

HAMON & JAMES



MANUEL DE L'AVIATEUR

NOTIONS GÉNÉRALES
:: SUR L'AVIATION ::

A l'usage des aviateurs
et des candidats
aux troupes de l'Aéronautique Militaire

4^E ÉDITION
revue et mise à jour par R. DESMONS



LIBRAIRIE AÉRONAUTIQUE

40, rue de Seine, PARIS

NOTE DES ÉDITEURS

Par suite de nombreux points de contact qui existent entre les troupes d'aviation et d'aéronautique, nous avons jugé inutile de faire figurer dans ce Manuel tout ce qui concerne les cordages, nœuds, etc. Cette matière ayant été traitée de façon complète par le capitaine Do dans son *Manuel de l'aérostier*, nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer nos lecteurs à cet ouvrage.

MANUEL DE L'AVIATEUR

CHAPITRE PREMIER

LA RÉSISTANCE DE L'AIR ET SES LOIS

1. — Résistance de l'air.

L'air qui nous entoure oppose une certaine résistance au mouvement des corps qui s'y déplacent.

Nous savons tous qu'il faut exercer un effort pour manier un éventail, agiter une étoffe déployée, un parapluie ouvert, etc.

C'est bien l'air qui est cause de cette résistance. On peut le démontrer par l'expérience suivante :

Si nous enfermons dans un long tube de verre des corps variés : morceaux de plomb, de bois, de papier, barbes de plumes, poudre de lycopode, et que nous retournions le tube, les différents corps tombent avec des vitesses très différentes : les plus lourds arrivent en bas les premiers, tandis

que les plumes et la poudre descendent lentement. Supposons qu'on fasse le vide dans le tube, en aspirant l'air avec une machine pneumatique. Tous les corps tombent alors avec la même vitesse. La poudre de lycopode et les morceaux de papier arrivent en bas en même temps que les grains de plomb. C'était donc bien l'air qui entravait inégalement les corps dans leur mouvement de chute.

Cette propriété de l'atmosphère, de s'opposer au mouvement des corps qui s'y déplacent, s'appelle la *résistance de l'air*.

2. — Aérodynamique.

On appelle *aérodynamique* la science qui étudie les lois de la résistance de l'air.

La résistance éprouvée par les corps dans leur déplacement dans l'air dépend de leur forme, du poli de leur surface, de leur position, de la vitesse du déplacement.

Les recherches sur ces phénomènes, faites dans les laboratoires aérodynamiques par des méthodes différentes qui se contrôlent les unes les autres, ont permis d'établir les principaux résultats suivants :

3. — Surfaces planes perpendiculaires au déplacement (fig. 1).

Pour ces surfaces, la résistance de l'air R est une force dirigée en sens inverse du déplacement, per-

pendiculairement à la plaque et appliquée au centre C, qu'on appelle centre de résistance ou centre de poussée.

Elle est proportionnelle à la surface S de la plaque (surface doublée, force doublée).

Elle est proportionnelle au carré de la vitesse ($V \times V$); par exemple pour une vitesse double, la force de réaction est $2 \times 2 = 4$ fois plus grande (1).

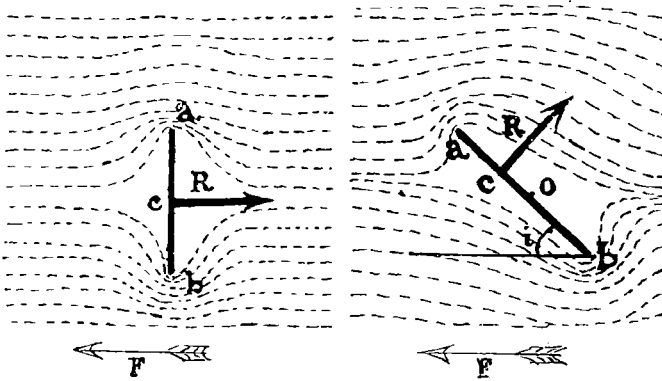


FIG. 1

FIG. 2

4. — Plaques planes inclinées (fig. 2).

Pour ces surfaces, la résistance de l'air est

(1) Ces résultats peuvent se traduire par la formule $R = KSV^2$, dans laquelle K est un coefficient numérique égal à 0,08 environ. Si on fait dans la formule $S = 1$ mètre carré, $V = 1$ mètre seconde, il vient $R = K$, le coefficient K mesure donc la résistance d'un plan de 1 mètre carré se déplaçant à la vitesse de 1 mètre par seconde. Cette résistance est de 0 kil. 08.

dirigée perpendiculairement à la plaque, en sens inverse du déplacement. Elle tend donc à la tirer vers le haut et en arrière, c'est-à-dire à la retarder et à la soulever.

Elle croît avec l'inclinaison i , suivant une loi compliquée. On admet, avec une approximation, suffisante dans la pratique, qu'elle est proportionnelle à l'inclinaison jusqu'à 15° (1).

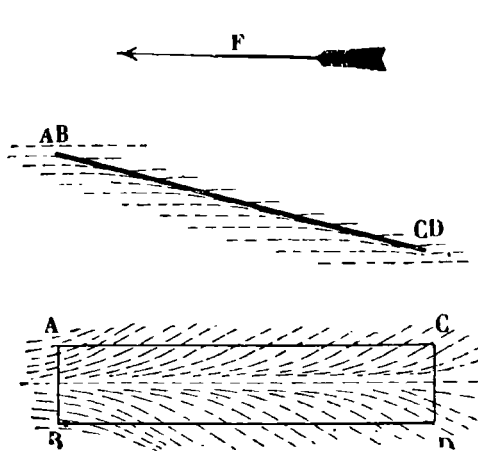


FIG. 3

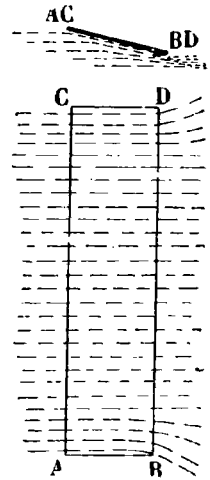


FIG. 3 bis

La position du centre de résistance C varie avec l'inclinaison; il est toujours entre le centre O de la plaque et le bord d'attaque a , et d'autant plus près de ce dernier que l'inclinaison est plus petite.

(1) Ces résultats peuvent se représenter grossièrement par $R = KSV^2i$. En réalité, il n'y a pas de formule capable de représenter exactement la résistance des plaques inclinées.

L'inclinaison s'appelle aussi incidence, on l'exprime habituellement en degrés.

Pour des plaques de même surface, de même inclinaison, mais de formes différentes, la résistance varie avec la forme. Par exemple, un rectangle, attaquant l'air par le petit côté (fig. 3), reçoit une poussée moindre qu'un rectangle identique attaquant l'air par son grand côté (fig. 3 bis). L'allongement de la surface en envergure augmente la réaction de l'air.

5. — Plaques courbes (fig. 4).

Les plaques courbées en arc et recevant l'air par leur face inférieure concave se comportent, à

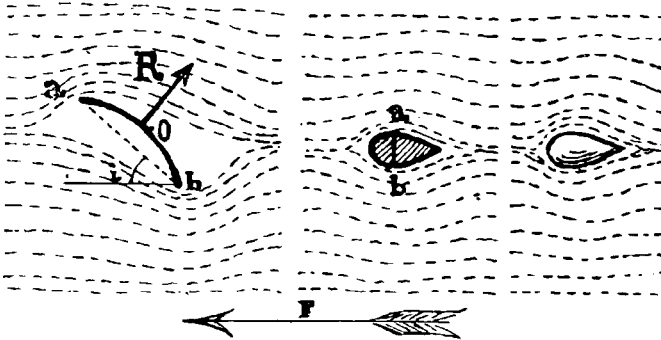


FIG. 4

FIG. 5

FIG. 5 bis

peu près, comme les plaques planes, sauf que pour les petites inclinaisons (0 à 15°), le centre de résistance C s'éloigne du bord d'attaque a quand

l'inclinaison diminue, jusqu'à passer en arrière du centre O de la plaque.

L'incidence d'une surface courbe se mesure habituellement par l'angle i de sa corde ab avec la direction F du déplacement.

6. — Surfaces autres que les plaques.

Pour les corps qui affectent la forme d'une barre, l'expérience montre que, toutes choses égales d'ailleurs, la résistance varie avec la forme de la section. Elle est plus grande pour une section carrée que pour une section circulaire, qui offre elle-même plus de résistance que la forme ovale dissymétrique (fig. 5), se déplaçant le gros bout en avant. C'est cette forme de section que l'expérience montre être la plus avantageuse.

Parmi les solides géométriques, on trouve, par ordre de résistances décroissantes : le cube, le cylindre, le cylindre terminé par des hémisphères, la sphère et enfin l'ovoïde (fig. 5 bis), qui est la forme de bon projectile par excellence. C'est, approximativement, celle du corps des oiseaux et des poissons.

7. — Influence de la position relative des corps.

La position relative des corps influe sur la résistance qu'ils éprouvent de la part de l'air.

Deux corps placés l'un derrière l'autre, et suffisamment rapprochés, offrent une résistance totale

moindre que les deux corps séparément : le second est aspiré dans le sillage de celui qui le précède.

Des corps placés côte à côte et suffisamment rapprochés, comme les tubes d'un radiateur, offrent plus de résistance que séparément, et cette résistance croît avec le rapprochement.

Deux surfaces placées parallèlement l'une au-dessus de l'autre, comme les deux ailes d'un biplan, se nuisent mutuellement. Elles ont, ainsi accouplées, une force portante moindre que l'ensemble des deux prises séparément.

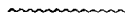
8. — Manière dont agit la résistance de l'air.

La résistance de l'air est due à la déviation des molécules gazeuses au passage des solides. Elle se traduit par un double phénomène : compression de l'air en avant de la surface et aspiration en arrière ; ce dernier phénomène ayant sensiblement une importance double du premier. C'est ainsi qu'une aile d'aéroplane est aspirée par sa face supérieure beaucoup plus qu'elle ne s'appuie sur les couches d'air placées au-dessous d'elle. La dépression sur le dos de l'aile a une importance environ double de la surpression sous la face inférieure.

CHAPITRE II

PRINCIPE DE L'AÉROPLANE

FORCES AUXQUELLES IL EST SOUMIS



9. — Représentation graphique et composition des forces.

Représentation graphique. — Afin de rendre plus claires les études qui vont suivre, nous allons dire un mot de la représentation graphique des forces et de leur composition.

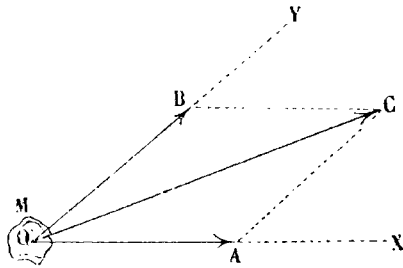


FIG. 6

Considérons un corps M (fig. 6) auquel est attachée en O une corde sur laquelle on exerce, dans la direction O X, une traction de 20 kilos. Convenons que 1 millimètre de longueur repré-

sentera 1 kilo, et portons sur O X une longueur de 20 millimètres. Ajoutons une flèche indiquant dans quel sens agit la force. Nous avons ainsi représenté graphiquement une force.

O X s'appelle la *direction* de la force,

O, le *point d'application*.

La longueur du segment (exprimée ici en millimètres) représente la grandeur de la force qu'on appelle l'*intensité*.

La direction de O vers X, dans laquelle la force sollicite le corps, s'appelle le *sens*.

La droite O A, avec le point O et la flèche, s'appelle aussi *vecteur*.

Composition des forces. — Supposons que plusieurs forces ou plusieurs cordes tirent sur M dans des directions O X et O Y par exemple, en exerçant des efforts de 20 et 30 kilos. Représentées comme il vient d'être dit, une de ces forces sera le vecteur O A, l'autre le vecteur O B. Par A, menons une parallèle à O B et par B une parallèle à O A ; elles se coupent en C. Mesurons O C, nous trouvons, par exemple, 45 millimètres. Donc, dans le mode de représentation que nous avons adopté, O C représente une force de 45 kilos dirigée suivant O C et dans le sens de O vers C. Or, si nous plaçons une troisième corde attachée au corps M suivant O C et que, supprimant les forces O A et O B, nous exercions sur O C une traction de 45 kilos, l'effet est le même que celui de O A et O B réunies. Donc, étant donné deux forces O A et O B, nous pouvons les remplacer par une seule :

O C, qui est la diagonale du parallélogramme construit sur O A et O B comme côtés. Cette construction s'appelle la *règle du parallélogramme des forces*.

La force O C s'appelle la *résultante* des forces O A et O B.

Si l'on avait plus de deux forces, on en composerait d'abord deux d'après la règle qui vient d'être donnée, puis la résultante ainsi obtenue serait composée avec la troisième force, toujours de la même façon, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait une seule force équivalente à toutes les autres, et qu'on appelle leur *résultante*.

Réciproquement, une force O C peut toujours se décomposer, suivant deux directions O X et O Y, en deux forces O A et O B, par la construction inverse : par C on mène des parallèles à O X et O Y, et on obtient ainsi les points A et B.

10. — Principe de l'aéroplane.

Revenons à l'expérience de la plaque inclinée (fig. 2) ; nous avons vu que si nous déplaçons une plaque légèrement inclinée d'un mouvement horizontal, de façon qu'elle reçoive le choc de l'air sur sa face inférieure, elle est soumise à une force perpendiculaire à son plan qui tend à la fois à la retarder et à la soulever. Cela tient à ce que la plaque, rejetant l'air vers le bas et en avant, celui-ci résiste et tend à repousser la plaque vers le haut et en arrière.

Nous pouvons décomposer OR , suivant la règle du parallélogramme, en une force verticale OV et une force horizontale OH . OV s'appelle la *poussée* de l'air sur la surface et OH la *trainée*.

Supposons qu'au lieu d'une simple plaque il s'agisse d'un appareil constitué par un grand plan rectangulaire AB (fig. 7) analogue à la plaque, fixé à un bâti et traîné horizontalement par un propulseur (un moteur à pétrole et une hélice aérienne). Cet appareil se comportera exactement comme la plaque inclinée :

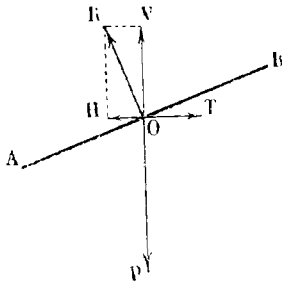


FIG. 7

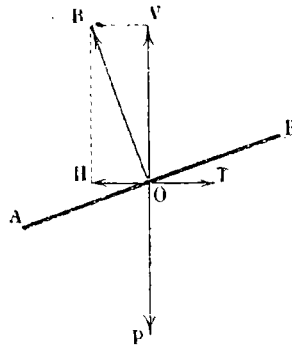


FIG. 8

Sous l'influence du déplacement horizontal, dû à la traction T de l'hélice, la rencontre de l'air avec AB fera naître une force OR perpendiculaire à ce plan. À mesure que la vitesse croît, la force OR , d'abord faible, croît ainsi que ses composantes V et H . Si la puissance du propulseur est suffisante, il arrive un moment où V devient égale, puis supérieure au poids P de l'appareil (fig. 8). À ce

moment, il quitte le sol et se met à monter. Quand l'aviateur juge la hauteur suffisante, il modifie l'incidence de A B par la manœuvre du gouvernail de profondeur que nous décrirons plus loin.

Toute variation d'incidence entraînant une variation de R, on conçoit qu'on puisse ainsi donner à V une valeur telle qu'elle soit juste égale au poids P de l'appareil. Alors celui-ci, n'étant plus sollicité ni par V ni par P qui s'équilibrent, se déplace horizontalement.

Mais en même temps que V croissait, la composante horizontale H de R croissait aussi.

Cette force H constitue la résistance à l'avancement de la voilure. Elle doit être annulée par la traction T de l'hélice.

En réalité, à la résistance à l'avancement H, faite par le plan A B, s'ajoute une résistance supplémentaire due à toutes les parties de l'aéroplane autres que la voilure : surfaces de gouverne, bâti, moteur, passager, train d'atterrissage, etc. Cette résistance supplémentaire s'appelle *résistance nuisible*, parce qu'elle absorbe une partie de l'effort de traction sans donner d'effet utile de sustentation.

La résistance nuisible, jointe à la résistance à l'avancement de la voilure, constitue ce qu'on appelle la *résistance totale à l'avancement* de l'aéroplane.

Quand cette résistance totale est égale à la force de traction de l'hélice, l'appareil se déplace d'un mouvement uniforme.

11. — Forces agissant sur un aéroplane en vol horizontal.

D'après ce qui précède, nous voyons que les forces agissant sur un aéroplane en vol horizontal sont :

- La pesanteur ;
- La réaction de l'air sous la voilure ;
- La réaction de l'air sur le corps de l'appareil ;
- La force de traction de l'hélice.

Ces forces, décomposées suivant des directions parallèles et perpendiculaires à la trajectoire, peuvent se ramener à quatre forces, à savoir :

Deux forces verticales, perpendiculaires à la trajectoire :

Le poids P de l'appareil ;

La composante verticale V de la résistance de l'air.

Deux forces horizontales parallèles à la trajectoire :

La traction T de l'hélice ;

La résistance à l'avancement H de l'appareil.

Les conditions nécessaires pour permettre le vol horizontal d'un aéroplane sont :

1° Que la composante verticale V de la résistance de l'air soit égale au poids de l'appareil. $V = P$;

2° Que l'effort de traction de l'hélice soit égal à la résistance totale à l'avancement. $T = H$.

12. — Forces agissant sur un aéroplane en descente.

Si l'aéroplane se met à la descente sur une trajectoire XX' la pesanteur intervient pour accroître la force motrice par sa composante p , dirigée suivant la trajectoire et dans le même sens que T (fig. 9). En particulier, c'est la seule force motrice agissant dans les planeurs, qui sont des aéroplanes sans moteur.

13. — Forces agissant sur un aéroplane en montée.

Si l'aéroplane est en montée, la composante p intervient encore, mais dirigée en sens contraire

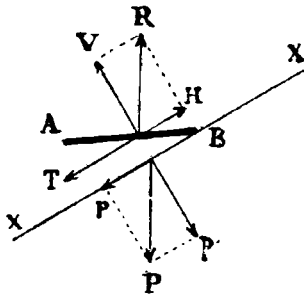


FIG. 9

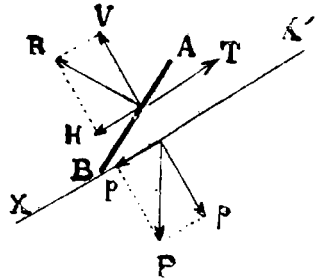


FIG. 10

de T (fig. 10). Elle a donc pour effet d'accroître la force motrice nécessaire.

14. — Conditions de fonctionnement des aéroplanes.

De l'exposé qui précède, il résulte qu'un aéroplane volera avec une force de traction d'autant plus faible, et par conséquent avec un moteur d'autant moins puissant, que V sera plus grand par rapport à H . Toutes les améliorations apportées à l'aéroplane devront donc tendre à augmenter ce rapport V/H .

En particulier, il ne suffit pas d'avoir des voilures très portantes, il faut encore qu'elles offrent peu de résistance à l'avancement. C'est pourquoi :

1° On emploie des voilures à profil concave (fig. 4), qui sont beaucoup plus portantes que les plans pour une même résistance à l'avancement ;

2° Ces ailes concaves sont placées sous des incidences variant de 3 à 12°, pour lesquelles elles ont le plus grand rendement.

Dans ces conditions, la résistance de l'air a une direction voisine de la verticale ; par suite, sa composante verticale (sustentatrice) a une valeur très voisine de la force elle-même, tandis que la composante horizontale (résistance à l'avancement de la voilure) est très faible.

3° On diminuera autant que possible la résistance à l'avancement des parties accessoires de l'aéroplane en réduisant leur nombre, en leur donnant une forme appropriée, en les plaçant, quand cela est possible, à la suite les unes des autres, de façon

qu'elles se masquent par rapport au vent de la marche, etc.

4° On donne à la voilure un grand allongement en envergure, ce qui augmente son rendement. Cet allongement (rapport de l'envergure à l'autre dimension) est habituellement compris entre 4 et 6.

5° La résistance de l'air croît proportionnellement au carré de la vitesse; par conséquent, plus un appareil ira vite, moins il lui faudra de surface pour enlever un poids donné. Il semble donc tout indiqué de faire des appareils très rapides, ayant une petite surface. Mais on est arrêté, dans cette voie, par la nécessité de pouvoir se soutenir en l'air si le moteur s'arrête, et par les difficultés de départ et d'atterrissage.

Dans les appareils actuels, la vitesse est voisine de 25 mètres par seconde (90 kilomètres à l'heure), mais elle peut aller de 16 mètres (60 kilomètres-heure) pour les plus lents à 40 mètres (140 kilomètres-heure pour les plus rapides) (1). Le poids porté varie, suivant les appareils, entre 12 et 40 kilos par mètre carré de surface de voilure; il se tient habituellement autour de 15 kilos pour les biplans et 25 pour les monoplans.

(1) Ces vitesses sont les vitesses propres des appareils, c'est-à-dire celles qu'ils réaliseraient par vent nul. S'il fait du vent, la vitesse de l'appareil, par rapport au sol, se trouve modifiée. S'il marche dans le sens du vent, sa vitesse, par rapport au sol, est égale à sa vitesse propre, plus celle du vent. S'il avance contre le vent, sa vitesse, par rapport au sol, est égale à sa vitesse propre, moins celle du vent.

CHAPITRE III

STABILISATION ET MANŒUVRES

15. — Gouvernail d'altitude. Montée et descente.

Il faut que l'aéroplane puisse, à volonté, monter, descendre ou marcher horizontalement. Dans

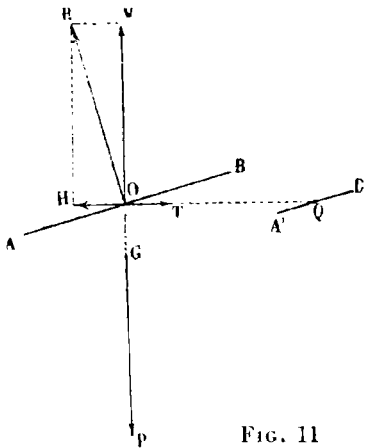


FIG. 11

ce but, il est muni d'un organe appelé gouvernail d'altitude ou équilibreur. Supposons qu'en avant du plan sustentateur AB on ait disposé une surface A'B' plus petite, et supposons que dans le cas de la figure 11, le plan A'B' soit placé de façon

telle que l'aéroplane chemine horizontalement. Soit alors R la résultante de la résistance de l'air sur l'ensemble de l'appareil. Décomposons-la suivant ses composantes V et H ; V est égale et directement opposée au poids P , H à l'effort de traction T . Augmentons l'inclinaison de $A'B'$, la résis-

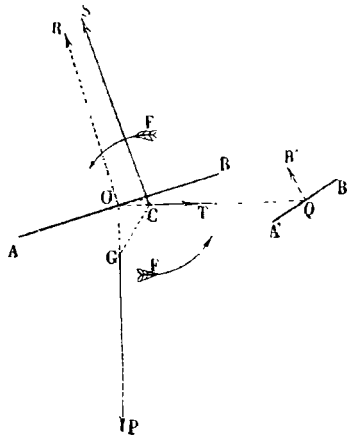


FIG. 12

tance de l'air sur $A'B'$ augmente (fig. 12). Soit R' cette augmentation. L'appareil est soumis à R et R' , que nous pouvons remplacer par leur résultante S , placée en avant de R . Mais S n'est plus dans le prolongement du poids P , et l'effet de P et de S est de faire tourner l'appareil dans le sens de la flèche F . L'inclinaison de AB change, et, par suite, la direction et le point d'application de la résistance de l'air jusqu'à ce que l'appareil ait trouvé une autre position d'équilibre pour laquelle

V et P soient dans le prolongement l'une de l'autre. L'avant de l'appareil se trouve relevé et l'aéroplane monte. La manœuvre inverse l'aurait mis en descente. On obtiendra donc la montée et la descente en inclinant $A'B'$ en dessus ou en dessous de la position moyenne $A'B'$ de la figure 11.

On obtiendrait le même résultat avec une surface $A'B'$ placée à l'arrière de AB , à la condition de la manœuvrer en sens inverse.

16. — Stabilité longitudinale.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé l'air parfaitement calme ; en réalité, il n'en est jamais ainsi. Le milieu aérien est en perpétuel mouvement, sillonné de courants en tous sens, même quand il est calme en apparence. Quand ces courants ont une certaine intensité, on les appelle vents ou rafales.

En air calme, la sustentation résulte uniquement de la vitesse de l'appareil ; en air agité, la vitesse du vent s'ajoute à la vitesse propre de l'aéroplane ou s'en retranche, en sorte que la force R varie continuellement. Supposons que, sous l'effet d'un coup de vent, elle devienne S (fig. 12). Si S est en avant du centre de gravité, l'appareil tend à se cabrer ; si S est à l'arrière, l'appareil pique du nez.

Il en résulte des oscillations longitudinales continues, que le pilote doit corriger au moyen de son gouvernail d'altitude. C'est la *stabilisation longitudinale commandée*.

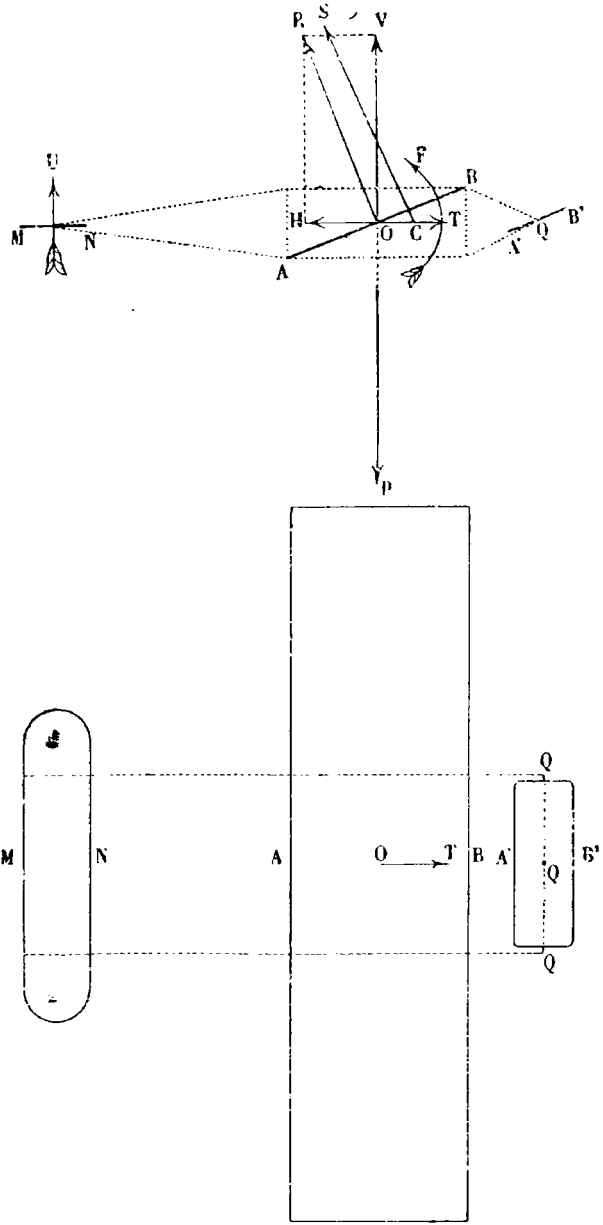


FIG. 13. — Élévation et plan schématique d'un aéroplane.

AB, surface sustentatrice ; — A', B' gouvernail de profondeur ; — MN, queue stabilisatrice.

17. — Queues stabilisatrices.

Certains dispositifs fixes de l'appareil permettent de corriger automatiquement ces oscillations, quand leur amplitude n'est pas trop grande, sans que le pilote ait à intervenir. On les appelle queues stabilisatrices ou empennages. Un empennage est tout simplement constitué par une surface $M N$, analogue aux plans $A B$, mais de plus petites dimensions, placée horizontalement dans le lit du vent (fig. 13). Pendant le vol horizontal, elle coupe l'air par la tranche et n'agit pas ; mais si l'appareil vient à osciller, à se cabrer, par exemple, la queue $M N$ se présente au vent avec une certaine incidence, et reçoit, sur sa face inférieure, une poussée U de l'air (fig. 18), normale à $M N$, dont l'effet est de communiquer à l'appareil une rotation en sens inverse de celle de cabrage. Elle s'oppose donc au changement d'inclinaison qu'aurait produit le vent.

L'appareil ainsi stabilisé se défend seul contre les remous. On dit alors qu'il a une *stabilité propre ou naturelle* ; on dit aussi quelquefois *automatique*, par opposition avec la stabilité commandée par le pilote.

18. — Dièdre longitudinal.

Au lieu de traîner après soi une surface $M N$ qui n'intervient pas dans la sustentation, on peut lui donner une certaine inclinaison, comme à $A B$. Elle devient alors portante et concourt à la sustentation. Dans ce cas, il faut avoir soin que l'inclinaison

son de la seconde surface soit inférieure à celle de la première. Si la surface auxiliaire est à l'arrière, comme dans les appareils à queue, elle doit avoir une incidence inférieure à celle des ailes. Si elle est à l'avant, comme dans les appareils canards, elle doit avoir une incidence plus grande que celle des ailes. De cette façon, quand l'appareil plonge de l'avant, l'incidence et, par suite, la force portante de la seconde surface s'annule avant celle de la première. L'arrière, n'étant plus soutenu, tombe, et l'appareil se trouve remis d'aplomb. La disposition des deux voitures, qui font entre elles un certain angle, s'appelle le *V* ou *dièdre longitudinal*.

19. — Danger des incidences réduites.

Il est important d'éviter les grandes oscillations, car, lorsque l'appareil plonge de l'avant, son angle d'attaque diminue ; s'il diminue au-dessous d'une certaine limite, la voilure ne porte plus, l'appareil tombe verticalement, sans pouvoir se rétablir.

C'est pourquoi on ne doit pas marcher avec des inclinaisons de voilures trop faibles ; 3° semble être la limite inférieure.

20. — Stabilité latérale, gauchissement, ailerons.

Mais l'aéroplane peut être basculé latéralement, dans le cas, par exemple, où le vent souffle plus fort sous une aile que sous l'autre. Les procédés qui servent au maintien de la stabilité latérale (ou stabilité transversale) consistent à pouvoir faire

varier séparément la force portante de chaque aile. Il suffira donc d'augmenter la force portante de l'aile qui baisse, et on rétablira ainsi l'équilibre transversal. Ce résultat s'obtient en modifiant l'incidence d'une partie ou de la totalité de l'aile : *ailerons, gauchissement*

Les *ailerons* sont des volets articulés à charnières à l'arrière de l'aile et dans son prolongement. En les abaissant plus ou moins, on accroît la courbure et l'incidence de l'aile.

Dans le *gauchissement*, on obtient le même effet par flexion de l'arrière de l'aile.

En air calme, la disposition en V des ailes, c'est-à-dire celle d'un accent circonflexe à l'envers, est stabilisatrice ; c'est le contraire en air agité, aussi emploie-t-on généralement des ailes placées dans le prolongement l'une de l'autre et se contente-t-on de la stabilisation par gauchissement ou ailerons.

La disposition en V des ailes s'appelle dièdre latéral.

21. — Stabilité de route.

Enfin, les coups de vent peuvent avoir pour effet de faire varier le plan de route, c'est-à-dire la direction suivie par l'aéroplane.

La présence d'un plan vertical entoilé, à l'arrière de l'appareil, obvie à cet inconvénient et assure la stabilité de route. Il se comporte à la façon d'un empennage plat dans le cas de la stabilité longitudinale. Ce plan vertical est, en général, tout simplement le gouvernail de direction. L'appareil