**Zeitschrift:** Revue Militaire Suisse
**Herausgeber:** Association de la Revue Militaire Suisse
**Band:** 56 (1911)
**Heft:** 2

**Artikel:** L'aviation
**Autor:** Reymond, Max
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-339249

**Nutzungsbedingungen**
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 10.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# L'AVIATION[1]

Le fameux circuit de l'Est, la traversée du Simplon et les manœuvres de Picardie, viennent de montrer que l'aéroplane est capable de devenir une des aides les plus efficaces du haut commandement dans les opérations militaires.

Nous espérons donc intéresser tous ceux que préoccupe le développement militaire de notre pays en exposant brièvement les principes scientifiques sur lesquels repose la construction des aéroplanes et en examinant quelles ont été les difficultés rencontrées et vaincues par les aviateurs.

## Introduction.

La navigation aérienne demande la résolution des deux problèmes suivants : *la sustentation* et *la direction*, c'est-à-dire la possibilité de soutenir un véhicule dans l'atmosphère à une hauteur déterminée et la faculté de le déplacer horizontalement de façon à l'amener au dessus du point du sol que l'on veut atteindre.

Deux méthodes différentes permettent d'obtenir *la sustentation :* le procédé statique et le procédé dynamique.

La *sustentation statique* est une conséquence du principe d'Archimède, en vertu duquel un corps peut s'élever dans l'atmosphère s'il est plus léger que le volume d'air qu'il déplace. Lorsque la poussée de l'air égale le poids du ballon, celui-ci peut se maintenir immobile à une certaine distance de la terre, d'où le nom de sustentation statique donné à ce mode d'équilibre.

La *sustentation dynamique*, au contraire, consiste à maintenir dans l'atmosphère, un appareil beaucoup plus lourd que l'air et cela par un travail mécanique incessant.

Pour donner un exemple frappant de ces deux genres de sustentation, nous dirons que la sustentation statique corres-

[1] Conférence faite à Genève à l'occasion de l'assemblée générale de la Société Romande des Armes spéciales.

pond à celle d'un bouchon flottant sur l'eau, tandis qu'un palet ricochant à la surface d'un étang peut, malgré sa pesanteur, se maintenir sur l'eau par un effet de sustentation dynamique.

Tant que le palet est animé d'une vitesse sufffsante et qu'il touche la surface du liquide sous un angle convenable, il se maintient sur l'eau ; aussitôt qu'il ralentit sa course, il enfonce.

Bien que par l'imitation du vol des oiseaux l'homme ait cherché, dès les temps les plus reculés, à réaliser dans l'air la sustentation dynamique, c'est la sustentation statique qui, la première, lui a donné un résultat pratique. On peut dire que depuis 1783 la première partie du problème de la navigation aérienne fut résolue par les frères Montgolfier. Mais il n'en fût pas de même de la deuxième partie, soit de la direction, que l'on tenta d'obtenir de diverses façons.

De nombreux aéronautes tels que Tissandier, Lhoste, ayant constaté qu'il règne à différentes altitudes des courants variables en intensité et en direction, ont pensé que la dirigeabilité des ballons pouvait être obtenue en cherchant à diverses hauteurs le courant favorable, capable de déplacer le ballon dans la direction désirée. Plusieurs essais furent tentés ; ils ne donnèrent que très rarement le résultat demandé.

On chercha donc à munir les ballons d'un propulseur qui leur permît de se mouvoir dans tous les sens. Il fallut plus de cent ans pour obtenir un résultat appréciable, car la première tentative couronnée de quelque succès fut celle du ballon « La France » en 1884.

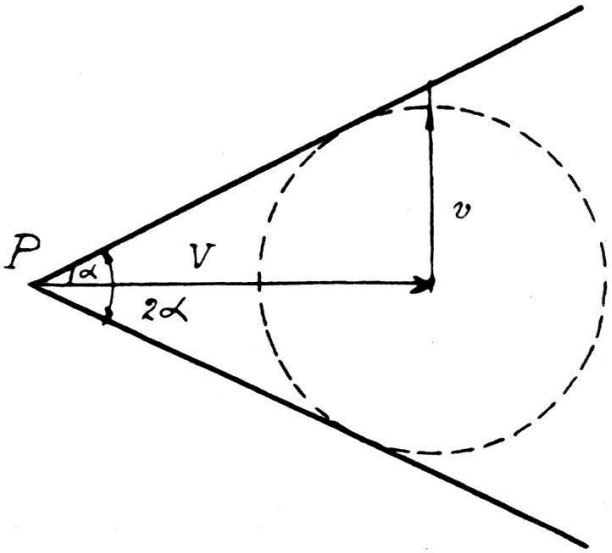
Avant de poursuivre notre étude sur la dirigeabilité des navires aériens, ballons ou appareils d'aviation, nous devons rappeler que pour l'aéronaute et l'aviateur le vent ne semble pas exister, par le fait qu'ils sont dans l'air et non plus sur le sol.

Tout se passe pour un appareil aérien, qu'il soit dirigeable ou non, comme s'il était dans un milieu absolument calme.

Si l'appareil est muni d'un propulseur, il se déplacera au sein de cet air tranquille et le pilote ne sentira que le courant d'air venant de l'avant et se dirigeant vers l'arrière. Ce courant est dû à la vitesse propre de l'appareil, mais il n'a aucun rapport avec le vent observé de la terre.

La vitesse propre de l'appareil est indépendante de celle du vent ; elle dépend du moteur, du propulseur, de la forme et de la grandeur de l'appareil.

Ainsi que l'a démontré le regretté colonel Renard, si l'appareil aérien a une vitesse propre inférieure à celle du vent, il ne pourra pas aller dans toutes les directions, et sa zone d'abordage sera limitée par deux lignes droites passant par le point de départ de l'appareil et formant entre elles un angle appelé *angle abordable*. Si nous désignons cet angle par $2\alpha$. Nous avons :




P = point de départ.
V = vitesse du vent.
v = vitesse propre.
$2\alpha$ = angle abordable.
$\alpha$ = angle de déviation maximum.

$$\text{Sui } \alpha = \frac{\text{vitesse propre}}{\text{vitesse du vent.}}$$

$\alpha$ qui est la moitié de l'angle abordable, porte le nom *d'angle de déviation maximum*.

Si la vitesse propre est égale à la vitesse du vent, l'angle abordable devient égal à deux droits et la moitié de l'horizon, sous le vent, est ouverte au navire aérien.

Enfin, si la vitesse propre est plus grande que la vitesse du vent, l'appareil peut atteindre tous les points de l'horizon et cela dans les conditions suivantes : la vitesse absolue maximum sera égale à la somme de la vitesse propre et de la vitesse du vent, et la vitesse absolue minimum sera égale à la différence de ces deux vitesses.

Dans le premier cas, l'axe de l'appareil aura son cap orienté dans la direction même du vent ; dans le second cas, le cap sera dirigé en sens inverse de cette direction. Pour qu'un appareil aérien soit dirigeable en tous sens, il est donc indispensable que sa vitesse propre soit supérieure à la vitesse du vent dans lequel il circule.

Voici à titre d'exemple la vitesse habituelle du vent : elle est

7 fois sur 10 inférieure à 36 km. à l'heure (10 mètres par seconde), 9 fois sur 10 elle ne dépasse pas 54 km. (15 m. par seconde) ; 99 fois sur 100 elle est inférieure à 90 km. (25 m. par seconde). Ainsi, un aéroplane faisant 90 km. à l'heure, sera empêché de circuler par le vent trois ou quatre jours par année.

Les conditions de direction sont ainsi les mêmes pour le plus léger comme pour le plus lourd que l'air, mais dans leur réalisation pratique, il y a une différence capitale suivant que l'on a affaire à l'un ou à l'autre système.

Dans le ballon, le travail de sustentation est nul; il faut, au contraire, dépenser un travail considérable pour le diriger.

Ce dernier est proportionnel au cube de la vitesse propre, multiplié par un facteur très élevé, à cause de l'énorme volume de l'aérostat que l'on doit traîner avec soi; pour une vitesse de quelques mètres, il faut déjà fournir un travail important, et si l'on veut tripler cette vitesse, il faut utiliser un moteur vingt-sept fois plus puissant. Le ballon présente une autre difficulté qui est de maintenir dirigeable la rigidité de sa forme.

Tout autre est la question de dirigeabilité s'il s'agit d'un plus lourd que l'air ; là, le travail nécessaire à la sustentation est important, tandis que la puissance à fournir pour faire avancer et pour diriger l'appareil est peu de chose, étant donné sa faible section transversale qui est très réduite, comparée à celle des ballons.

Cela est vrai pour tous les appareils d'aviation, mais plus spécialement pour les aéroplanes, avec lesquels on ne peut se soutenir que si l'on possède la vitesse, et par conséquent la direction.

La difficulté capitale de l'aviation réside donc dans la sustentation, tandis que la direction est facile à obtenir.

## I. Appareils d'aviation.

Les appareils d'aviation, malgré leur grande diversité, peuvent être rangés en trois classes :

Les ornithoptères ;

Les hélicoptères ;

Les aéroplanes.

1° *Ornithoptères*. L'idée la plus simple qui se présente à

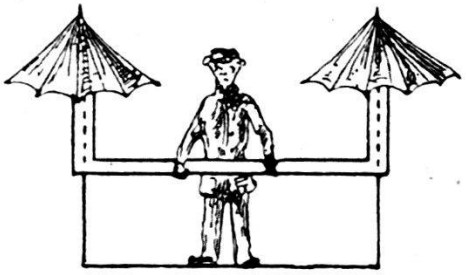
l'esprit pour réaliser la conquête de l'air, est celle d'imiter le vol des oiseaux, c'est-à-dire d'utiliser un appareil du genre ornithoptère.

Sans remonter aux héros des légendes de l'antiquité, qui pendant plusieurs siècles eurent de naïfs imitateurs agitant inutilement des ailes fixées à leurs bras, nous citerons parmi quelques-uns des chercheurs du genre ornithoptère ou sustentation par ailes battantes, le *mécanicien Besnier* qui, en 1678, construisit un appareil volant composé de deux perches aux extrémités desquelles étaient fixés des plans articulés. Ces plans devaient s'ouvrir à la descente pour prendre appui sur l'air et se fermer à la montée pour diminuer la résistance de l'air. L'homme volant tenait dans chaque main le milieu des perches dont les extrémités postérieures étaient reliées aux pieds de l'aviateur par le moyen de cordes. Il est inutile de dire que l'appareil ne donna aucun résultat.

En 1709, *l'abbé Barthélemy Lourenço* fit un projet de machine volante.

En 1772, le *chanoine Deforges* construisit un appareil du même genre, avec lequel il se précipita du haut d'une tour, mais, dit un témoin, plus il s'agitait plus sa machine semblait presser la terre.

Le *mécanicien Dhégen*, en 1812, eut l'idée suivante : pour se sustenter, un homme placé entre deux vastes parapluies devait les ouvrir et les fermer au moyen de leviers.



Tous ces appareils emploient l'homme comme moteur ; d'autres modèles d'ornithoptères ont été étudiés plus récemment, mais tous utilisent des ailes avec battement alternatif de haut en bas et ce type a un mauvais rendement; car si l'oiseau rameur se soutient, c'est que son aile effectue un mouvement hélicoïdal qui a un excellent rendement. Ce mouvement a été étudié par Marey, Drzewiecki et plus récemment par Thouveny.

Les difficultés que présente le type ornithoptère sont si grandes,

qu'il est presque complètement délaissé ; on ne peut en dire autant de l'hélicoptère dont les partisans sont légion.

2° *Hélicoptères*. Ces appareils possèdent une double hélice à axe vertical, par la rotation de laquelle ils s'élèvent directement en prenant appui sur l'atmosphère.

Le premier modèle connu date de 1784 ; il est donc contemporain des premiers ballons. Ce modèle primitif, formé de quelques plumes et d'un ressort de baleine, réussit à s'enlever, démontrant ainsi la possibilité de l'aviation, mais il passa inaperçu.

En 1878, le premier hélicoptère muni d'un véritable moteur qui parvient à s'enlever, est celui du professeur Forlanini, de Milan. L'appareil pesait 3 kg. 500 et le moteur 1 kg. 500 ; le rendement utile constaté fut de 55 %.

D'autres chercheurs construisirent plusieurs modèles d'hélicoptères. En 1905, les frères Dufaux font élever, à Paris, un hélicoptère pesant 17 kg. C'est un beau résultat, mais nous croyons savoir que pour le moment les frères Dufaux ont abandonné l'étude des hélicoptères.

En 1907, MM. Breguet et Richet signalent l'enlèvement de leur hélicoptère qu'ils appellent gyroplane et qui se brisa au cours des essais.

Le but de l'aviation étant non pas de s'élever dans les airs, mais de se transporter d'un endroit à un autre par la voie la plus courte, on comprend de suite la difficulté qu'il y aurait à mettre en mouvement deux hélices sustentatrices et une hélice propulsive.

Il ne peut en effet être question d'employer les mêmes hélices pour la sustention et pour la propulsion. Les premières pour porter beaucoup doivent être grandes, tourner lentement et avancer peu ; les secondes doivent avoir un faible tirage, tourner plus vite pour avancer beaucoup.

D'autre part, l'hélicoptère n'a pas la stabilité qu'à première vue on croit pouvoir lui attribuer et il est en outre très difficile d'obtenir deux hélices rigoureusement identiques ; si elles ne le sont pas, il se produit une rotation horizontale de l'appareil, très désagréable.

L'hélicoptère présente lui aussi de grosses difficultés qui n'ont pas été surmontées ; son seul avantage serait de pouvoir s'enlever verticalement.

3° *Aéroplanes*. — Les aéroplanes se composent essentielle-

ment d'une ou de plusieurs surfaces que l'on déplace dans l'air sous un certain angle, avec une grande vitesse. Cette surface est formée habituellement d'une pièce de toile plus longue que large, maintenue rigide par un cadre auquel se trouve fixé le moteur. Ce moteur actionne une hélice qui en tournant se visse dans l'air et fait avancer le système. Si l'aéroplane était immobile, il ne resterait pas en équilibre dans l'air comme le ballon, mais il retomberait à la surface du sol. Le mouvement de translation crée donc une force capable d'équilibrer le poids de l'appareil; cette force verticale est empruntée à ce qu'on appelle la résistance de l'air.

Il est nécessaire pour comprendre l'état actuel de l'aviation d'étudier les lois générales de la résistance de l'air.

## II

## Lois générales de la résistance de l'air.

Ces lois sans être absolument connues le sont cependant suffisamment pour être utilisées avec avantage. Les formules qui les expriment renferment plusieurs variables dont les principales sont : en premier lieu, le poids spécifique de l'air qui varie suivant les conditions de température et de pression barométrique ; il peut être aussi modifié par les conditions météorologiques différentes, dues à des changements de temps.

On doit donc tenir compte de cette variation et l'on peut admettre, bien que cela ne soit pas rigoureusement vrai, que: *la résistance est proportionnelle au poids spécifique du fluide ambiant.*

La deuxième variable qui nous intéresse est la vitesse relative du corps solide par rapport à l'air ambiant. Supposons le corps immobile; si un courant d'air ayant une vitesse d'un mètre à la seconde vient le frapper, il produira sur lui une poussée qui est égale à la résistance de l'air. Si la vitesse du courant double, la résistance ne sera pas doublée mais quadruplée; elle sera neuf fois plus grande pour une vitesse de trois mètres.

*La résistance de l'air croît donc proportionnellement au carré de la vitesse.* Bien que cette loi ne soit pas absolument exacte, on peut dire que son application comporte des erreurs

extrêmement minimes et que, même pour des vitesses de 40 et 50 mètres par seconde, elle s'est toujours vérifiée.

Un troisième facteur important qui peut modifier la résistance de l'air réside dans la forme du corps.

L'expérience montre qu'à chaque forme de corps correspond un cœfficient qui est une caractéristique de cette forme. Un plan résistera davantage qu'une sphère de même surface et celle-ci offrira plus de résistance que le corps allongé d'un ballon dirigeable de même surface au maître couple.

Le dernier élément variable est celui de la dimension de l'appareil. Si l'on a des corps géométriques semblables mais de diverses dimensions, on admet, bien que les expériences ne soient pas suffisamment nombreuses, que *la résistance de l'air sur des corps géométriquement semblables est proportionnelle à leur surface transversale.*

La résistance de l'air sur un corps solide peut donc s'exprimer par la formule générale

$$R = \varphi, S. V^2$$

dans laquelle $\varphi$ est un cœfficient numérique, caractéristique de la forme du corps et du poids spécifique de l'air. V est la vitesse relative en mètres seconde et S la surface de maitresse section exprimée en $m^2$. La résistance R sera donnée en kilogrammes.

De nombreuses expériences ont été faites pour déterminer le cœfficient $\varphi$ correspondant aux diverses formes de corps et plus spécialement dans le cas d'un plan mince ayant un mètre carré de surface et normal à la direction d'un vent de vitesse d'un mètre par seconde.

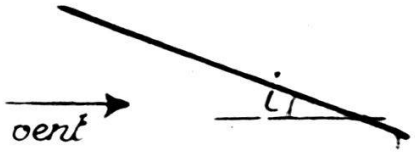
Ce cœfficient désigné par la lettre K a une valeur généralement admise de 0 kg. 075, ce qui signifie qu'un plan d'un mètre carré, frappé perpendiculairement par un courant d'air de 1 mètre à la seconde offre une résistance de 75 grammes.

Pour une sphère, d'après les recherches du colonel Renard, de MM. Eiffel et Soreau, la résistance n'est plus que de 16 grammes, pour un mètre carré de surface transversale.

Avec un fuseau allongé ayant 3 mètres de long sur 1 mètre de diamètre la résistance n'est plus que de 2 $^1/_2$ grammes, la transversale étant toujours égale à un mètre carré.

La rugosité des surfaces est très importante dans la question

de la résistance et il y a un intérêt majeur à polir toutes les surfaces des appareils aériens.




Reste encore à déterminer la valeur de la résistance d'un plan frappé obliquement par un courant d'air. Cette valeur est fonction de l'angle d'attaque i, (angle formé par le plan avec la direction du vent) et, en tenant compte de ce facteur, la formule peut s'écrire

$$R = K.S.\sqrt{^2}\, f(i).$$

De toutes les formules empiriques proposées pour cette fonction f ($i$) nous citerons celle de Duchemin

$$R = K.\ S.\ \sqrt{^2}\ \frac{2 \sin i}{1 + \sin^2 i}$$

et celle plus simple de Eiffel

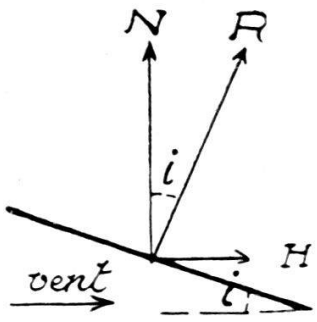
$$R = K.\ S.\ \sqrt{^2}\ \frac{i}{30} \quad \text{(exprimé en degrés)}$$

qui n'est applicable, à cause de sa discontinuité, que de i = 0° à i = 30°. Eiffel a en outre trouvé que de i = 30° à i = 90° la résistance à l'avancement est à peu près indépendante de l'angle d'attaque et que entre ces limites on peut poser

$$R = K.\ S.\ \sqrt{^2}.$$

Cette résistance R peut être considérée comme normale au plan, sur lequel elle est appliquée en un point C appelé centre de poussée.

Décomposons cette résistance R en deux composantes, une verticale N et une horizontale H. La première N, dirigée de bas en haut est la force de sustentation, la seconde H nuisible à l'avancement de la surface est la résistance à la traction.




Ces réactions N et H augmentent avec la surface du plan et avec le carré de la vitesse de son déplacement. Si cette vitesse est suffisante, la réaction de sustentation devient égale au poids de l'appareil et la sustentation dynamique est obtenue.

P étant le poids de l'appareil nous aurons

$$P = N$$

et comme

$$N = R. \cos i$$

la formule devient

$$P = K. S. \sqrt{^2 \frac{i}{30}} \cos i \qquad (1)$$

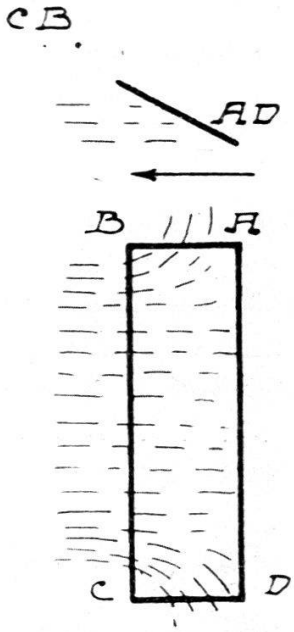
L'expérience démontre qu'au point de vue de la sustentation, il y a un avantage énorme à attaquer l'air obliquement et sous un angle faible ; on adopte généralement un angle voisin de 6°.

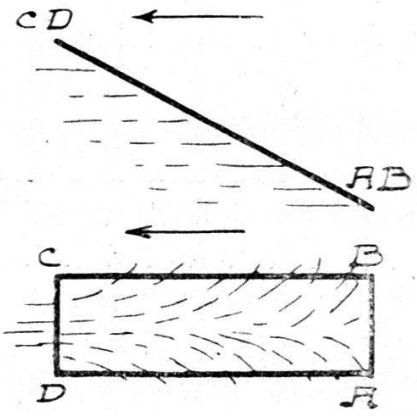
Le principe du vol oblique est la clef de l'aviation et les tentatives faites contrairement à ce principe n'ont donné jusqu'ici aucun résultat.

Le vol oblique n'est pas le seul facteur qui permette d'augmenter la puissance de sustentation ; il faut encore mentionner l'envergure et le profil de l'aile.

*L'envergure.* Le fait de donner aux surfaces une forme allongée dans le sens perpendiculaire à la marche améliore très sensiblement la qualité de sustentation, comparativement à celle d'une surface carrée ou surtout d'une surface rectangulaire identique dont le grand côté serait parallèle au mouvement de l'appareil. Ce phénomène peut s'expliquer comme suit :

Lorsqu'un plan mince s'avance par l'un de ses bords étroits C D, les filets d'air rencontrés ne suivent pas le plan jusqu'au bout, mais ils s'écartent plutôt et ne produisent pas tout l'effet voulu sur la surface. Au contraire, pendant la progression par le bord le plus large B C, les filets d'air ne peuvent s'échapper, ils sont retenus par leurs voisins immédiats, il n'y a que les filets, situés près des bords latéraux qui réussissent à se dérober. La résistance éprouvée par la surface est plus grande dans ce cas. Chez les oiseaux, l'envergure varie de 1/6 pour les petites espèces à 1/20 chez les grands volateurs, tels que l'albatros.



Pour les aéroplanes la pratique et des raisons de construction ont amené à prendre $^1/_6$ à $^1/_7$ comme rapport de la profondeur sur l'envergure.

*Le profil de l'aile* a également eu une très grande importance, c'est pourquoi tous les aviateurs donnent aux ailes une surface courbe légèrement concave vers le bas ; l'expérience montre qu'ils ont raison et que par ce moyen, la qualité sustentatrice est améliorée.

Lilienthal, Thibault, Ferber ont fait de nombreuses expériences dans le but de déterminer la forme de la courbure et le gain qu'elle procure.

Les résultats obtenus sont très différents, mais on peut dire que pour des flèches variant de $^1/_{12}$ à $^1/_{20}$, le gain réalisé peut être évalué entre $^1/_5$ et $^1/_2$ ; il faut donc multiplier les résultats du sustentateur plan par 1,2 ou 1,5.

M. Goupil dans ses travaux sur la navigation aérienne préconise comme le meilleur profil une section rappelant celle de l'aile de l'oiseau ; d'autres aviateurs prennent une courbe en arc de cercle ; d'autres une courbure croissant d'avant en arrière suivant le tracé d'une spirale.

Il va de soi, que pour un sustentateur oblique ayant de l'envergure et, en profil, une bonne courbure, le cœfficient K de la formule (1) doit être modifié, cette formule s'appliquant à une surface plane, et nous aurons :

$$P = K^1 . S . V^2 \frac{i}{30} \cos i$$

ou $K^1$ a une valeur d'environ 0,19 en se basant sur les appareils actuels.

$$P = 0{,}19 . S . V^2 \frac{i}{30} \cos i \qquad (2)$$

Cette formule nous permet, connaissant la surface du sustentateur et la vitesse d'un aéroplane, de calculer le poids qui peut être soulevé.

Quant à la force de traction *F*, elle doit être égale à la résistance à la traction *H* du sustentateur augmentée de la résistance *G* offerte par le corps de l'aéroplane.

$$F = H + C$$

$$H = 0{,}19 . S . V^2 \frac{i}{30} \sin i$$

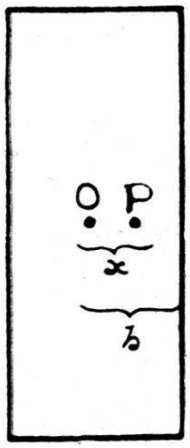
Désignons par S la surface fictive, plane et normale à la marche, dont la résistance peut remplacer les résistances des diverses parties du corps de l'aéroplane, nous aurons :

$$C = K.\ S^1.\ V^2$$

$$F = 0{,}19.\ S.\ V^2\ \frac{i}{30}\ \sin i + 0{,}075.\ S^1.\ V^2$$

Nous terminerons cette étude de la sustentation oblique en mentionnant une question intéressante, c'est celle de la position du *centre de poussée.*

Par le fait de l'attaque oblique le centre de poussée, au lieu de se trouver au centre de figure du plan se trouve reporté en avant.




Cela s'explique par la compression et la déviation plus fortes des filets d'air supérieurs, les filets inférieurs glissant facilement vers le bas.

X étant la distance du centre de poussée au centre de figure et h la moitié du côté dirigé suivant la ligne de plus grande pente, Jœssel donne la formule suivante pour déterminer la position du centre de poussée.

$$\frac{x}{h} = 0{,}61\ (1 - \sin i)$$

et Soreau qui a expérimenté dans l'eau et tiré sa formule par analogie donne :

$$\frac{x}{h} = \frac{1}{2\ (1 = 2\ \mathrm{tg}\ i)}$$

Ce qu'il importe de retenir, c'est que lorsque l'angle d'attaque diminue, le centre de poussée avance. Cela a une grande importance au point de vue de la stabilité longitudinale.

*(A suivre.)*

MAX REYMOND
Premier-lieutenant du génie.