est suspendu dans la chambre d'expérience, au centre du courant d'air régulier créé par le ventilateur.

Les mesures sont faites au moyen de la **balance aérodynamique** qui, comme son nom l'indique, permet d'**équilibrer** les effets de l'air sur le corps et d'en **peser** la valeur (fig. 89).

Il existe des petites souffleries de démonstration permettant des expériences élémentaires et des grandes souffleries industrielles dans lesquelles le courant d'air, qui peut même dépasser la vitesse de 1.200 km/h, agit sur des petits avions de grandeur réelle (les deux ventilateurs de la grande soufflerie de Modane ont 15 mètres de diamètre et sont actionnés par des moteurs d'une puissance totale de 110.000 CV).

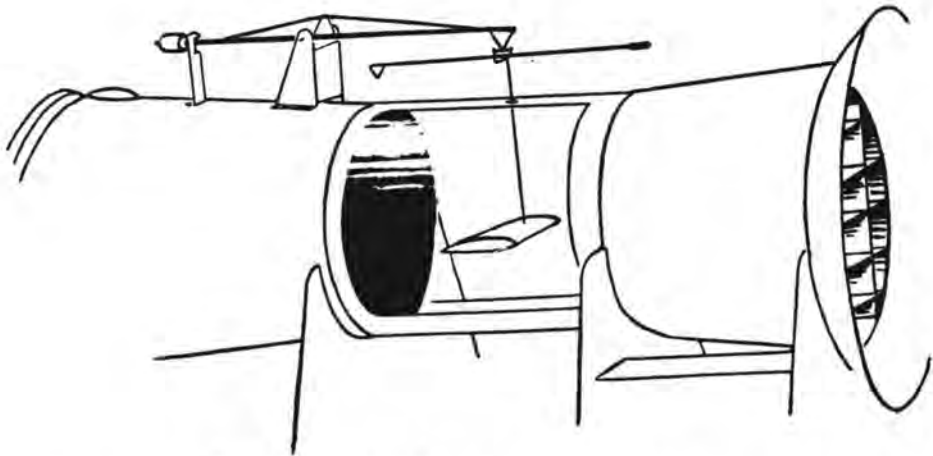


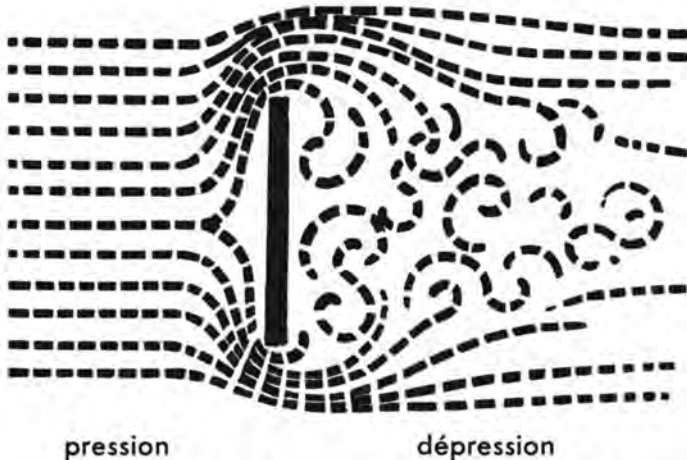
Fig. 89. — Chambre d'expérience avec balances montées.

E) CAUSES DE LA RÉSISTANCE DE L'AIR.

Par quels moyens est-on arrivé avec précision à cette conclusion ? C'est ce que nous allons vous expliquer.

1° Disposons un disque **plat** dans le courant d'air d'une soufflerie, perpendiculairement à ce courant d'air (fig. 90).

Si l'on rend visible le courant d'air par des filets de fumée, nous voyons ces filets qui s'écrasent et se rapprochent les uns des autres à l'avant de la plaque, tandis qu'ils s'en écartent



pression

dépression

Fig. 90. — Les filets d'air sont matérialisés par des pointillés.

à l'arrière, créant ainsi un vide comblé en partie par de nombreux tourbillons. C'est d'ailleurs ce qui se produit à l'arrière des piles d'un pont (violents remous) ou à l'arrière d'une automobile roulant à vive allure (tourbillons de poussière ou de feuilles mortes).

Nous pouvons donc dire qu'il y a **pression** à l'avant, et **dépression** à l'arrière de la plaque.

2^o Une plaque plane très mince suspendue parallèlement au courant d'air a tendance à se déplacer dans le sens de celui-ci. (fig. 91)

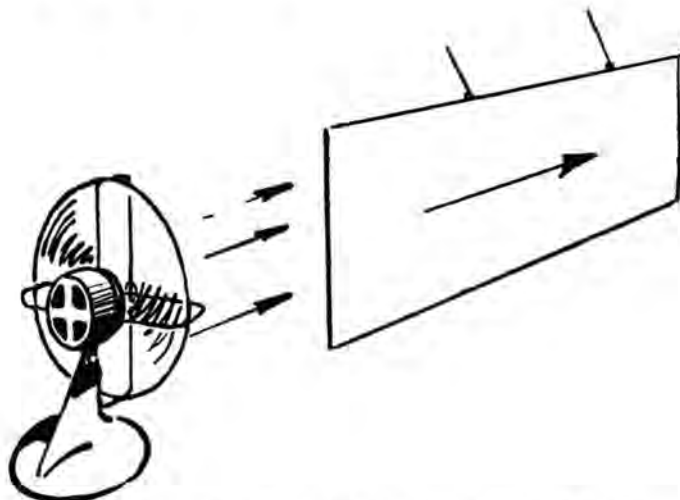


Fig. 91. — Plaque mince suspendue parallèlement aux filets d'air.

La cause de ce déplacement est le **frottement** de l'air sur la plaque.

La force résistante de l'air a donc TROIS CAUSES :

- la **pression** de l'air à l'avant du corps ;
- la **dépression** à l'arrière ;
- le **frottement** de l'air sur le corps.

F) VARIATION DE LA RÉSISTANCE DE L'AIR.

1^o AVEC LA SURFACE

Vous allez refaire l'expérience précédente, mais en tenant cette fois-ci, à la main et toujours perpendiculairement au sol, un rectangle de carton dont les dimensions seront doublées.

En pivotant sur vos talons, vous sentirez, dans votre bras, une augmentation de résistance.

Des mesures précises ont établi que, la vitesse restant la même, la résistance de l'air devient deux, trois ou quatre fois plus forte quand la surface du corps devient elle-même deux, trois ou quatre fois plus grande, et réciproquement. (fig. 92)

LOI. - La force résistante de l'air varie comme la surface du corps.



Fig. 92. — Deuxième expérience : influence de la surface.

Fig. 93. — Troisième expérience : influence de la vitesse.

2° AVEC LA VITESSE.

Recommencez à nouveau l'expérience, avec le même rectangle de carton.

Pivotez lentement : vous ressentez une faible résistance.

Pivotez rapidement : la résistance augmente beaucoup et, pour la vaincre, vous avez besoin de fournir un très gros effort. (fig. 93)

La force de résistance de l'air varie donc avec la vitesse du corps.

Des expériences contrôlées avec précision ont permis d'établir, par exemple, que pour

une même surface, si la résistance est égale à 5 kg. lorsque la vitesse est 10 km/h, cette résistance devient :

— 500 kg. pour une vitesse de 100 km/h, c'est-à-dire pour une vitesse 10 fois plus grande ($5 \text{ kg.} \times 10 \times 10$) ;

— 50.000 kg. pour une vitesse de 1.000 km/h, c'est-à-dire pour une vitesse 100 fois plus grande ($5 \text{ kg.} \times 100 \times 100$).

LOI. - La force résistante de l'air varie comme le CARRÉ de la vitesse.

En somme, quand la vitesse du corps est multipliée par 10, la **résistance** de l'air est multipliée par « **10 × 10** », c'est-à-dire le **carré** de 10. Quand la vitesse du corps est multipliée par 100, la **résistance** de l'air est multipliée par « **100 × 100** », c'est-à-dire le **carré** de 100.

3° AVEC LA FORME.

Regardez autour de vous :

Les oiseaux : ils ont une forme de *fuseau* d'autant plus fin qu'ils volent plus vite (ex. : le martinet) ; (fig. 94)

Les poissons : ils évoluent dans l'eau qui, comme l'air, est un fluide, et leur corps, arrondi à l'avant, effilé à l'arrière, a sensiblement la forme d'un *fuseau* (fig. 95).



Fig. 94.



Fig. 95.

La forme des **dirigeables**, des **trains modernes** soigneusement carénés, des **automobiles actuelles**, tend à se rapprocher le plus possible de celle du *fuseau* dans le but de faciliter leur glissement dans l'air en évitant la formation de remous nuisibles à leur vitesse.



Fig. 96. Un dirigeable



Fig. 97. — Train moderne.



Fig. 98. — Automobile moderne.

Les avions n'échappent pas à cette nécessité.

Les ingénieurs affinent de plus en plus la forme des appareils et donnent un beau poli à leur surface. Il s'agit, là aussi, de réduire le plus possible **la résistance à l'avancement**



Fig. 99. — Avion C3.

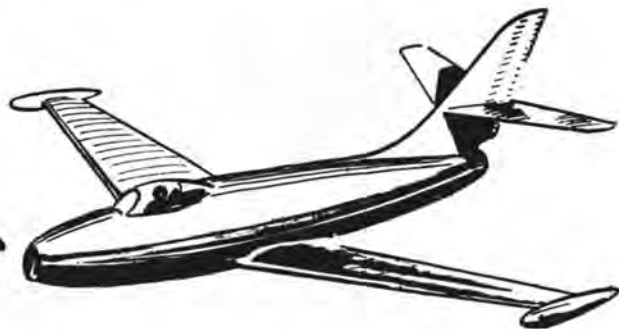


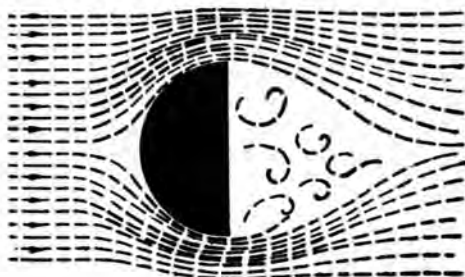
Fig. 100. — Avion moderne.

qui absorbe inutilement une partie de la puissance du moteur.

Comment cette possibilité de diminuer la résistance de l'air est-elle apparue ?

Nous avons vu, dans le paragraphe précédent, que l'air s'entasse à l'avant du disque placé perpendiculairement dans le courant d'air.

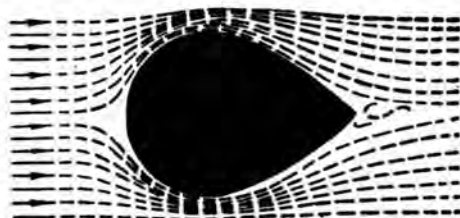
Ajoutons successivement :



a) Une demi-sphère à l'avant du disque.
Les filets de fumée nous montrent que la pression à l'avant a presque disparu.



b) Une demi-sphère à l'arrière du disque.
Les filets de fumée nous montrent que la dépression à l'arrivée a diminué partiellement.



c) Comblons alors en totalité la zone de dépression.
Les filets de fumée nous montrent que l'écoulement de l'air s'est nettement amélioré, d'où une très **faible résistance de l'air**.

Fig. 101, 102, 103.

Nous avons ainsi obtenu un **corps fuselé** (ou profilé)

LOI. - La force résistante de l'air varie avec la forme du corps.

FORMULE. - Une formule générale permet de résumer les trois lois que nous venons d'énoncer.

En appelant :

R la **force résistante** de l'air,

K une valeur particulière variant suivant la **forme** d'un corps,

S la **surface** de ce corps,

V sa **vitesse**,

nous pouvons établir la **formule générale de la résistance de l'air** :

$$R = K \times S \times V^2$$

4° AVEC L'ORIENTATION.

Vous allez recommencer votre première expérience, celle que vous avez faite en pivotant rapidement sur vos talons, et tenant à la main, le bras tendu, votre petit rectangle de carton.

Vous savez déjà que si votre carton est tenu perpendiculairement à la direction de votre mouvement, il subit une pression ou force résistante t (traînée), dirigée vers l'arrière et qui s'oppose à la force de traction T que lui imprime votre déplacement.

Si, à présent, vous déplacez le carton en le maintenant horizontal, la force résistante t (traînée) devient très faible (fig. 104).



Fig. 104. — Quatrième expérience : influence de l'orientation.



Fig. 105. — Cinquième expérience : influence de l'angle d'attaque.

Enfin, si vous pivotez en donnant à votre carton une position intermédiaire faisant avec la direction de votre mouvement un angle a qu'on appelle **angle d'attaque**, vous sentez bien que la force résistante t (traînée) existe encore, mais en même temps, votre bras se trouve soulevé (fig. 105).

L'air **porte** le carton. Cette force nouvelle P s'appelle la **portance**.

La **force résistante** de l'air, qui était une force nuisible quand vous teniez votre plaque

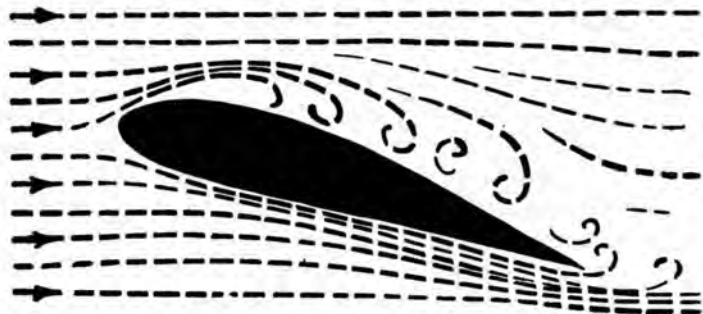
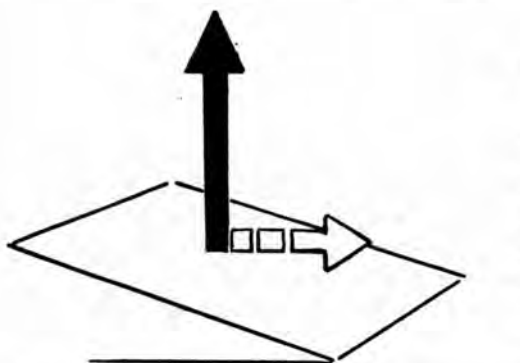


Fig. 106. — Flèche noire : portance ; flèche pointillée : trainée.

Fig. 107. — Pression sur l'intrados, dépression sur l'extrados du profil.

de carton perpendiculairement au courant d'air, devient une force utile quand vous lui donnez un léger **angle d'attaque** par rapport à votre mouvement.

C'est que cette **force résistante** s'est décomposée en deux forces : la **force de portance**

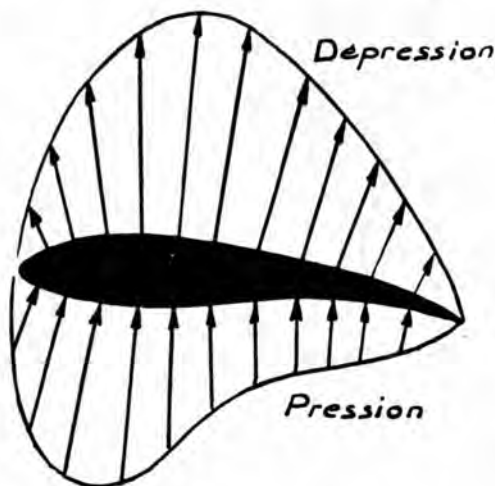


Fig. 108. — Schéma des forces de pression et de dépression agissant sur un profil.

qui tend à soulever votre plaque, et la force de résistance ou **traînée** qui s'oppose à son avancement dans l'air (fig. 106).

La force de portance est donc celle qui permet le vol.

Il faut donc que l'aile d'un appareil soit construite de manière à produire un **maximum de portance** (force utile) et un **minimum de traînée** (force nuisible).

De nombreuses expériences faites en soufflerie ont permis de déterminer :

1° La **forme du profil** de l'aile.

2° Qu'il existe une **pression** sur la partie inférieure (intrados) du profil et une **dépression** environ 4 fois plus forte sur la partie supérieure (extrados). Ces deux forces, agissant dans le même sens, s'ajoutent (fig. 107).

3° Que les **forces de pression et de dépression** sont plus fortes sur le **premier tiers avant** du profil (fig. 108).

Chaque point du profil est soumis à une force. C'est donc une multitude de petites forces qui agit sur le profil. Pour faciliter les calculs, il est plus commode d'avoir une force unique qui est la somme de toutes les petites forces : la **résultante aérodynamique**, dont le **point d'application**, situé environ au **premier tiers avant** du profil, s'appelle le **centre de poussée** (fig. 109).

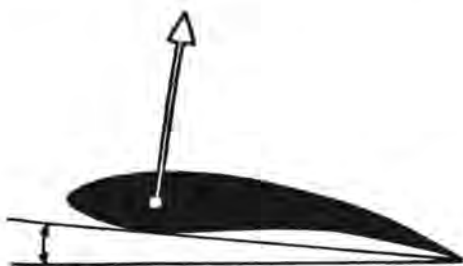


Fig. 109. — Résultante aérodynamique s'appliquant au centre de poussée.

II. VOL DU PLANEUR.

a) **Forces en jeu** (fig. 110).

Un planeur vole suivant une trajectoire plus ou moins inclinée vers le sol, à une **vitesse** qui dépend de son poids. Il est soumis aux deux forces, **portance** et **traînée**, avec lesquelles vous venez de faire connaissance.

b) **Finesse**.

L'une des qualités principales d'un planeur est de « *tenir l'air* » le plus longtemps possible, par vent nul et en dehors de toute ascendance. C'est ce que l'on appelle la **finesse** du

planeur. Il ne s'agit pas de la beauté de ses lignes, de la finesse de sa silhouette, mais de l'une de ses **qualités de vol**.

Pour connaître la **finesse** de votre modèle réduit, il vous suffit de choisir un endroit vaste,

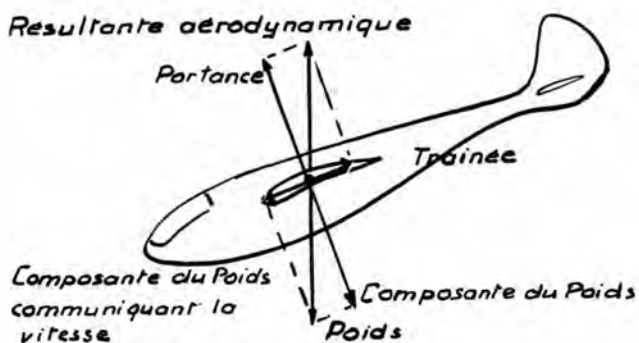


Fig. 110. — Forces en jeu dans un planeur en vol plané.

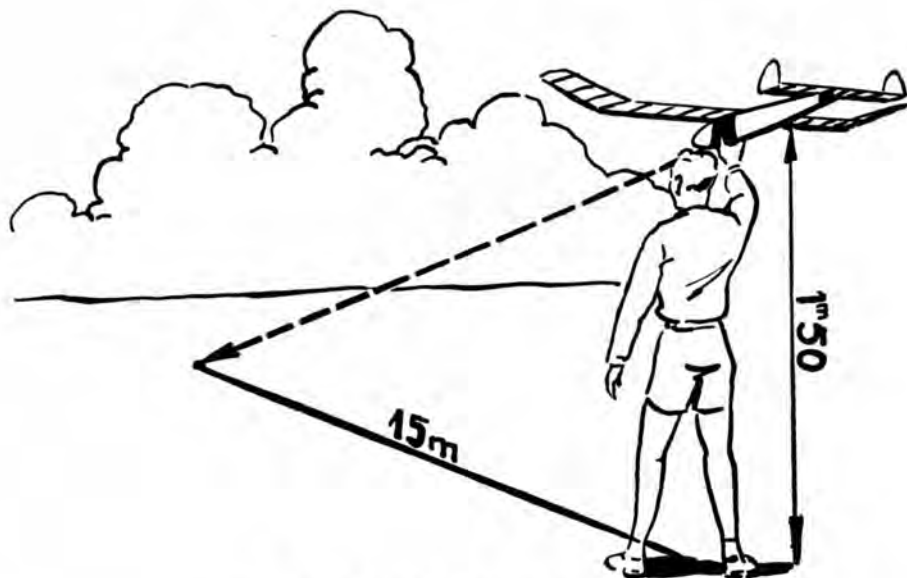


Fig. 111. — Calcul de la finesse d'un planeur.

calme et bien abrité. Vous lancez à la main votre planeur en mesurant la **hauteur de lancement**, puis la **distance horizontale** qu'il a parcourue. Vous **divisez** alors cette distance par la hauteur de lancement. Le **quotient** de la division indique la **finesse** du planeur. On peut résumer celle-ci par une formule : (fig. 111)

$$\text{finesse} = \frac{d}{h}$$

Par exemple, si votre planeur, lancé d'une hauteur de 1 m. 50, parcourt une distance horizontale de 15 mètres, sa **finesse** est : $\frac{15}{1,5} = 10$.

La **finesse** des modèles réduits varie de 6 à 12.

c) Stabilité.

Deux élèves, A et B, aussi forts l'un que l'autre, tirent chacun, en sens opposé, sur l'extrémité d'une corde (fig. 112).

Ils ne se déplacent pas. L'**action** de l'élève A est égale à la **réaction** de l'élève B. Leurs deux forces **égales** et **opposées** s'annulent. Elles sont **en équilibre**.

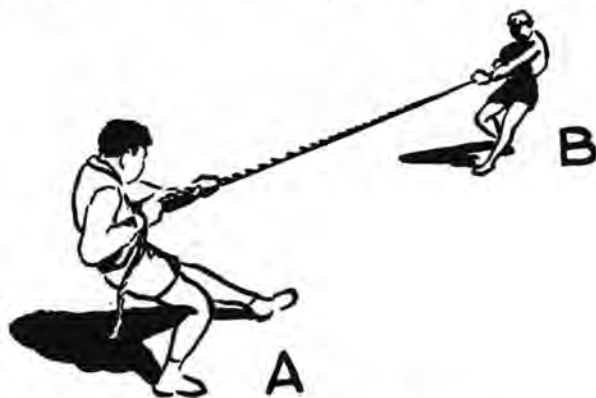


Fig. 112. — Equilibre de deux forces.

L'équilibre est stable si un corps écarté de sa position d'équilibre y revient de lui-même (1) (fig. 113).

L'équilibre est instable si un corps écarté de sa position n'y revient pas de lui-même mais au contraire s'en écarte davantage (2).

L'équilibre est indifférent si un corps reste en équilibre quelle que soit sa position (3).

Votre planeur doit être en **équilibre stable** : écarté de sa position normale de vol par une perturbation, il doit y revenir de lui-même.

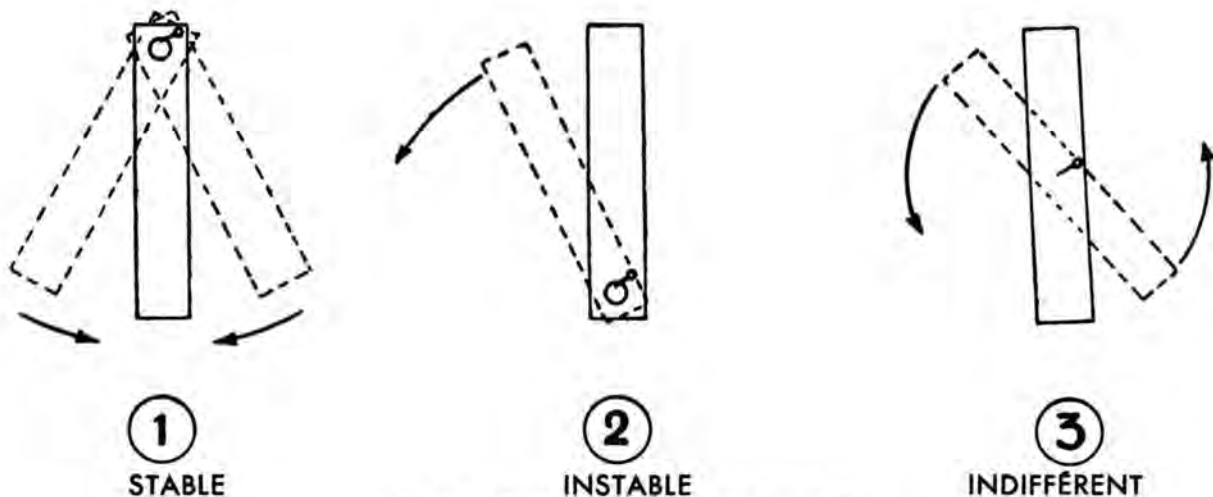


Fig. 113. — Equilibres des corps solides suspendus.

Ses mouvements ne sont que des rotations autour de **trois axes imaginaires** passant par le centre de gravité.

Si l'appareil « *pique* » ou « *cabre* », il pivote autour de l'**axe de tangage**. S'il se remet de lui-même en position de vol, il est doué de **stabilité longitudinale**. C'est l'**empennage horizontal qui joue le rôle de stabilisateur** (fig. 114).

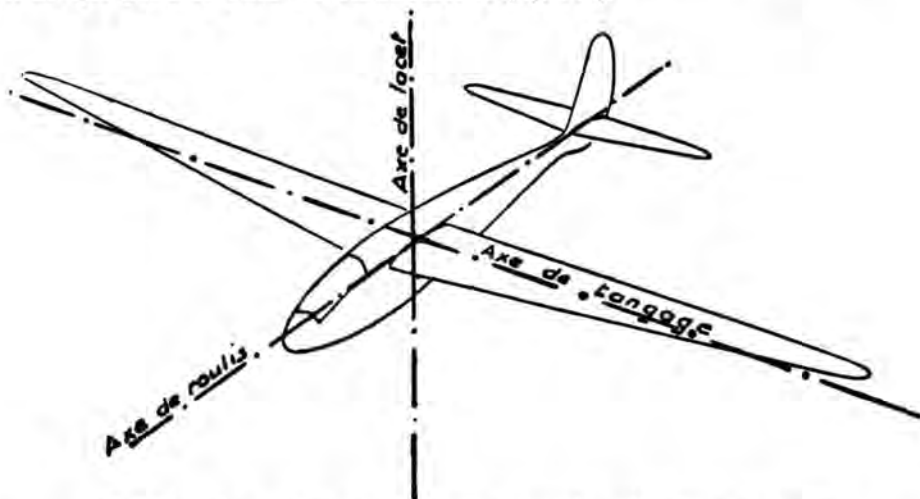


Fig. 114. — Les trois axes imaginaires autour desquels semble pivoter un planeur.

Si l'appareil s'incline sur une aile, il pivote autour de l'**axe de roulis**. S'il se remet de

lui-même en position de vol, il est doué de **stabilité transversale**. C'est le **dièdre des ailes qui joue le rôle de stabilisateur** (ailes construites en forme de V)

Si l'appareil amorce un changement de direction, il pivote autour de l'**axe de lacet**. S'il se remet de lui-même en ligne droite, il est doué de **stabilité de route**. C'est l'**empennage vertical qui joue le rôle de stabilisateur**.

d) **Centrage**.

Pour que votre planeur soit en **équilibre stable**, il faut que son **centre de gravité** soit situé sur la verticale passant par le **centre de poussée**. Vous réalisez cette condition par l'opération du **lestage** (voir chapitre VI).

e) **Réglage et lancement** (voir chapitre VI).

CHAPITRE IV.

ÉLÉMENTS D'AÉROLOGIE

I. LES VENTS.

Les rayons du soleil traversent l'air sans élever sensiblement sa température. Par temps clair, ils parviennent jusqu'au sol qui s'échauffe. Le sol, à son tour, échauffe les couches d'air en contact avec lui. Cet échauffement se transmet, en s'atténuant, à des couches de plus en plus éloignées de l'écorce terrestre.

Mais toutes les régions du globe ne sont pas à la même température :

a) L'inclinaison variable des rayons solaires cause le froid des pôles et la chaleur de l'équateur.

b) Les éléments composant l'écorce terrestre n'ont pas tous les mêmes propriétés. Certains s'échauffent et se refroidissent vite (les continents) ; d'autres s'échauffent et se refroidissent lentement (les océans).

Ces **différences de températures** provoquent **des différences de pressions**. En effet, l'air en contact avec les régions chaudes se dilate, devient plus léger et s'élève, ce qui crée en cet endroit, une zone de **basses pressions**. Au contraire, l'air qui se refroidit devient plus lourd et produit une zone de **hautes pressions**.

Ces **variations de pressions atmosphériques** provoquent des mouvements de l'air appelés **VENTS**.

Les vents sont caractérisés :

— Par leur **direction**.

Les bruits lointains, les fumées, les girouettes, les manches à air, les T d'atterrissage indiquent la **direction du vent**. (fig. 115 - 116 - 117).

— Par leur **vitesse**.

Celle-ci se mesure en **mètres/seconde** ou en **kilomètres/heure** au moyen d'un **anémomètre** (fig. 118).



Fig. 115. — Girouette.



Fig. 116. — Manche à air.



Fig. 117. — T d'atterrissage.



Fig. 118. — Anémomètre.

II. LES COURANTS ASCENDANTS.

L'observation des oiseaux a révélé aux hommes qu'il existe dans l'air des **courants verticaux**. Les **buses** s'élèvent sans donner un coup d'aile. Les **mouettes** et les **goélands** vont et viennent, ailes immobiles, au voisinage des côtes. L'énergie qui les soutient ne peut venir que de l'air. Ces oiseaux utilisent des **courants ascendants**.

1° LES ASCENDANCES DYNAMIQUES (ascendances de **pente** ou de **relief**).

Le vent contourne en général les obstacles qu'il rencontre. Si ces obstacles sont importants et étendus, il les franchit en s'élevant le long de la pente exposée au vent (versant « *au vent* ») puis il se rabat assez irrégulièrement sur le versant opposé (versant « *sous le vent* »). Cette déviation de l'air s'étend jusqu'à une certaine altitude mais son effet diminue progressivement (fig. 119).

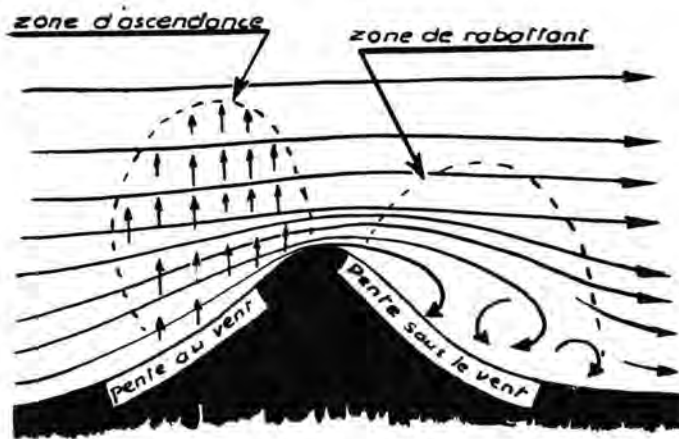


Fig. 119. Ascendance de relief.

L'**ascendance** se rencontre toujours au-dessus de la pente « *au vent* ». Sur le versant « *sous le vent* », il se forme des tourbillons « **rabattants** ».

2° LES ASCENDANCES THERMIQUES.

En raison de leur nature ou de leur couleur, certaines parties du sol s'échauffent plus que d'autres et renvoient une plus grande quantité de chaleur (champs de blé, carrières, toitures...). Celle-ci chauffe immédiatement l'air en contact. L'air chaud, plus léger, s'élève sous forme de **colonnes ascendantes** dites **thermiques** (puisqu'elles ont la **chaleur** pour origine) (fig. 120).

L'air ascendant est remplacé par de l'air froid qui descend lentement vers le sol (**courants rabattants**).

A mesure que l'air chaud s'élève, il se refroidit. La **vapeur d'eau** qu'il contient, jusqu'ici **invisible**, se condense en fines gouttelettes si légères qu'elles demeurent suspendues dans l'atmosphère et que la plus faible ascendance suffit pour les entraîner à de très hautes altitudes. Ces gouttelettes réunies forment, pendant le jour, un nuage blanc appelé **cumulus** qui couronne le sommet de l'ascendance.



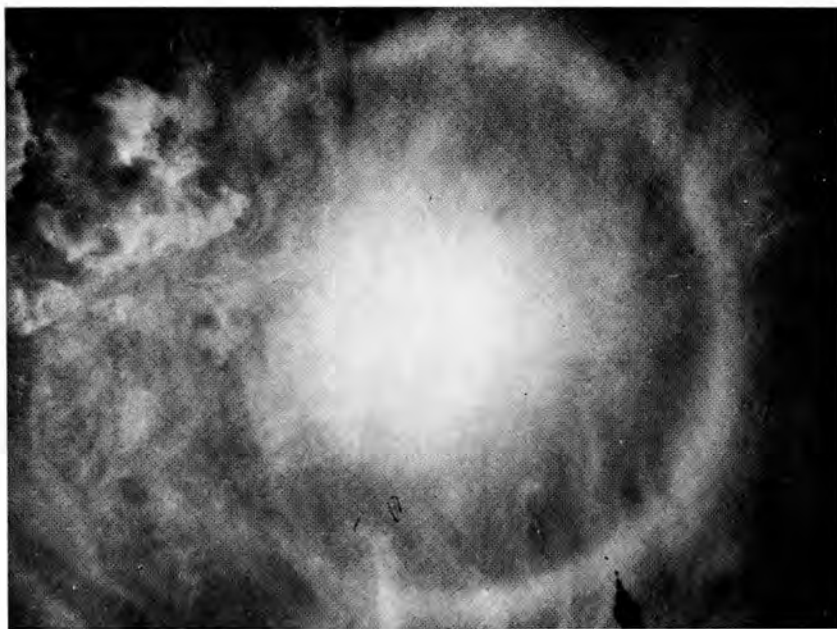
Cirrus

(Altitude supérieure à 6.000 mètres.)

Nuages isolés, les plus hauts de tous, séparés en filaments blancs et délicats, souvent d'un éclat soyeux dû à la dispersion des cristaux de glace dont ils sont composés. Ils s'allument les premiers d'une belle teinte jaune ou rouge vif avant le lever du soleil et s'éteignent les derniers, devenant gris à la tombée de la nuit.

Cirrostratus

Nuages supérieurs, formant un voile fin et blanchâtre qui n'efface pas les contours des disques solaires ou lunaires et qui donne naissance à un *halo* autour de ces astres. Le *halo* est un phénomène produit par la réfraction de la lumière à travers les fins cristaux de glace qui se trouvent en suspension dans les cirrostratus très élevés.





Cirrocumulus

(Altitude supérieure à 6.000 mètres.)

Très petites balles ou petits flocons blancs sans ombres, formés de cristaux de glace et disposés en groupes ou en files. Sur le cliché on distingue, à une altitude très inférieure à celle des cirrocumulus, des cumulus de beau temps.

Altostratus

(Altitude moyenne de 2.000 à 7.000 mètres.)

Voile fibreux épais, de couleur grise ou bleuâtre, formé de gouttelettes d'eau laissant voir vaguement le soleil ou la lune, sans phénomène de halo, comme au travers d'un verre dépoli.





**Cumulus
et enclume
de Cumulonimbus**

(Développement vertical ; altitude de 500 à plus de 6.000 mètres.)

Nuages épais en « dôme », dont le sommet bourgeonnant a l'aspect d'un « chou-fleur » et dont la base est presque horizontale.

On distingue sur le cliché un cumulonimbus caractérisé par sa partie supérieure étalée en forme d'enclume. Il se distingue essentiellement du cumulus par la glaciation de son sommet.

Stratocumulus

(Altitude de 2.000 m. au voisinage du sol.)

Galets ou bourrelets formés de gouttelettes d'eau, flous et gris, avec parties sombres.



Cumulus de beau temps

Type particulier de nuages épais à développement vertical, mais cependant limités en hauteur, qui se développent par temps clair. Ils apparaissent le matin, se gonflent ensuite et disparaissent plus ou moins avant le coucher du soleil.



Stratus

(Altitude de 2.000 m. au voisinage du sol.)

Couche nuageuse uniforme, formée de très fines gouttelettes d'eau, ressemblant à un brouillard, mais qui ne repose pas sur le sol.



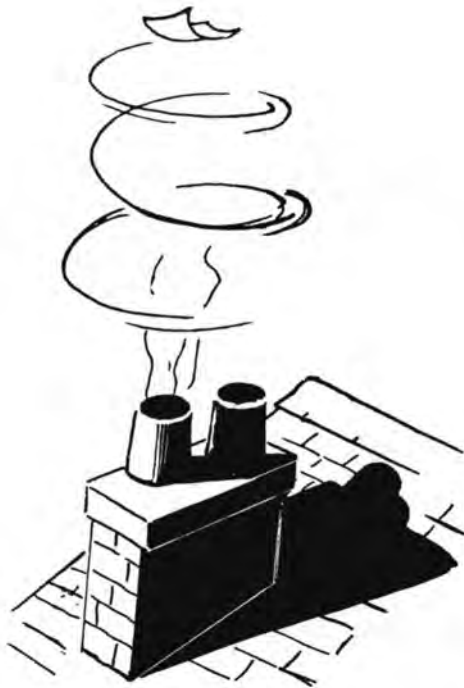


Fig. 120. — Une feuille de papier tournant au-dessus d'une source de chaleur.

Les **ascendances thermiques** sont invisibles. Il est pourtant possible de les déceler grâce à la présence des **cumulus** qui les couronnent. (fig. 121)

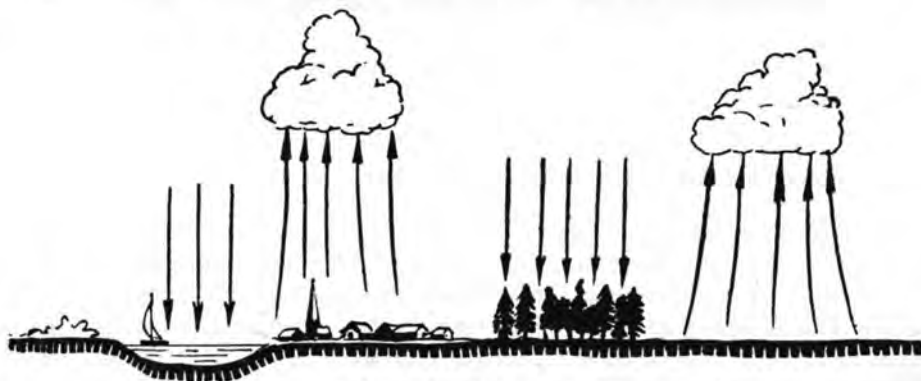


Fig. 121. — Ascendances thermiques couronnées par cumulus.

3° LES ASCENDANCES DE FRONT D'ORAGE.

Des masses d'air tropical ou polaire, amenées par les mouvements généraux de l'atmosphère, peuvent se rencontrer au-dessus de nos régions.

Lorsque l'air froid s'enfonce comme un coin sous l'air chaud qu'il pousse devant lui en le soulevant violemment, il se produit une forte condensation de vapeur d'eau. Sur toute la ligne de contact des deux masses d'air, de gros nuages d'orage (**cumulo-nimbus**) se forment. Ils se déplacent dans le sens du vent. Des **ascendances très puissantes** se produisent en avant de ces masses nuageuses. On les appelle des **ascendances de front d'orage**. (fig. 122)

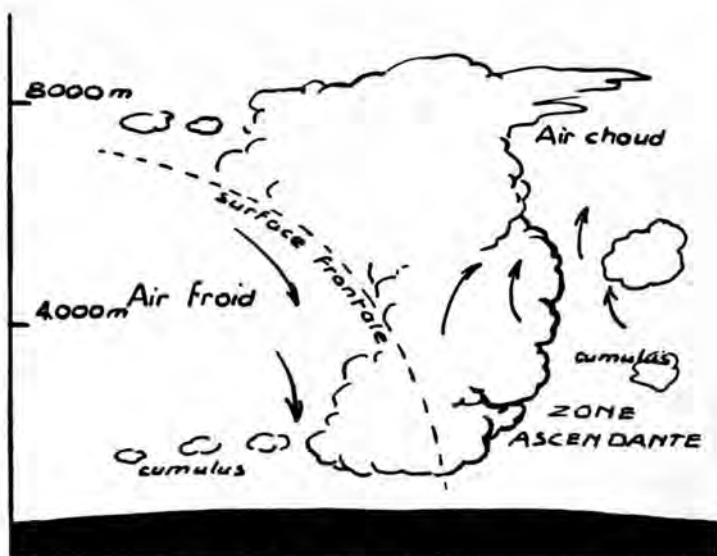


Fig. 122. — Ascendance de front d'orage.

4° LES ASCENDANCES DE RESTITUTION.

Au coucher du soleil, les surfaces de couleurs claires, qui s'étaient échauffées rapidement pendant le jour, se refroidissent très vite. Au contraire, les surfaces de couleurs sombres (prairies, bois, lacs), qui s'étaient échauffées lentement, restent longtemps très chaudes et réchauffent l'air environnant en lui « **restituant** » leur chaleur. Elles alimentent ainsi des ascendances thermiques faibles mais cependant utilisables, tandis qu'au-dessus des surfaces claires à présent refroidies s'établissent des courants rabattants. (fig. 123)

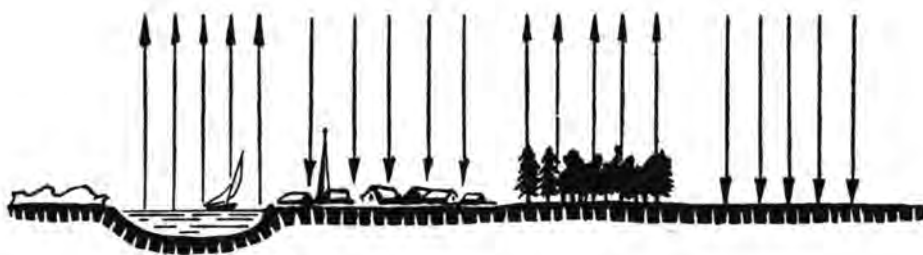


Fig. 123. — Ascendante de restitution.



Fig. 124. — Ascendances d'ondes (avec nuages lenticulaires).

Nous citerons simplement pour mémoire **les ascendances d'ondes** dues à des mouvements ondulatoires de l'atmosphère signalés par la présence, à haute altitude (jusqu'à 12.000 m.), de nuages isolés et stationnaires (**nuages lenticulaires**). (fig. 124)

III. UTILISATION POUR LES MODÈLES RÉDUITS.

Vous venez d'apprendre que l'air, par les **courants ascendants**, est une source d'énergie. Il vous appartient donc de savoir utiliser au mieux ces courants ascendants pour que votre petit planeur puisse « **tenir l'air** » le plus longtemps possible, gagner de l'altitude ou parcourir une longue distance.

1° LE VOL DE PENTE (utilisation des **ascendances dynamiques**) :

a) **La pente** : elle sera située face au vent, arrondie à la base et d'une inclinaison maximum de 45° ;

b) **Le modèle** : il aura une charge au décimètre carré (charge alaire) assez élevée (au minimum 15 grammes par dm^2) ;

c) **Le vol** : le modèle sera lancé face au vent en tenant compte de la vitesse de celui-ci.

Premier cas

Vent fort. Vitesse du planeur inférieure à celle du vent.

Lancer assez haut en bas de la pente et en avant de l'ascendance.

Le planeur s'élève en reculant par rapport au sol (fig. 125).



Fig. 125. —

Deuxième cas

Vent faible. Vitesse du planeur supérieure à celle du vent.

Lancer en haut de la pente et en arrière de l'ascendance.

Le planeur s'élève en serpentant au-dessus de la crête (fig. 126).



Fig. 126. —

Troisième cas

Vent fort. Vitesse du planeur égale ou supérieure à celle du vent.

Lancer à la main à mi-pente en imprimant au modèle une bonne vitesse de départ.

Le planeur parcourt une longue distance face au vent et vers la plaine (fig. 127).

2° LE VOL THERMIQUE (utilisation des **ascendances thermiques**) :

a) **Choix du terrain :**

— Une **vibration** de l'air, observée au-dessus d'une terre claire et ensoleillée, indique souvent une émission d'air chaud, point de départ d'une **ascendance thermique** (fig. 128).

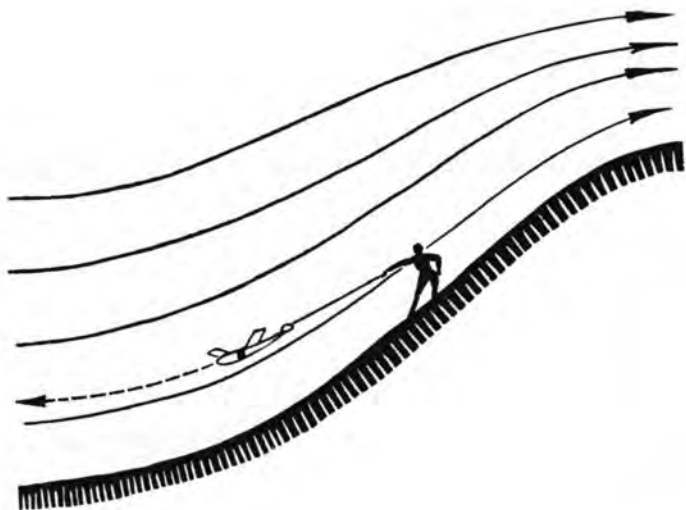


Fig. 127.

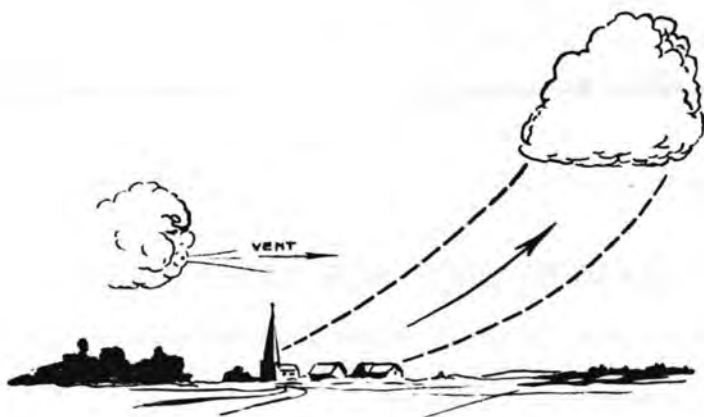


Fig. 128. — Une source d'émission et ascendance thermique

- Un **cumulus** peut être le couronnement d'une **ascendance thermique**.
- L'observation des **oiseaux** en vol d'altitude à la poursuite d'insectes aspirés par une **ascendance thermique** permet de découvrir celle-ci.

b) Le modèle :

- Pour rester dans l'ascendance, étroite à la base, l'appareil doit être réglé pour « *spiraler* » constamment.

— Pour « s'accrocher » à l'ascendance, l'appareil doit posséder une vitesse de chute faible. Il aura donc *une charge au décimètre carré (charge ailaire) peu élevée* (au maximum 15 grammes par dm²). (fig. 129. 130)

c) **Le vol :**

Il faut tenir compte du fait que l'ascendance thermique est inclinée dans le sens du vent.

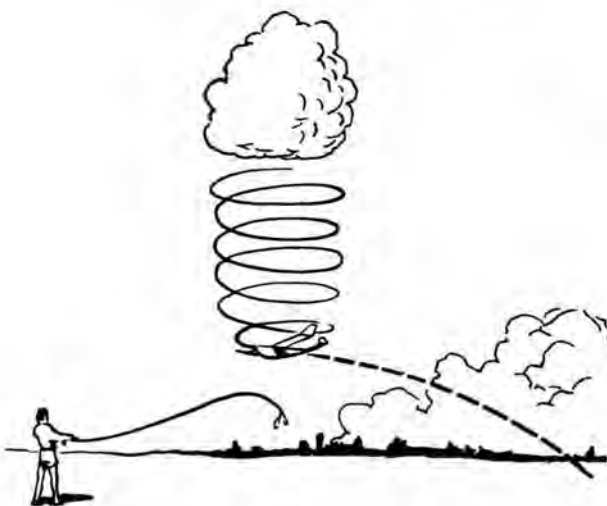


Fig. 129. — Lancer par vent nul ou très faible.

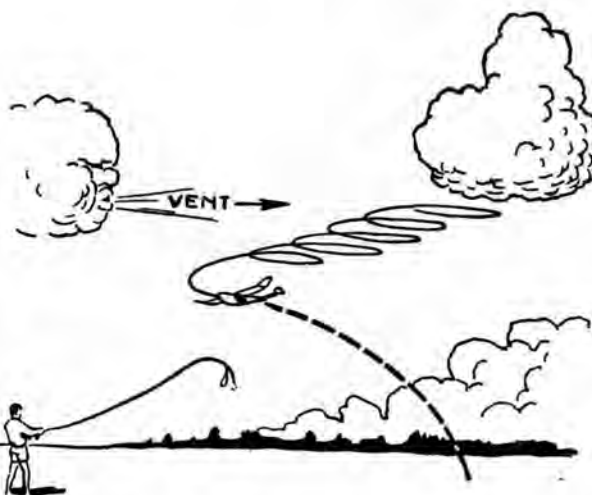


Fig. 130. — Lancer par vent moyen.

IV. NOTIONS ÉLÉMENTAIRES SUR LES NUAGES.

Lorsqu'une masse d'air, chargée de **vapeur d'eau invisible**, passe d'une zone chaude dans une zone froide, ou encore entre en contact avec une masse d'air plus froide, **la vapeur d'eau se condense** sous forme de **nuages**.

Les **nuages** sont donc formés par de très fines gouttelettes d'**eau liquide** (diamètre : 0 mm. 12 à 1 mm.) ou de minuscules **cristaux de glace** en suspension dans l'air. Le moindre courant atmosphérique suffit pour les entraîner horizontalement ou verticalement.

Lorsque la quantité d'eau condensée est trop grande, les gouttelettes d'eau deviennent plus volumineuses, plus lourdes, et elles tombent sous forme de **pluie**.

La connaissance des nuages est particulièrement utile pour le modéliste et pour le pilote de planeur, puisque bon nombre d'entre eux couronnent des ascendances.

Il est possible de classer les nuages, à partir de **trois types caractéristiques** :

1° Les **cirrus** : nuages en filaments de couleur blanche, isolés et souvent d'un éclat soyeux, formés de cristaux de glace (altitude : 8.000 à 9.000 mètres).

2° Les **cumulus** : nuages à grand développement vertical, à base presque horizontale et dont le sommet présente, comme un chou-fleur, des formes arrondies (altitude : base, 500 m. ; sommet, 6.000 m.).

3° Les **stratus** : couche nuageuse uniforme semblable à un brouillard qui ne reposerait pas sur le sol (altitude : du sol à 2.000 m.).

Ces trois noms, pris isolément (ex. : un **cumulus**) ou accolés deux à deux (ex. : un **cumulo-nimbus**), permettent de désigner toutes les variétés de nuages.

ÉLÉMENTS DE GÉOGRAPHIE AÉRIENNE

I. LES LIGNES AÉRIENNES.

Deux **facteurs géographiques** expliquent la naissance et le développement des lignes aériennes :

1° **l'absence de moyens de communications rapides** ;

2° **les grandes distances à franchir.**

L'exploitation des lignes aériennes exige la mise en œuvre de moyens puissants :

— **Flotte aérienne** importante.

— « **Infrastructure** » développée (terrains, bâtiments, stations...).

— **Équipages** expérimentés (pilotes, radios, mécaniciens, navigateurs, et, sur la plupart des grands appareils destinés au transport des passagers, hôtesses de l'air et stewards).

— **Personnel terrestre** nombreux :

- **agents d'opérations aériennes** coopérant avec l'équipage pour la préparation technique des vols (météo, itinéraires, carburants...) ;

- **techniciens des services d'entretien** ayant pour tâche de maintenir la flotte aérienne en parfait état de vol (vérification des appareils aux escales, visites et échange des pièces détachées après 125, 250, 500 et 1.000 heures de vol) ;

- **employés commerciaux** chargés des opérations commerciales et des relations avec le public (vente des billets, enregistrement des bagages, accueil des voyageurs...) ;

- **agents de transmissions** réalisant la liaison entre les différentes escales de la ligne ;

- **employés d'hôtellerie** assurant la bonne marche des services hôteliers au sol (préparation des repas servis en vol, hébergement des passagers en cas de nécessité...).

II. LES PRINCIPAUX RÉSEAUX AÉRIENS.

Trois États tranchent actuellement sur l'ensemble de l'Aviation mondiale par l'étendue de leur réseau : les États-Unis, la France, la Grande-Bretagne. (fig. 135)

A) LE RÉSEAU DES ÉTATS-UNIS joint aux lignes transcontinentales, transatlantiques et transpacifiques, les lignes Nord-Sud, les reliant ainsi à la ligne Buenos-Ayres-Santiago. Les principales compagnies sont : la **Pan American Airways (P.A.A.)**, dont la ligne la plus longue (New-York, Londres, Paris, Rome, Calcutta, Tokio, Honolulu, San Francisco) mesure près de 20.000 km ; et la **Trans World Airlines (T.W.A.)**.

B) LE RÉSEAU FRANÇAIS fait l'objet d'une étude particulière (§ III).

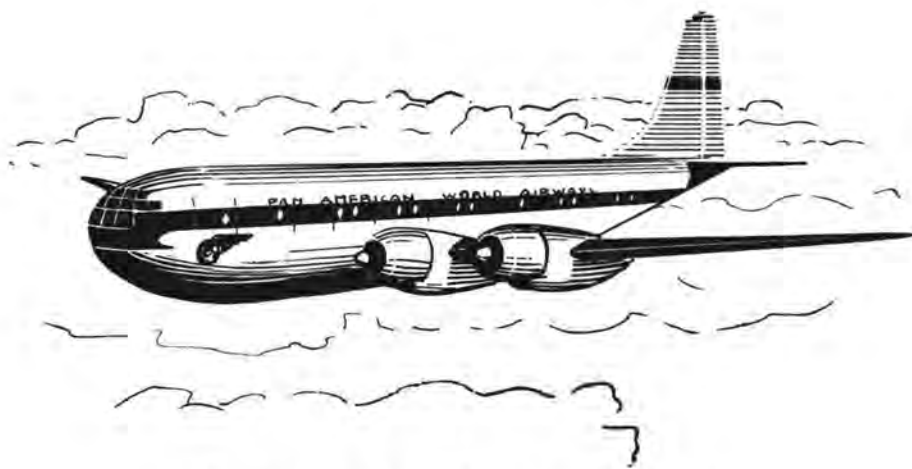
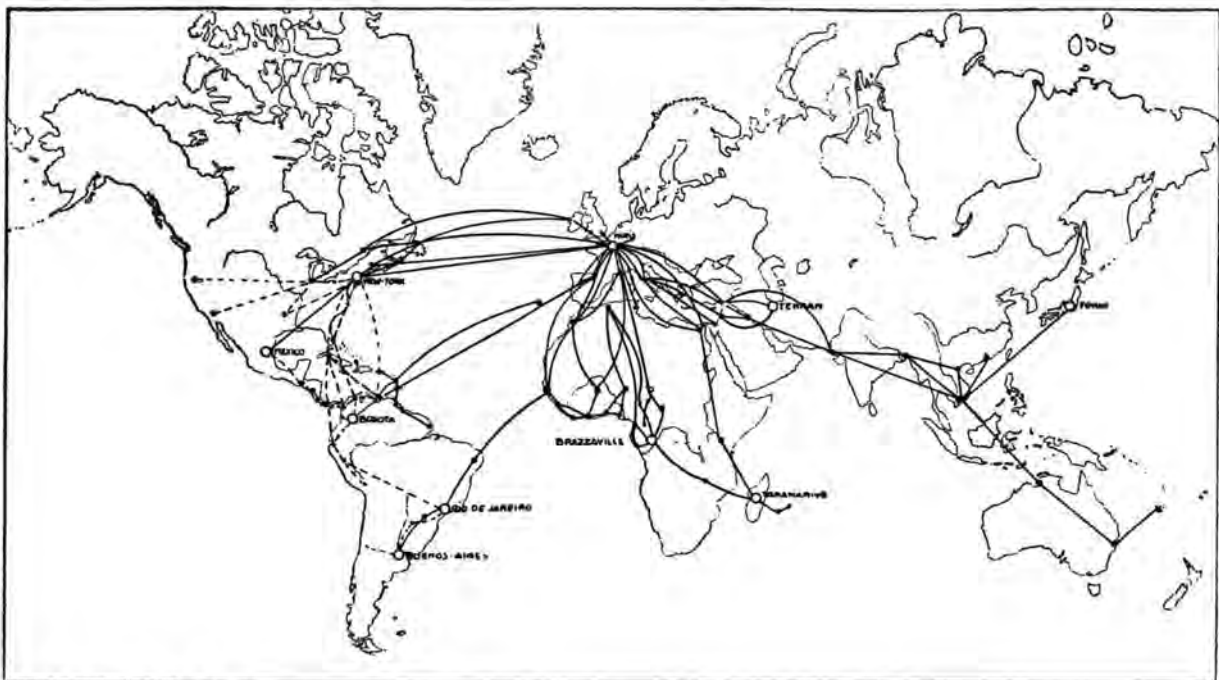


Fig. 134. — Un avion de la P.A.A. en vol. (Stratocruiser).

C) LE RÉSEAU DE GRANDE-BRETAGNE s'est développé en fonction des nécessités commerciales et de l'étendue de l'empire colonial. La principale compagnie est la **British Overseas Airways Corporation (B.O.A.C.)** (fig. 136) dont la ligne la plus longue, Londres-Tokio, mesure 11.000 km.



GIRARD & BARRÈRE, 17 Rue de Valenciennes, PARIS (1^{er})

Fig. 135. — Réseau mondial.

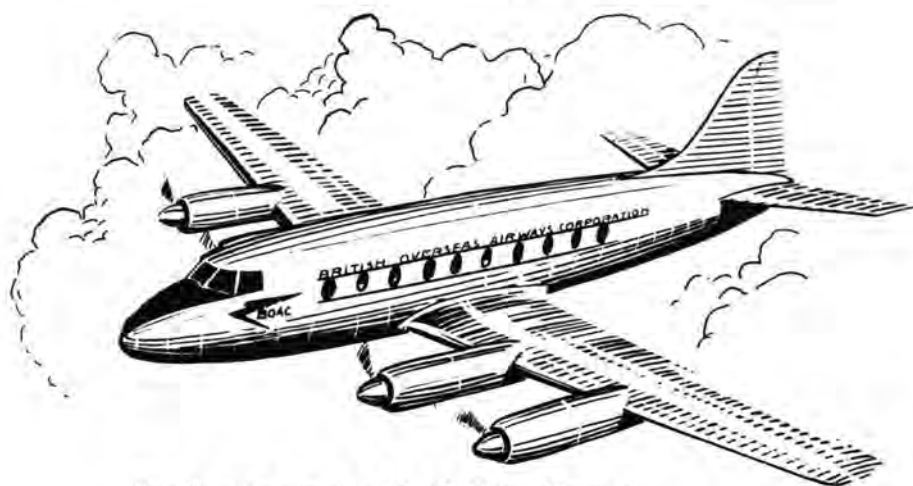


Fig. 136. — Un avion de la B.O.A.C. (Vickers «Viscount»)

A côté de ces grands réseaux, la Belgique est représentée par la **Sabena**, la Hollande par la **K.L.M.-Royal Dutch Airlines**, la Suède par la **Scandinavian Airlines System (S.A.S.)**.

III. LE RÉSEAU FRANÇAIS.

Comme pour les chemins de fer, un **réseau** aérien est constitué par l'ensemble des lignes.

Les **lignes internationales françaises** sont exploitées par la société nationalisée **Air-France**. Des compagnies privées contrôlées par l'État participent également aux **liaisons aériennes** entre les grandes villes de France et de l'Union française : *Aigle-Azur*, *Transports Aériens Intercontinentaux (T.A.I.)*, *Union Aéromaritime de Transport (U.A.T.)*, *Air-Algérie*, *Compagnie Chérifienne*, *Tunis Air*.

Ce magnifique réseau est le riche héritage que les pionniers de l'aviation ont constitué peu à peu grâce à leur inlassable persévérance, à leur abnégation, à leur courage héroïque.

1° LE PASSÉ.

Le 25 juillet 1909, **Louis Blériot** traverse la **Manche** en 45 minutes sur un monoplan, « **Le Blériot IX** », mû par un moteur de 25 chevaux.

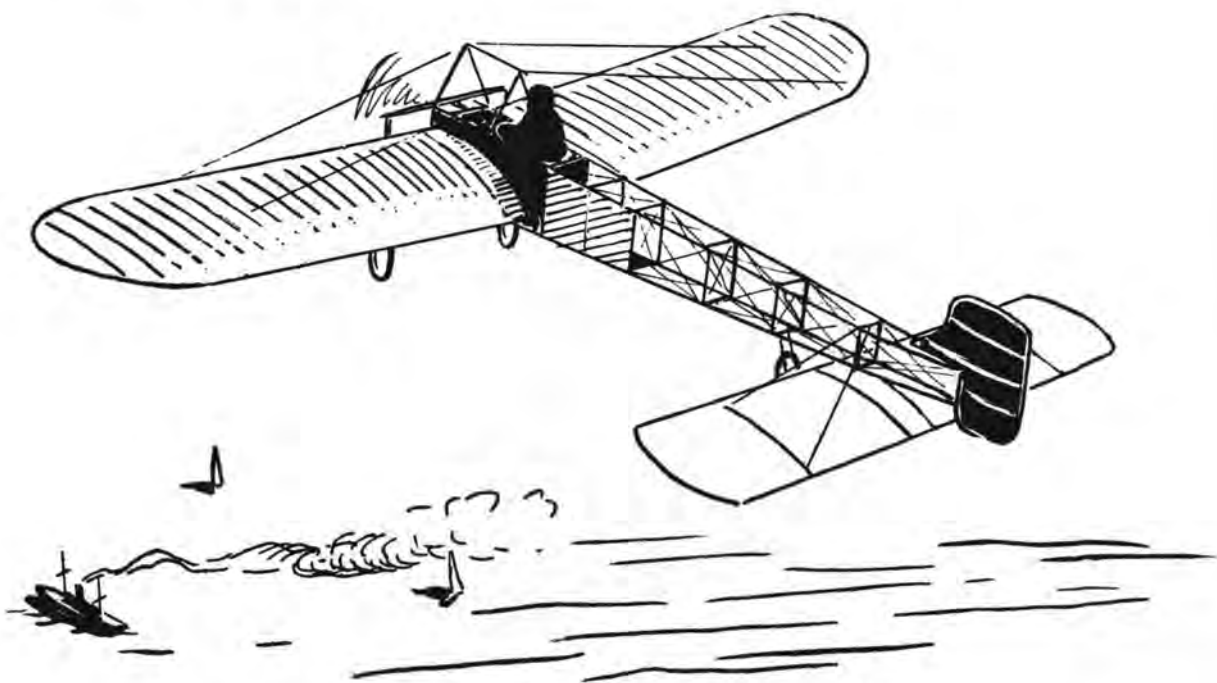


Fig. 137. — Le « Blériot IX » (traversée de la Manche, 1909).

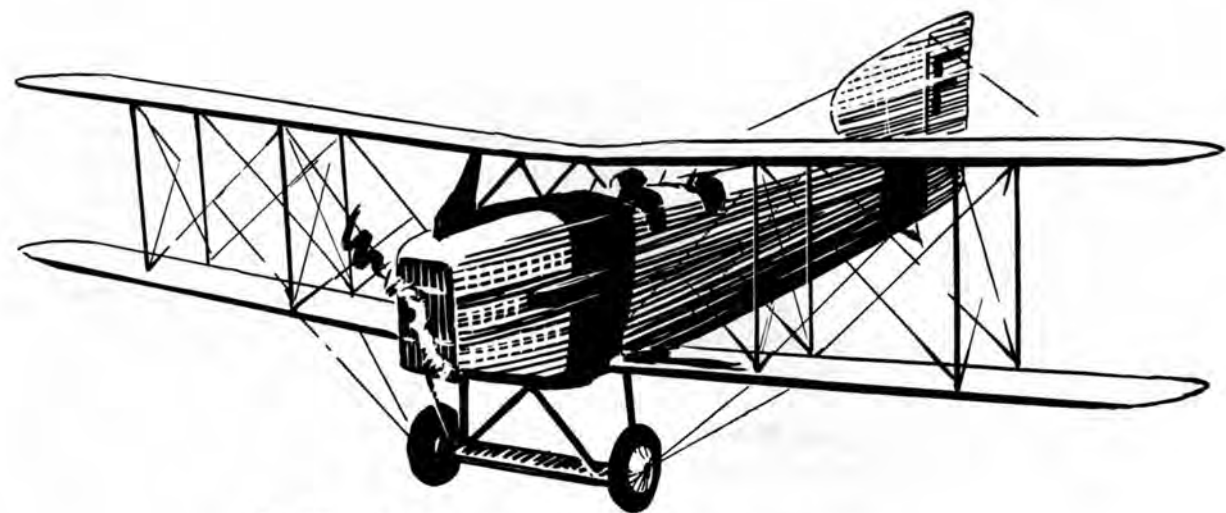


Fig. 138. — Le « Bréguet XIV » (début des lignes aériennes postales, 1919).



Fig. 139. — Le « Laté 28 » (traversée de l'Atlantique-Sud, 1930).

En 1910, **Léo Chavez** franchit les **Alpes** à plus de 2.000 mètres et se tue à l'atterrissage.

En 1913, **Roland Garros**, sur un « **Morane-Saulnier** » de 60 chevaux, traverse la **Méditerranée**, parcourant, en 8 heures, 730 kilomètres dont 450 en haute mer.

La première guerre mondiale de 1914-1918 amène une coupure dans la réalisation de ces exploits pacifiques, mais les dures nécessités de la lutte font naître les industries aéronautiques, accélèrent le perfectionnement des appareils et les progrès de la navigation aérienne.

Le 1^{er} septembre 1919, le premier courrier postal joint Toulouse à Rabat avec escale à Alicante (**biplan « Bréguet », moteur Renault de 300 CV**).

Le 12 mai 1930, Jean Mermoz, assisté de **Dabry** et de **Gimié**, traverse l'Atlantique-Sud (3.200 km.), reliant Saint-Louis du Sénégal à Natal (**monoplan « Laté 28 », moteur Hispano-Suiza de 650 CV**).

Une page d'histoire est tournée. **Saint-Exupéry**, un grand pilote et un grand écrivain, disait : « L'aviation postale française a ouvert les routes de l'air comme l'Empire romain avait ouvert les routes terrestres ». Le hasard et l'aventure laissaient la place à l'ordre et à la méthode. L'aviation commerciale allait progresser à pas de géant.

2^o LE PRÉSENT.

Le réseau d'**Air-France** est aujourd'hui le plus long du monde : 280.000 km. Il comprend des lignes à **moyenne distance** et des lignes « *long-courriers* » qui, toutes, rayonnent autour de Paris.

1^o LES LIGNES A MOYENNE DISTANCE :

a) **en France** : elles desservent Lyon, Nice, Cannes, Marseille, Bastia, Ajaccio, Toulouse, Bordeaux, Nantes, et diverses stations d'été ;

b) **en Europe** : elles joignent Paris aux capitales européennes et assurent également la liaison avec l'Afrique du Nord, l'Égypte, l'État d'Israël et la Syrie.

2^o LES LIGNES LONG-COURRIERS :

— Ligne « Ruban étoilé » : **Paris-New-York-Mexico** (9.202 km.).

— Ligne « du Beau Temps » : **Paris-La Martinique** (7.183 km.).

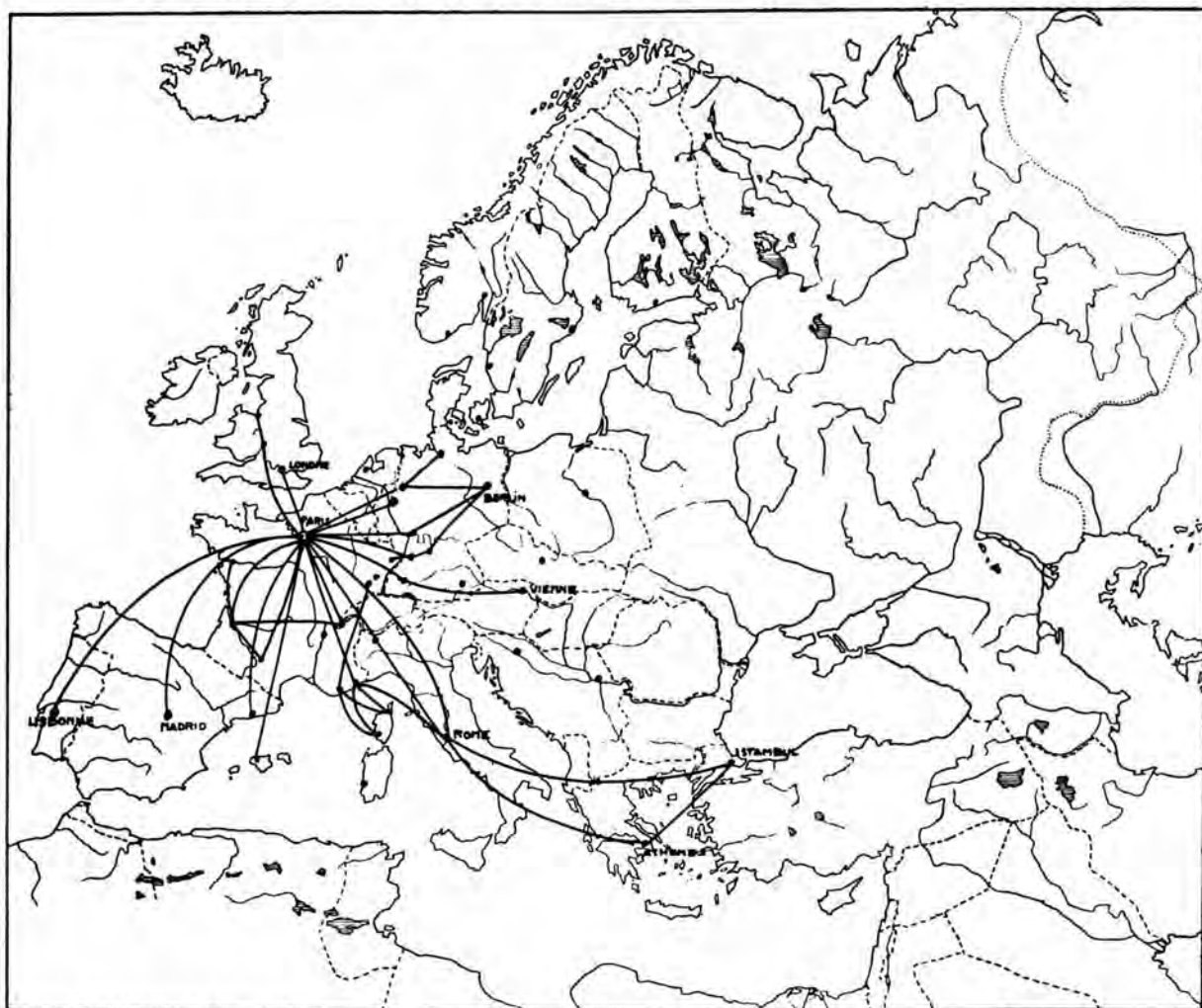
— Lignes « Mermoz » :

- **Paris-Lisbonne-Casablanca-Dakar-Rio de Janeiro** (9.200 km.) ;

- **Paris-Madrid-Dakar-Rio de Janeiro-Montévidéo-Buenos Ayres** (11.400 km.)

— Ligne « Nuit d'Argent » : **Paris-Dakar** (4.200 km.).

- Ligne « Flèche d'Ébène » : **Paris-Brazzaville** (6.100 km.).
- Ligne « Port d'Azur » : **Paris-Tunis-Le Caire** (3.200 km.).
- Ligne « Dagneaux » : **Paris-Tananarive-Ile Maurice** (10.175 km.).
- Lignes « Noguès » :
 - **Paris-Karachi-Calcutta-Saïgon** (11.000 km.) ;
 - **Paris-Saïgon-Hong-Kong-Tokio** (15.400 km.).



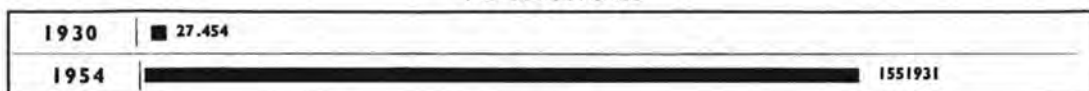
GIRARD & BARRÈRE, 17 Rue de Buci, PARIS (6^e)

Fig. 140. — Le réseau européen d'Air-France.

Les voyageurs peuvent partir de l'aérogare des Invalides, à Paris. Des autocars les transportent aux deux grands aérodromes français du **Bourget** et d'**Orly** où aboutissent toutes les lignes des compagnies françaises et étrangères. *Marseille-Marignane, Nice, Mulhouse-Bâle, Toulouse, Bordeaux* sont également des aérodromes de classe internationale.

Le trafic y est intense, et dans ce domaine, les progrès réalisés en vingt-cinq années sont significatifs.

VOYAGEURS



FRET



POSTE



La technique aéronautique a subi, elle aussi, un développement considérable. Vitesse, sécurité, régularité et confort sont les principaux objectifs des compagnies aériennes. Il n'y a plus guère de ressemblance entre le « *Laté 28* » de Mermoz et le moderne « *Super-Constellation* » qui équipe aujourd'hui la ligne de l'Atlantique-Sud.

1930 LATÉCOÈRE 28		1955 SUPER CONSTELLATION	
VITESSE HORAIRE	160 km.		500 km.
PUISSANCE	650 cv		13.000 cv
POIDS	5.200 kgs		58.900 kgs
CHARGE MARCHANDE	250 kgs		7.000 kgs

La flotte aérienne doit être parfaitement adaptée à toutes les servitudes qui tiennent à la longueur des lignes, aux différences de climat, à la nature du trafic, aux besoins des passagers. C'est pourquoi elle se compose de nombreux appareils sélectionnés en vue d'une tâche précise. Voici, par exemple, la composition de la flotte « Air-France » : (fig. 141)



19 SUPER CONSTELLATION

L. 1.049 C

Nombre des Moteurs
4

Poids maximum
60.300 kg

Nombre de Passagers
48, 62, ou 81

Vitesse de croisière
480 km./h.

Consommation
horaire par moteur
425 lit.

20 DOUGLAS DC-4

Nombre des Moteurs
4

Poids maximum
33.000 kg.

Nombre de Passagers
44, 55 ou 59

Vitesse de croisière
350 km./h.

Consommation
horaire par moteur
190 lit.

12 VISCOUNT VICKERS

ARMSTRONG 708

Nombre des Moteurs
4

Poids maximum
25.400 kg.

Nombre de Passagers
40 ou 49

Vitesse de croisière
480 km./h.

Consommation
horaire par moteur
300 lit.

12 PROVENCE BRÉGUET 763

Nombre des Moteurs
4

Poids maximum
48.000 kg.

Nombre de Passagers
48, 59, 96 ou 107

Vitesse de croisière
370 km./h.

Consommation
horaire par moteur
335 lit.

37 DOUGLAS DC-3

Nombre des Moteurs
2

Poids maximum
12.300 kg.

Nombre de Passagers
21 ou 28

Vitesse de croisière
280 km./h.

Consommation
horaire par moteur
170 lit.

79.000 DÉPARTS PAR AN SOIT 216 PAR JOUR

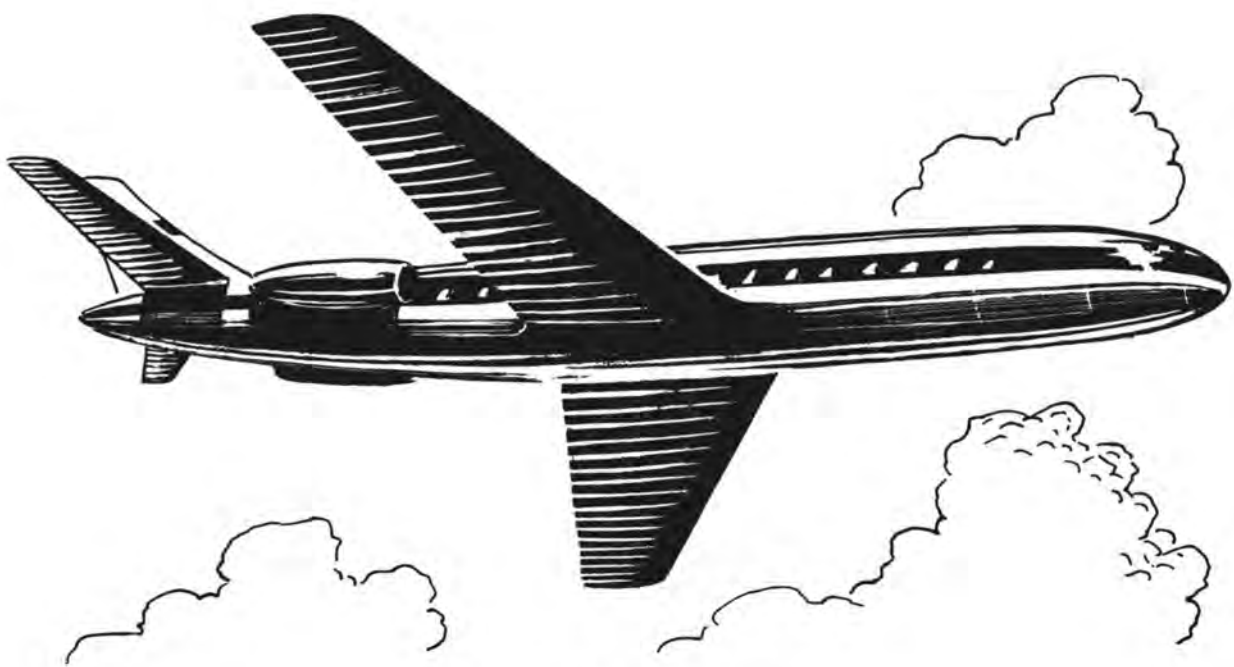


Fig. 142. Le « Caravelle » (1955)

Il faut suivre constamment les progrès ininterrompus de la technique aéronautique, et les compagnies doivent être en mesure d'en faire bénéficier, dans les plus brefs délais, leur clientèle. L'utilisation de la propulsion à réaction permettra d'accroître encore, dans un proche avenir, la rapidité des liaisons aériennes. (fig. 142)

CHAPITRE VI.

ESSAIS EN VOL D'UN MODÈLE RÉDUIT ET RÉGLAGE

I. CENTRE DE GRAVITÉ - CENTRAGE.

Rappelons d'abord brièvement ce que sont :

1° **LE CENTRE DE GRAVITÉ (C.G.)**, point d'application du **poids** ;

2° **LE CENTRE DE POUSSÉE (C.P.)**, point d'application de la **portance**.

Pour que l'appareil soit en équilibre de vol, le centre de gravité doit être situé sur la verticale du centre de poussée.

Il convient donc d'avancer le centre de gravité jusqu'au centre de poussée, indiqué en général sur le plan. Cette opération est **le centrage**.

II. PRATIQUE DU CENTRAGE.

Le centrage doit toujours se faire en salle, dans un air calme.

Tous les éléments de l'appareil étant mis en place, vous avez recours à l'une des deux méthodes suivantes, choisie d'après le type de l'appareil :

a) **Suspendre l'appareil** par un fil attaché au bracelet de caoutchouc fixant l'aile au fuselage. Ce fil doit être situé **exactement** au point de centrage indiqué sur le plan (fig. 144).

b) **Placer l'appareil sur un support** découpé d'avance dans une planchette 20/10 et cloué contre le rebord d'une table (fig. 145).

Le fuselage est engagé dans l'évidement ; l'aile repose sur les deux arêtes biseautées à la hauteur du point de centrage indiqué sur le plan.



Fig. 144. — Centrage par suspension.

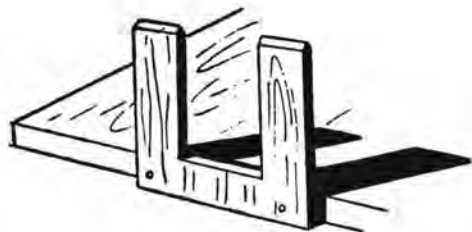


Fig. 145. — Support de centrage fixé au bord d'une table.

Dans les deux cas, introduisez dans la soute à lest du plomb coupé en petits morceaux jusqu'au moment où l'appareil est en **équilibre horizontal**.

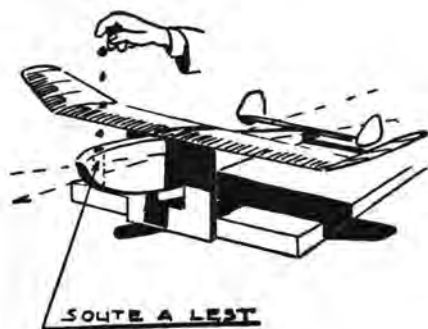
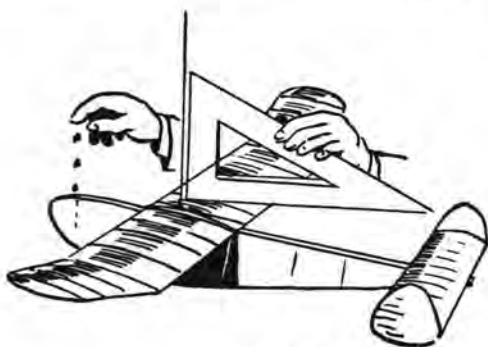


Fig. 146 et 147. — Introduction du plomb dans la soute à lest.

Lorsque vous êtes sûr du **centrage**, ajoutez de la colle dans la soute pour **fixer le plomb**. Sans cette **précaution indispensable**, le déplacement du plomb au cours des vols modifierait sans cesse le centrage.

III. ESSAIS A LA MAIN.

Vous faites le **réglage définitif** de votre appareil au cours de ces essais en vol sur un terrain plat, bien dégagé, par **vent faible ou nul**. Des obstacles rapprochés (maisons, arbres...) créent des turbulences de l'air et rendent les vols difficiles.

Vous lancez votre appareil **face au vent**. Une fumée, un jet en l'air d'une pincée d'herbe ou de petits morceaux de papier, vous renseigneront sur la direction de celui-ci.

1° VOL CORRECT.

Ce vol demande **un entraînement sérieux** car, **pour être bien lancé**, l'appareil doit être :

- a) tenu dans sa **position d'équilibre** ; (fig. 148)
- b) lâché suivant sa **direction d'équilibre** ;
- c) projeté à sa **vitesse d'équilibre**.

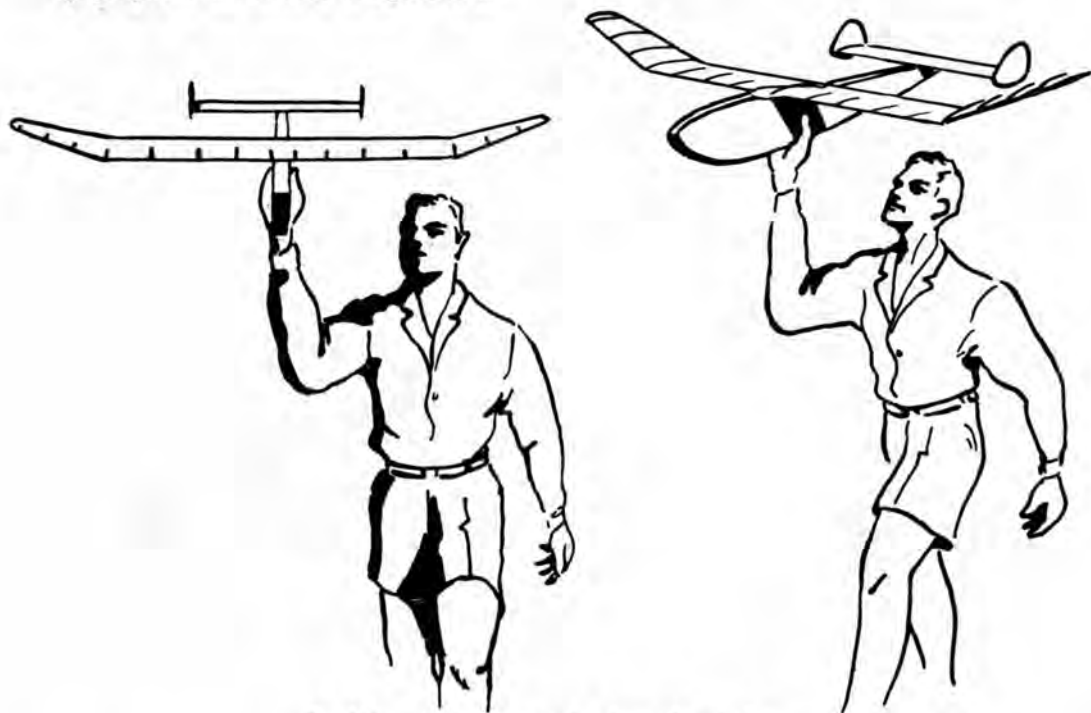


Fig. 148. — Tenue correcte du planeur lors du lancer.

Pour cela, vous tenez l'appareil par le fuselage, à l'aplomb du centre de gravité, légèrement en piqué, l'avant-bras vertical, la main un peu plus haute que la tête. L'aile est maintenue rigoureusement horizontale.

Vous visez un point du sol situé à 15 ou 20 mètres en avant et votre geste prend ce point pour cible, la main décrivant **une ligne droite** (fig. 149).

Le planeur, bien centré et bien lancé, peut faire un **vol correct** : il descend légèrement et régulièrement, sans aucune oscillation, et va se poser à 20 ou 30 mètres en avant de vous.

Il n'en est pas toujours ainsi.

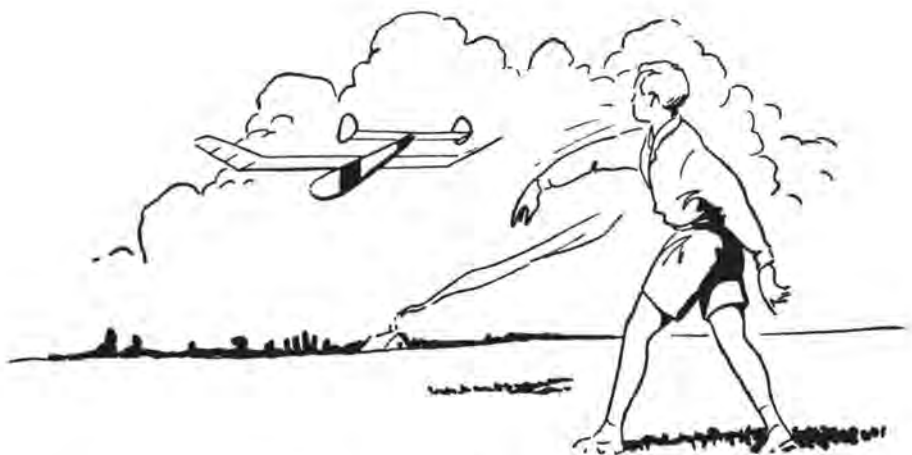


Fig. 149. — Lancer correct (terrain dégagé, fumée pour le vent, personnage en position de lancer).

2° LANCERS INCORRECTS :

a) Lancer trop rapide :

En raison de la vitesse trop grande, **la portance est plus forte que le poids**. Le planeur amorce une **chandelle** en haut de laquelle il est en **perte de vitesse**. Il **pique** alors vers le sol (fig. 150).

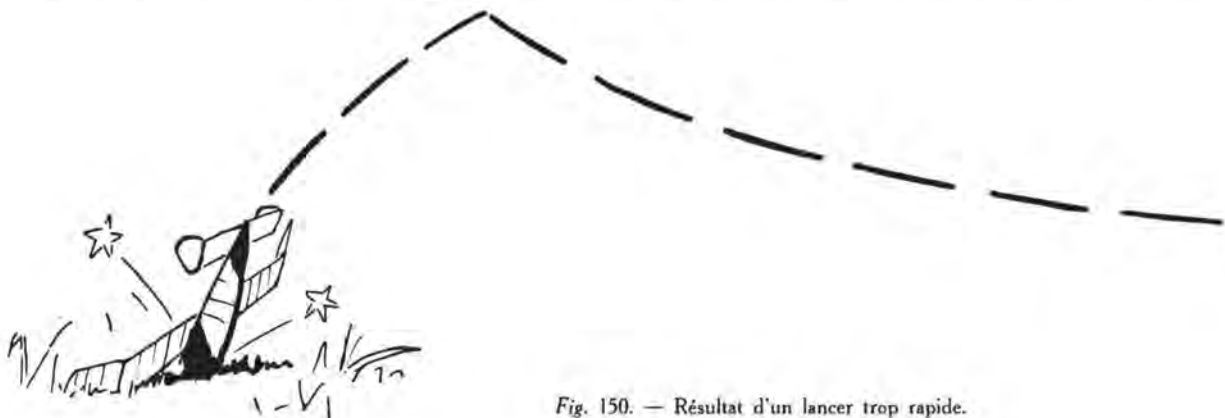


Fig. 150. — Résultat d'un lancer trop rapide.

b) Lancer trop lent :

En raison de la vitesse trop faible, **la portance est inférieure au poids**. Le planeur

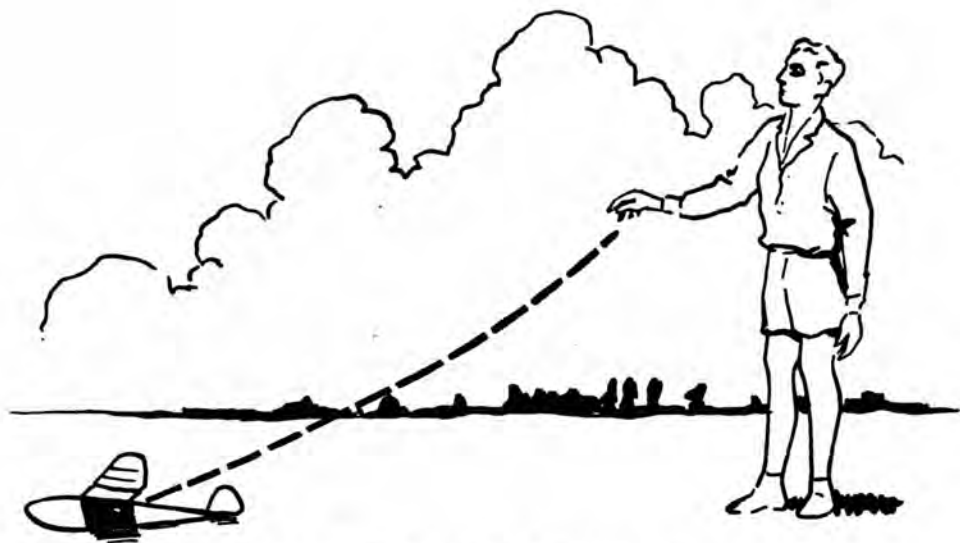


Fig. 151. — Résultat d'un lancer trop lent.

est entraîné vers le sol par la pesanteur. **Il descend très vite** et se pose à moins de 10 mètres.

c) **Lancer à la vitesse d'équilibre**, mais en position de « **cabré** ».

Le planeur, qui doit vaincre la pesanteur, **pique** vers le sol comme précédemment.

d) **Lancer à la vitesse d'équilibre**, mais avec un excès de « **piqué** ».

La vitesse du planeur augmente rapidement. **La portance devient supérieure au**

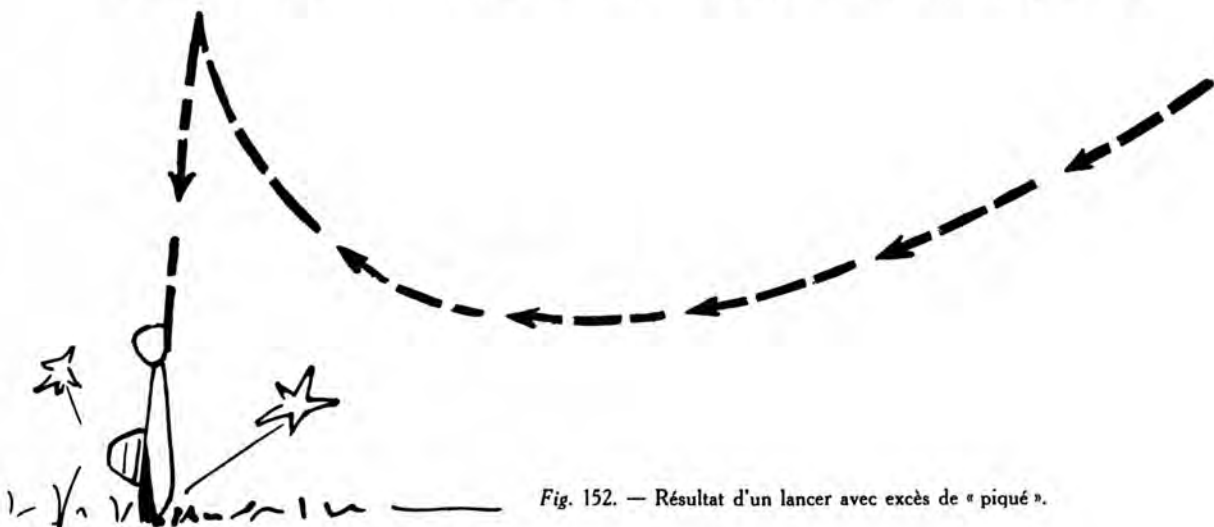


Fig. 152. — Résultat d'un lancer avec excès de « piqué ».

poids, et, comme dans le premier cas, l'appareil monte en **chandelle** puis se met en **perte de vitesse** et **pique** vers le sol (fig. 152).

e) **Lancer avec aile inclinée** :

Le planeur se met en **virage** et atteint le sol sur la pointe de l'aile (fig. 153).



Fig. 153. — Résultat d'un lancer avec aile inclinée.

3° VOLS INCORRECTS.

Le planeur étant **bien monté, bien centré et bien lancé**, deux cas peuvent se présenter :

a) **Vol terminé par un piqué** :

L'aile n'est pas assez cabrée par rapport au vent : la **portance est insuffisante**.

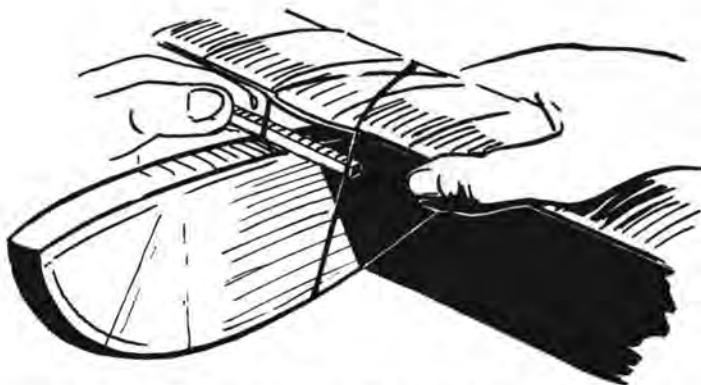


Fig. 154. — Mise en place d'une cale sous le bord d'attaque de l'aile.

REMÈDE · Placez une **cale** sous le bord d'attaque de l'aile de façon à **augmenter l'angle d'attaque** (fig. 154).

Vous pouvez obtenir le même résultat en plaçant une **cale sous le bord de fuite du plan fixe.** (fig. 155)

L'épaisseur de la cale convenable est obtenue progressivement, en procédant à des essais successifs (1 millimètre, puis 2, puis 3...).

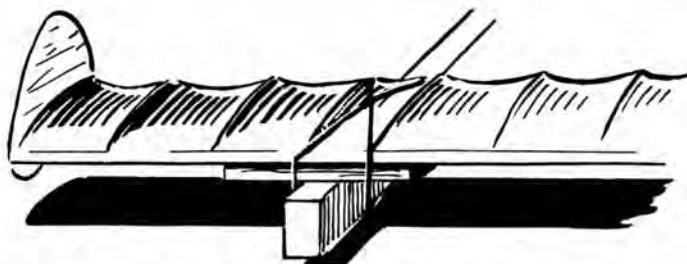


Fig. 155. — Cale fixée sous le bord de fuite du plan fixe.

b) **Vol avec amorce de chandelle suivie par une perte de vitesse :**

L'angle d'attaque de l'aile est trop grand : les filets d'air décollent de l'extrados, entraînant la disparition de la dépression. La portance faiblit brusquement. L'air ne soutient plus l'appareil qui se trouve alors en **perte de vitesse**. Le planeur bascule en avant, **pique** ; il « **cabre** » à nouveau pour retomber ensuite en perte de vitesse.

REMÈDE : Placez une cale sous le bord de fuite de l'aile de façon à diminuer l'angle d'attaque. (fig. 156)

Vous pouvez obtenir le même résultat en plaçant une **cale sous le bord d'attaque du plan fixe.** (fig. 157)

IV. TREUILLAGE.

Lorsque le planeur, lancé à la main, fait des vols corrects, vous pouvez envisager des **lancers au treuil ou au renvoi**, sur un **terrain très dégagé.**

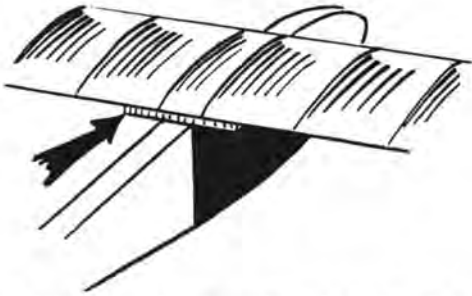


Fig. 156. — Une cale fixée sous le bord de fuite de l'aile.

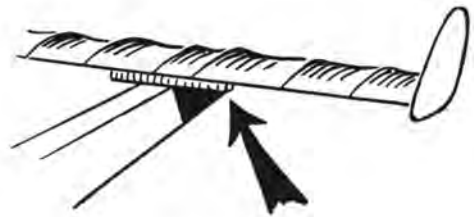


Fig. 157. — Une cale fixée sous le bord d'attaque du plan fixe

Mais avant :

Vérifiez la position du crochet qui doit être placé sensiblement en avant de la verticale passant par le point de centrage.

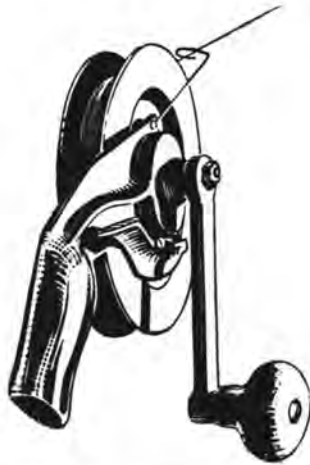


Fig. 158. — Un treuil de lancement.

1^o PRATIQUE DU TREUILLAGE.

Vous commencerez vos essais avec une vingtaine de mètres de fil. Vous augmenterez cette longueur par la suite.

Le **lanceur** tient le planeur **face au vent, cabré à 30 degrés** environ. A votre signal, et pendant que vous commencez à enrouler le fil, le lanceur accompagne l'appareil en courant, **sans le lancer**. Il ne le libère que lorsqu'il estime que le planeur a atteint sa **vitesse d'équilibre**.

Laissez le planeur voler « *en palier* » pendant quelques mètres (fig. 159). Augmentez ensuite, **sans exagérer**, la vitesse d'enroulement.

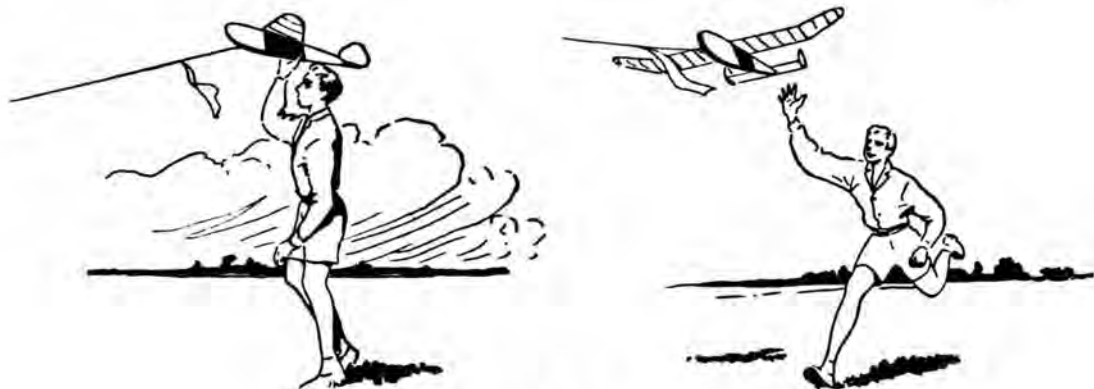


Fig. 159. — Tenue et lâcher du planeur lors du treuillage.

Agissez avec souplesse pour pouvoir **contrôler le vol** de votre appareil. Déplacez-vous pour suivre ses mouvements ; accentuez ou ralentissez momentanément la traction du fil d'après son comportement pendant la montée.

Lorsque le planeur a atteint son **maximum de hauteur**, vous allez l'aider à se libérer du fil. Pour cela, **vous ralentirez progressivement la vitesse d'enroulement** pour qu'il prenne de lui-même la position de vol plané. L'anneau se libère du crochet sans secousses et votre appareil poursuit son vol.

Soignez vos décrochages. Un enroulement trop rapide en fin de montée met le planeur en cabré. La traction cessant brusquement, l'équilibre est rompu. L'appareil, en perte de vitesse, amorce un piqué. S'il est stable et s'il est suffisamment haut, il se redresse après quelques cabrioles, mais il a perdu inutilement beaucoup d'altitude.

En tout temps, et surtout s'il y a du vent, **treuiliez en souplesse** : une traction trop brutale sur le fil risque toujours de provoquer la rupture des ailes.

2° MONTÉES INCORRECTES.

Au cours d'un treillage correct, votre planeur peut monter en « s'embarquant » à droite ou à gauche. Cela peut provenir : (Fig. 160)

a) De défauts de l'aile :

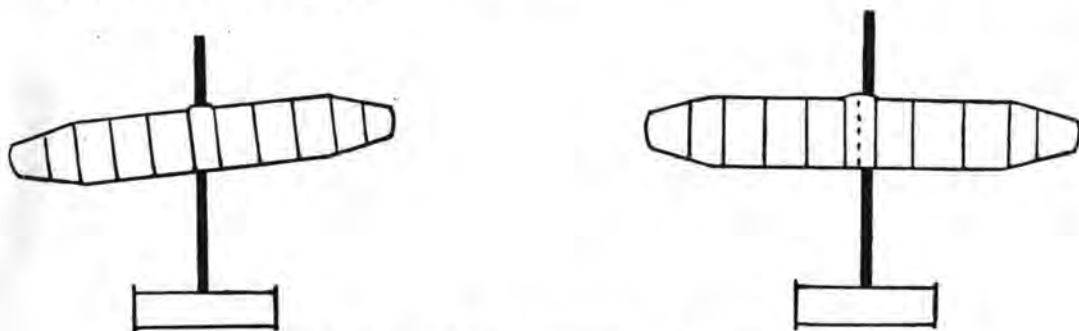


Fig. 160. — Aile fixée obliquement ; aile décentrée.

— **Aile mise obliquement sur le fuselage, aile décentrée** : rectifiez la position.

— **Demi-aile plus lourde que l'autre** : rétablissez l'équilibre en alourdissant, soit avec de la colle, soit avec des punaises, le bord marginal de la demi-aile la plus légère.

— **Aile vrillée** : remettez-la sur le chantier. C'est la meilleure solution. Sur le terrain, vous pouvez avoir recours à l'un des deux procédés suivants :

1° **si l'appareil « embarque » à gauche**, placez l'empennage en biais pour le faire virer à droite, et réciproquement. Vous pouvez arriver à rectifier le vol après plusieurs essais progressifs (Fig. 161)

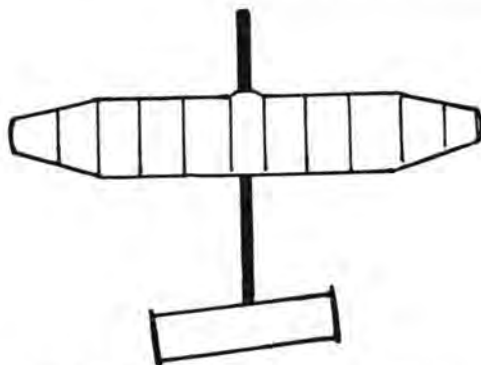


Fig. 161. — Orientation du plan-fixe pour compenser un « embarquement » à gauche.

2° collez au bord de fuite de chaque demi-aile, à la même distance des bords marginaux, deux morceaux rectangulaires de carton assez rigide (10 centimètres × 2). Ce sont des « flettner » qui remplissent le rôle des « ailerons » dans un véritable appareil. Pour redresser un virage à gauche, abaissez légèrement le flettner gauche et relevez le flettner droit. Vous faites l'opération inverse dans le cas d'un virage à droite. Là aussi vous devrez faire plusieurs essais progressifs avant d'arriver à un résultat satisfaisant (fig. 162).

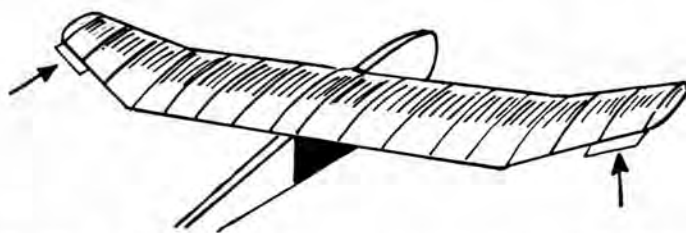


Fig. 162. — Pose de deux « flettner » pour compenser un vrillage de l'aile.

b) **De défauts du plan fixe** : ce sont les mêmes que ceux de l'aile. Vous les corrigez en employant les mêmes remèdes.

c) **De défauts du fuselage** : celui-ci peut être « vrillé ». Une seule solution : vous le remplacez.

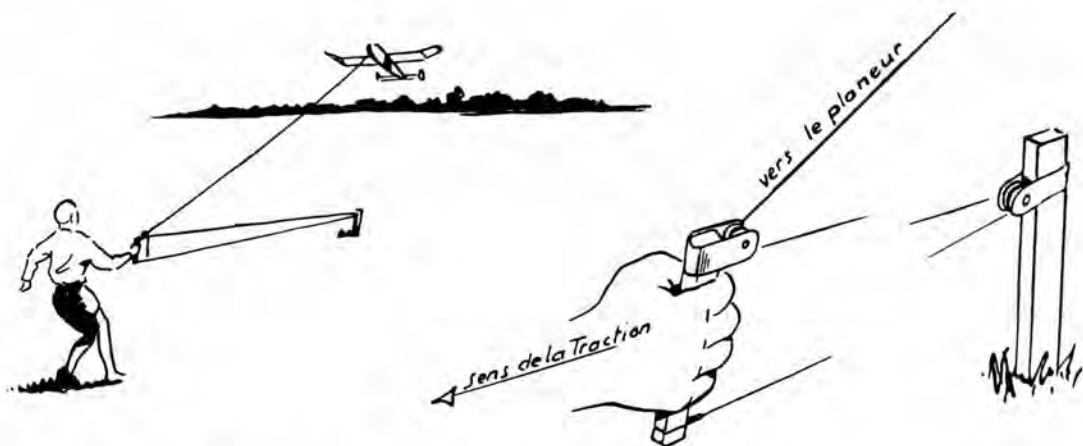


Fig. 163. — Croquis expliquant le système du renvoi et le lancer au renvoi

d) Enfin, si votre planeur est sans défauts et si, malgré un treillage correct, il « *s'embarque* » pendant la montée :

1° **ralentissez la traction** jusqu'à l'annuler : votre appareil revient ;

2° **reprenez et accélérez progressivement la traction** en prévoyant un nouveau ralentissement si le planeur « *embarque* » à nouveau ;

3° **si « l'embarquement » s'accroît** malgré vos efforts pour l'annuler, **décrochez** immédiatement votre appareil en rendant le fil.

REMARQUE. — A défaut de treuil, vous pouvez faire vos essais de lancers **au renvoi**, mais ceux-ci seront plus délicats et moins précis (fig. 163).

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉFACE	4
Chapitre Premier. — L'AVION	
I. — LA CELLULE.	
L'aile	8
Les empennages	11
Le fuselage	12
Le train d'atterrissage	14
II. — LE GROUPE MOTOPROPULSEUR	17
III. — LE POSTE DE PILOTAGE	
Les commandes de vol	19
Le tableau de bord	21
Chapitre II. — TECHNOLOGIE ÉLÉMENTAIRE DES MODÈLES RÉDUITS	
I. — GÉNÉRALITÉS.	
Définition	22
Classification	22
Différents types	24
II. — DESCRIPTION.	
Dimensions principales	26
L'aile	27
Les empennages	29
Le train d'atterrissage	30
Le fuselage	31
III. — CONSTRUCTION.	
Matériaux	32
Outillage	34
Procédés de construction :	
Aile et plan-fixe	35
Fuselage	38
Entoilage	41
Enduisage	42
Chapitre III. — NOTIONS ÉLÉMENTAIRES SUR LE VOL DES MODÈLES RÉDUITS	
I. — GÉNÉRALITÉS.	
Notion de force	43
Point d'application d'une force - Centre de gravité d'un corps	45
Existence de la résistance de l'air	47
Moyens de mesure	48
Causes de la résistance de l'air	49
Variations de la résistance de l'air	50

II. — VOL DU PLANEUR.	
Forces en jeu	57
Finesse	57
Stabilité	59
Centrage	61
Réglage et lancement	61
Chapitre IV. — ÉLÉMENTS D'AÉROLOGIE	
I. — LES VENTS	62
II. — LES COURANTS ASCENDANTS.	
Ascendances dynamiques	64
Ascendances thermiques	64
Ascendances de front d'orage	66
Ascendances de restitution	66
III. — UTILISATION POUR LES MODÈLES RÉDUITS.	
Vol de pente	67
Vol thermique	68
IV. — NOTIONS ÉLÉMENTAIRES SUR LES NUAGES	
Chapitre V. — ÉLÉMENTS DE GÉOGRAPHIE AÉRIENNE	
I. — LES LIGNES AÉRIENNES	72
II. — LES PRINCIPAUX RÉSEAUX AÉRIENS	73
III. — LE RÉSEAU FRANÇAIS.	
Le passé	75
Le présent	77
Chapitre VI. — ESSAIS EN VOL D'UN MODÈLE RÉDUIT ET RÉGLAGE	
I. — CENTRE DE GRAVITÉ — CENTRAGE	82
II. — PRATIQUE DU CENTRAGE	82
III. — ESSAIS A LA MAIN.	
Vol correct	84
Lancers incorrects	85
Vols incorrects et remèdes	87
IV. — TREUILLAGE.	
Pratique du treuillage	89
Montées incorrectes et remèdes	91

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Jean LOUIS (Délégué départemental du C.L.A.P.). — Notes pédagogiques à l'intention des sections scolaires.

Marc GRANDJEAN (Directeur national du C.L.A.P.). — Directives d'aéromodélisme.

André MALDANT et Michel VERMOT-GAUCHY. — L'Aviation, centre d'intérêt scolaire.

Michel VERMOT-GAUCHY. — La conquête de l'espace.

IMPRIMERIE NATIONALE
6 4 2 705 0 6 7007 2 GF-Tg