

LIBRAIRIE DES SCIENCES AERONAUTIQUES

F.-Louis VIVIEN, Libraire-Editeur, 48, Rue des Ecoles, PARIS (V^e)

Téléphone : Odéon 13.98.

C. G. Postaux : Paris 5301

Fondée en 1905, notre Librairie possède le plus grand assortiment d'ouvrages et documents sur toutes les questions de l'Aéronautique. Demandez nos catalogues gratuits

COLLECTION DE MANUELS PRATIQUES D'AERONAUTIQUE

- Précis d'aérodynamique**, par R.-G. DESGRANDSCHAMPS (3^e édit.) .. 12
- Manuel pratique de construction des planeurs et des motoplaneurs**, par G. SABLIER (2^e édit.) 12
- L'Hélice aérienne, à pas constant et à pas variable**, par R. GASTOU,
Tome I. — Théorie-expérimentation 12
Tome II. — Calcul et fabrication 12
- Précis d'hydraviation**, par P. PEPE,
Tome I. — Définitions, formes de flottaisons, mécanique, tracé des carènes, construction des flotteurs 12
Tome II. — Aménagements et particularités, applications numériques, notes complémentaires sur la stabilisation à flot 12
- Eléments de navigation aérienne pratique**, par G.-R. HAMEL, 2^e éd. 16
- Manuel théorique et pratique de pilotage**, par A. LAINE et L. FRUGIER, 2^e édition.
Tome I. — Aérodynamique, instruments de bord (théorie et pratique) .. 12
Tome II. — La préparation à l'envol. — La pratique du vol. — Le voyage. — Code de l'air 12

CONSTRUCTION DES AVIONS

- Calcul et construction des avions légers**, par DESGRANDSCHAMPS.
1^{re} partie : Calcul aérodynamique. (Nouvelle édition en préparation.)
2^e partie : Calcul des efforts. (Nouvelle édition en préparation.)
3^e partie : Calcul de résistance. Technologie. Construction 20
- Résistance des fluides parfaits. Calcul des avions**, par Jean BOISSONNAS. 1935 15
- Plans et construction d'une avionnette monoplace**, par SABLIER 6 50
- Plans et construction d'une avionnette et planeur biplace**, par G. SABLIER 6 50

VOL A VOILE

- Etudes expérimentales sur le vol à voile**, au lieu même d'évolution des grands oiseaux voiliers (Vautours, Albatros, etc.), son application au vol humain, par P. IDRAC 15
- Le Vol à voile**, avec contribution à l'étude expérimentale de la physique et de la mécanique des fluides, par MAGNAN (D^r) 30
- Plans et construction d'un planeur d'entraînement**, par G. SABLIER 6 50
- Notions pratiques d'aérodynamique** (profils d'ailes), par G. SABLIER. 6 50
- Considérations nouvelles sur le vol à voile dynamique**, par L. BRÉGUET 6 50
- Plans et construction d'un planeur de performance et d'un planeur chanute**, par G. SABLIER 6 50

GERMAINE L'HERBIER

INFIRMIÈRE-PILOTE



NAVIGATION ET MÉTÉO

non scellées

Germaine L'HERBIER

A l'usage
des
Benjamins
de
l'Air

Préface

de

M. WEHRLÉ

DIRECTEUR DE L'O. N. M.

GERMAINE L'HERBIER

INFIRMIÈRE-PILOTE

NOTIONS DE NAVIGATION ET MÉTÉO

à l'usage des Benjamins de l'Air

Illustré de 24 figures

PRÉFACE DE M. WEHRLÉ

DIRECTEUR DE L'O. N. M.



LIBRAIRIE DES SCIENCES AÉRONAUTIQUES

FONDÉE EN 1905

F. LOUIS VIVIEN, LIBRAIRE-ÉDITEUR

48, rue des Ecoles - PARIS V^e

1939

Éléments de navigation aérienne pratique, par G. HAMEL.
Préface du Lieut.-Col. BAYLE, commandant le G. I. R. A.
de Villacoublay, 2^e édit. revue et considérablement aug-
mentée, illust de 101 fig., 187 pp. 16 fr.

Manuel théorique et pratique de pilotage, par A. LAINÉ
et L. FRUGIER. 2^e édit. revue et considérablement aug-
mentée et mise à jour, 2 vol. illust., 71 fig.

Tome I. — Aérodynamique. — Instruments de bord
(Théorie et Pratique) 12 fr.

Tome II. — Préparation à l'envol. — La Pratique du
vol. — Le Voyage. — Code de l'air 12 fr.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	7
AVANT-PROPOS	9
CHAPITRE PREMIER. — GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — La terre. — Mouvements terrestres, axe du monde, pôles, équateur, méridiens, parallèles. — Divisions des lignes géographiques, longitude et latitude. — Les cartes, systèmes de projections, projection de Mercator, échelles, mesures des distances. — Cartes aéronautiques, représentations symboliques, signes conventionnels.	11
CHAPITRE II. — PROCÉDÉS ET INSTRUMENTS DE NAVIGATION. — I. — <i>Navigation astronomique ou observée</i> : Géographie du ciel, les astres, alignements d'étoiles. — Le point par les astres. — La Polaire. — La Croix du sud. — Recherche de la latitude : le sextant. — Recherche de la longitude. — Rapport de l'heure et de la longitude. — Les Planètes, le soleil, la montre et le soleil. — La lune et ses phases. — II. — <i>Navigation estimée ou au compas</i> : Le compas, le cap, le nord vrai, le nord magnétique, le nord du compas, le rapporteur. — Le vent, la dérive. — Résumé des usages du compas. — Instruments de bord. — Navigation à vue. — T. S. F. et aviation.	17
CHAPITRE III. — LA MÉTÉOROLOGIE AÉRONAUTIQUE. — 1^{er} Cours : Histoire de la Météorologie. — Climatologie. — Prévision. — 2^e Cours : L'atmosphère. — Pression atmosphérique. — Le météorographe (baromètre, thermomètre, hygromètre). — Stratosphère et Troposphère. — 3^e Cours : Les sondages atmosphériques (ballon sonde, ballon libre,	

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

avion météorologique, radio sonde, cerf-volant, ballon captif, fusée météorologique, ascensions stratosphériques). — Le *Carimare*, bateau météorologique. — 4^e Cours : Les nuages. — Pluie. — Pluviomètre. — Formation des systèmes nuageux. — 5^e Cours : Systèmes nuageux. — Classifications 1^o d'après leurs formes; 2^o d'après leur altitude. — 6^e Cours : Définition, description des nuages. — 7^e Cours : Renseignements aéronautiques se rapportant aux nuages. — Les systèmes nuageux et l'aviation. — 8^e Cours : Le vent. — Mesures du vent. — Indications, échelle de Beaufort. — 9^e Cours : Les cartes de l'O. N. M. — Prévision pratique du temps. — 10^e Cours : Préparation d'un voyage en avion. — 11^e Cours : Une application de la météorologie : *Le vol à voile* 31

CHAPITRE IV. — LES AÉRODROMES. — Situations : météorologique, géologique, économique. — Dimensions, entourage, bâtiments, balisage de jour et de nuit. — Signaux. — Code de l'air. Feux de nuit. — Comment reconnaître un avion. — Atterrissage de fortune, appréciations des terrains, des cultures. 72

CHAPITRE V. — LA PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE. — Historique. — Applications. — Matériel photographique. — Différents types de photographies aériennes. — Récents progrès photographiques. .. 78

PRÉFACE

En lisant cet ouvrage, j'ai été frappé par le talent déployé par Madame Germaine L'HERBIER pour mettre à la portée des jeunes les notions élémentaires de météorologie qui sont indispensables à tous ceux qui doivent voyager dans l'atmosphère.

J'estime que ces connaissances sont de nature à augmenter notablement la sécurité. Il est nécessaire d'être familiarisé avec les divers types de nuages, leur évolution, leur répartition dans le temps et dans l'espace, de façon soit à les éviter s'ils sont dangereux, soit à en profiter s'ils sont utilisables.

Plus les notions de météorologie seront répandues chez les usagers, plus ils pourront tirer profit des renseignements que l'O. N. M. met à leur disposition.

Puisse ce livre donner à beaucoup d'élèves les premières notions de météorologie, le goût d'observer le ciel, de lire les cartes du temps et le désir de se perfectionner par la suite dans cette science indispensable à la fois à la **SECURITE** et au **RENDEMENT** du vol.

PH. WEHRLÉ,

Directeur de l'Office National
météorologique.

AVANT-PROPOS

Les oiseaux sont de merveilleux navigateurs. Ils se dirigent sans hésiter d'un point à un autre, savent toujours où ils se trouvent et utilisent admirablement l'atmosphère. L'homme, hélas, n'a pas, d'instinct, ce sixième sens ; pour savoir naviguer il doit apprendre beaucoup de choses :

1° *La géographie physique*, ainsi que la constitution et l'emploi des divers moyens de représentations du globe : mappemonde, cartes et leur canevas, leurs échelles, leurs signes conventionnels, etc..., etc...

2° *Les procédés et les instruments de navigation* : Navigation astronomique ou observée. — Navigation à la boussole ou estimée, navigation à vue, T. S. F.

3° *L'atmosphère*, c'est-à-dire la météorologie.

Il doit connaître aussi les terrains d'aviation, leurs signalisations, le Code de l'air. Les atterrissages de fortune (dimensions des champs, qualités des cultures), etc..., etc. Accessoirement la photographie aérienne...

Pour vous apprendre les éléments de la navigation aérienne, à vous Jeunesse de France qui serez demain dans le ciel notre force et notre orgueil, j'ai écrit ce très simple petit livre.

GERMAINE L'HERBIER.

Infirmière-Pilote.

NOTIONS DE NAVIGATION et MÉTÉO

CHAPITRE PREMIER

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

LA TERRE

La terre est une planète de forme sphérique. Sa circonférence est d'environ 40.000 kms. La terre est animée d'un double mouvement : l'un, de rotation sur elle-même qui s'accomplit en 24 heures ou jour ; l'autre, de translation autour du soleil qui s'accomplit en 365 jours ou année. Ces deux mouvements sont « directs », c'est-à-dire sont de l'ouest à l'est.

Le soleil se dirige vers un point du Nord du ciel, entraînant dans sa course les planètes et leurs satellites. (Fig. 1).

Axe du monde ou axe de rotation, est la ligne idéale

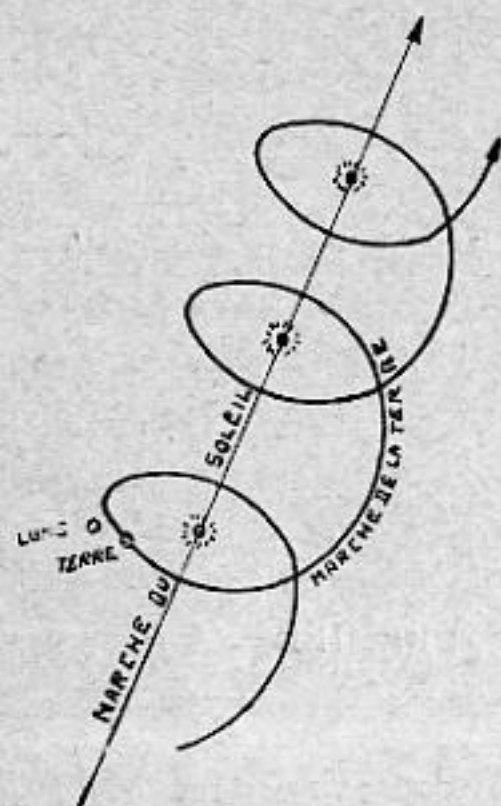


FIG. 1.

autour de laquelle la terre exécute son mouvement sur elle-même. Une longue aiguille qui traverserait une boule, en passant par son centre, en donne bien l'idée.

Pôles. — Ce sont les deux points opposés où l'axe perce la surface terrestre. Il y a le pôle Nord, boréal ou arctique (ce nom de « arctique » a été donné parce que le pôle nord est voisin de la constellation des ours-« arctos », en grec).

Sur les mappemondes et les cartes, le pôle nord est en haut, et le pôle sud est en bas.

Equateur. — Est un cercle idéal perpendiculaire à l'axe du monde et situé à égale distance des deux pôles.

Méridiens. — Ce sont des lignes circulaires fictives qui entourent la terre en passant par les pôles. Ils divisent la terre à la manière des quartiers d'une orange.

On appelle premier méridien, le méridien d'origine, celui qu'on est convenu de prendre pour point de départ lorsqu'on désigne les autres. Le premier méridien adopté est celui de Greenwich, en Angleterre.

Parallèles. — Ce sont des lignes circulaires fictives qui entourent la terre, parallèlement à l'équateur.

Division des lignes géographiques. — L'équateur, les méridiens, les parallèles étant considérés comme des circonférences, se divisent chacun en 360 parties

appelées degrés. Il y a donc 180 degrés entre chacun des pôles et 90° des pôles à l'équateur. Pour plus de précision dans les calculs, on divise le degré en 60 minutes ('), et la minute en 60 secondes ("). Comme la terre a 40.000 kms de circonférence, un degré vaut

$$\text{donc : } \frac{40.000}{360} = 111 \text{ kms.}$$

$$\text{La minute vaut : } \frac{111}{60} = 1.851 \text{ mètres, c'est}$$

d'ailleurs la valeur du mille marin (faire 100 milles à l'heure, équivaut à faire 185 kms à l'heure). Il y a 60 milles dans le degré.

$$\text{La seconde vaut : } \frac{1.851}{60} = 30 \text{ m. 86.}$$

Longitude et latitude. — La position d'un point par rapport à la terre est déterminée par sa longitude et sa latitude.

La longitude mesure en degrés, minutes et secondes, la valeur de l'arc de l'équateur, entre le premier méridien et le méridien de ce lieu.

La latitude mesure en degrés, minutes, secondes, la valeur de l'axe du méridien compris entre l'équateur et le parallèle de ce lieu.

Donc, tous les lieux situés sur le même méridien ont la même longitude, et tous les lieux situés sur le même parallèle ont la même latitude.

Selon leurs directions, les degrés de longitude sont dits « est » ou « ouest », et les degrés de latitude sont dits « nord » ou « sud ».

Ce système de divisions des lignes géographiques permet de situer exactement chaque point sur la surface du globe.

LES CARTES

La reproduction la plus exacte de la terre est évidemment les représentations en forme de boules ou mappemondes, mais on ne peut transporter aisément une mappemonde, on a donc imaginé les cartes qui

sont la reproduction, sur des surfaces planes, des diverses parties du globe terrestre. Une difficulté considérable a surgi, c'est que la surface de la sphère n'est pas développable, c'est-à-dire ne peut, sans déformation, être reproduite sur une surface plane ; les cartes ont donc d'inévitables déformations, mais, pour les réduire au minimum, on a imaginé les systèmes de projections.

Systèmes de projection. — On appelle ainsi le procédé employé pour représenter sur une feuille de papier (qui sert de support au tracé de la carte), le canevas que forme à la surface du globe le quadrillage des méridiens et des parallèles.

Il y a plusieurs systèmes de projections ; le plus simple et le plus usité est la projection MERCATOR.

Projection MERCATOR. — Elle représente les longitudes et les latitudes par des droites perpendiculaires : les longitudes étant à égale distance de toutes les latitudes. Mais, pour être conformes à ce qu'elles sont sur la terre, elles devraient se rapprocher vers les pôles. Pour compenser, on augmente donc les latitudes dans la même proportion. (Fig. 2).

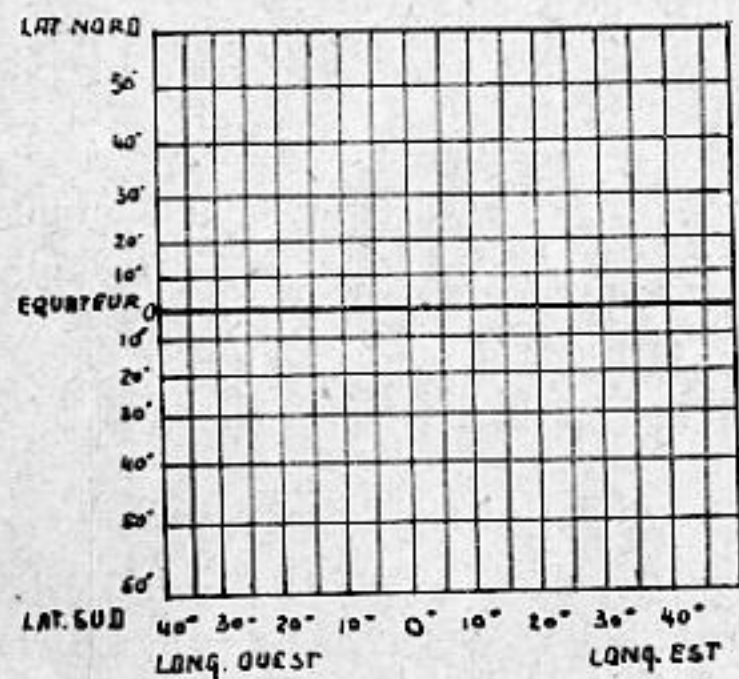


FIG. 2.

En résumé, les méridiens sont à égale distance les uns des autres, tandis que les parallèles sont de plus en plus espacés.

Echelle. — Les cartes ne peuvent représenter la

surface de la terre qu'avec des dimensions très réduites. On appelle « échelle » le rapport des distances sur la carte et des distances sur le sol.

Ex. : L'échelle au 1/200.000 signifie qu'un millimètre de la carte représente 200.000 millimètres, soit 200 mètres sur le sol, et donc, que 1 centimètre sur la carte représente 2.000 mètres ou 2 kms.

L'échelle est d'autant plus grande que le dénominateur est plus faible. A partir de l'échelle de 1/20.000 la carte devient un « plan ».

Mesure des distances. — Pour mesurer une distance sur carte en projection MERCATOR, on prend une règle plate graduée. Avec cette règle, on mesure la distance sur la carte, et on se reporte à l'échelle de la carte. Ex. : Pour aller d'un point A à un point B, sur une carte au 1/200.000, on constate qu'il y a 12 centimètres sur la règle ; or, comme 1 millimètre de la carte = 200 m., 1 centimètre = 2 kms, et 12 centimètres = 12 × 2, soit 24 kms.

Cartes aéronautiques. — Au début de l'aviation, on se servait de cartes ordinaires, mais on s'est vite aperçu que l'aviateur n'a pas besoin de toutes les données qui figurent sur les cartes ordinaires : passages à niveau, croisements de route, etc..., etc...

Par contre, il faut qu'il repère les aérodromes, les zones interdites, les douanes, les stations radios, les montagnes, les lignes de force, les pylones de T.S.F., etc..., etc... On a donc créé pour l'aviateur les cartes aéronautiques.

Représentations symboliques des niveaux. — Pour symboliser le relief du sol, on a eu recours, selon les cartes, à divers procédés : hachures, estompage, couleurs de plus en plus sombres à mesure que l'altitude augmente, inscriptions des côtes altimétriques, etc., etc...

Signes conventionnels. — Il existe un certain nombre de signes conventionnels internationaux pour

représenter les données qui intéressent particulièrement l'aviateur. Ainsi, les villes sont représentées avec leurs formes vues d'en haut. Les aérodromes, avec des lettres indiquant : hangars, ateliers, ravitaillement. Les terrains de secours, les douanes, les zones interdites, les lignes électriques, les pylônes, les stations d'hydravions, les stations radio, les bouées, les mâts d'amarrage, les phares côtiers, les postes de radio-goniométrie, etc..., etc..., sont représentés par des signes qui sont indiqués dans la légende des cartes aéronautiques.

Les diverses cartes aéronautiques. — Selon l'usage auquel on les destine, les cartes aéronautiques ont des systèmes de projections et des échelles différentes.

Cas des petits voyages : Pour les petits trajets aériens, les cartes devront comporter de nombreux détails terrestres. Il faut donc des cartes à grande échelle. L'échelle adoptée pour cet usage est de 1/200.000.

Cas du tourisme à moyennes distances : On emploie des cartes « Type Aviation ». Echelle 1/500.000.

Cas des grands transports aériens : Echelle au 1/1.000.000, ou 1/3.000.000.

Cas des voyages autour du monde : On emploie la nouvelle carte générale aéronautique, projection de Mercator. C'est une carte de conception très simple, car l'aviateur voyant fort peu la terre, un quadrillage avec quelques contours seulement lui suffit.

En résumé, les cartes à grande échelle servent à se repérer, le point relevé étant toujours reporté sur les autres cartes à plus petite échelle sur lesquelles on suit la route.

CHAPITRE II

PROCÉDÉS ET INSTRUMENTS DE NAVIGATION

I. — NAVIGATION ASTRONOMIQUE OU OBSERVÉE

Avant l'invention de la boussole, les navigateurs se dirigeaient grâce à leur connaissance des astres. Il y avait un astronome à bord de chaque bateau.

L'aviateur doit connaître le ciel, car le sol — qui lui sert à se repérer — peut lui être caché par les nuages ou par l'obscurité nocturne.

Géographie du ciel. — Pour représenter le ciel, les astronomes ont imaginé une sphère creuse dite « sphère céleste », mais alors que pour la sphère terrestre les mesures sont faites sur le globe, pour la « sphère céleste » elles sont faites de l'intérieur, la sphère céleste étant vue en dessous. (Fig. 3).

Comme la terre, la sphère céleste a un pôle nord et un pôle sud, elle a un équateur, des parallèles, des méridiens ; mais ces méridiens sont appelés « cercles horaires ». Sur les parallèles, les mesures prises à partir d'un premier méridien, au lieu de s'appeler « longitude » comme pour la sphère terrestre, se nomment

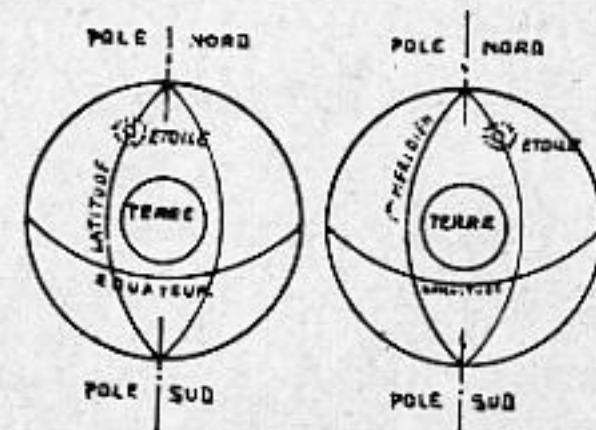


Fig. 3.

« ascension droite » ; de même, la latitude de la terre se nomme sur la sphère céleste « déclinaison ».

Les astres. — Le soleil, la lune, les planètes se déplacent visiblement ; les étoiles, au contraire, paraissent garder entre elles des positions invariables. Nous voyons les étoiles aux places où nos ancêtres les voyaient. Chaque groupe d'étoiles formant un groupe déterminé se nomme « une constellation ».

Alignement d'étoiles. — Pour trouver facilement les étoiles, les astronomes ont imaginé les « alignements » en joignant par des pointillés les étoiles d'une même constellation, puis les constellations entre elles. (Fig. 4).

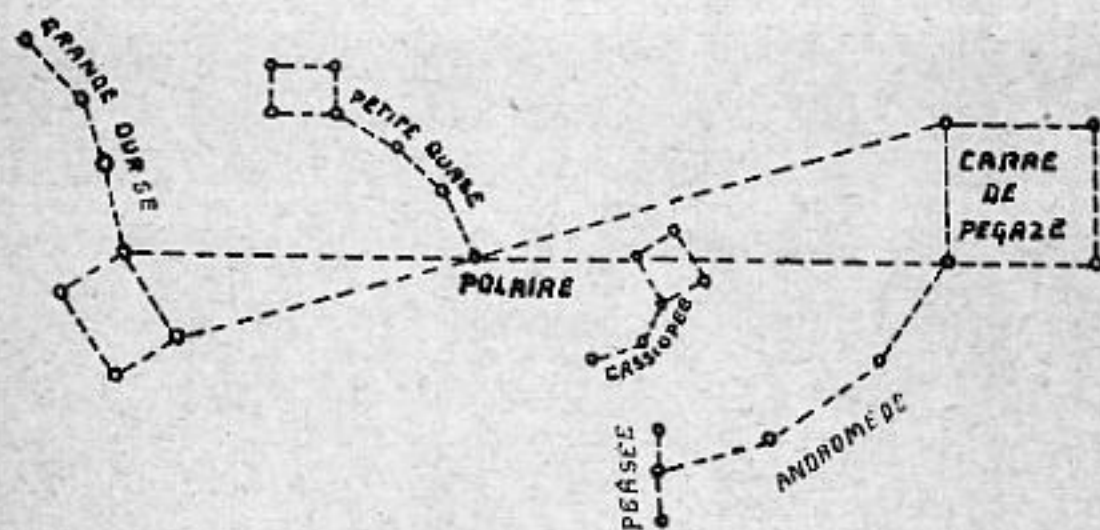


FIG. 4. — Navigation à l'estime

L'Etoile Polaire. — Grâce au procédé des alignements d'étoiles, on peut trouver facilement la Polaire dont le repérage est d'un intérêt considérable pour le navigateur, car elle indique toujours le Nord. Elle paraît ne pas bouger parce qu'elle est située à une petite distance du pôle nord de la sphère céleste, dans l'hémisphère boréal, et toutes les autres étoiles semblent tourner autour d'elle.

La Polaire est située dans la constellation de la « Petite Ourse », constellation qui comprend sept

étoiles (c'est pour cela d'ailleurs qu'on appelle le nord : le « septentrion »).

Pour repérer la Polaire, on cherche d'abord la « Grande Ourse », qui a également sept étoiles, et qui a la forme d'un chariot, dit-on, et, plus exactement, d'une casserole dont la queue serait en haut. Les deux étoiles du bas sont : Mérak et Dubhé. En les unissant par une ligne et en prolongeant cinq fois cette ligne, on trouve la Polaire. La Polaire est en tête de la « Petite Ourse », cette constellation ayant la même forme que la « Grande Ourse », mais se trouvant, cette fois-ci, la queue en bas, la Polaire étant au bout de la queue.

La « Croix du Sud ». — Dans l'hémisphère austral, c'est la constellation la « Croix du Sud » qui, étant tout près du pôle Sud, indique toujours le sud.

Le point par les astres. — Le « point » c'est la position de l'avion déterminée par la rencontre de deux lignes droites, ou coordonnées, qui sont la longitude et la latitude du lieu où se trouve l'avion.

On peut faire le point par les astres.

Recherche de la latitude. — La latitude d'un lieu est égale à la hauteur de la Polaire (c'est-à-dire du point nord) au-dessus de l'horizon. Si la Polaire fait un angle de 25°, 60° ou 90° avec l'horizon, c'est que l'avion se trouve au 25°, 60°, 90° de latitude. Plus on va vers le Nord, plus la Polaire est haute dans le ciel ; au contraire, en faisant route vers le Sud, elle se rapproche de l'horizon.

Tous les points d'un même parallèle voient la Polaire à la même hauteur, donc en veillant à garder la Polaire à la même hauteur on sait qu'on demeure au même degré de latitude.

On peut aussi rechercher la latitude par la hauteur d'un astre quelconque ou du soleil quand il passe au méridien, c'est-à-dire à sa plus grande hauteur au-dessus de l'horizon. Ces mesures se prennent avec un appareil qu'on appelle un « sextant ».

Le Sextant. — Le « sextant » se compose d'un arc de cercle gradué de 10" en 10" (la seconde vaut 30 m. 86) de 0° à 120°, une alidade mobile A. C. cou-

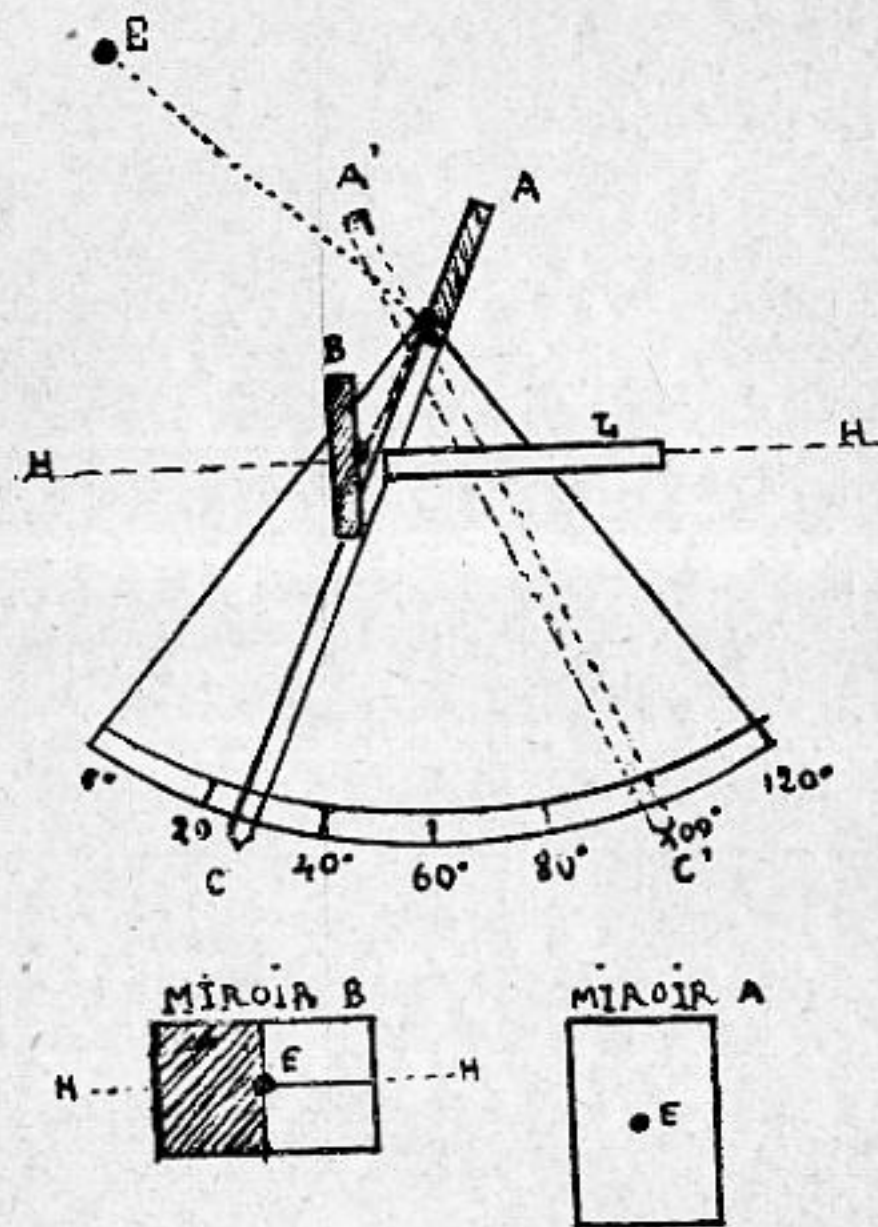


FIG. 5.

lisce sur le limbe gradué, à sa partie supérieure est fixé un miroir étamé A.

D'autre part, une lunette horizontale L porte un miroir B qui est mis à la verticale et n'est étamé que sur la moitié de sa surface, ainsi au travers de l'autre moitié du miroir, on voit l'horizon H.

Pour mesurer la hauteur d'un astre au-dessus de

l'horizon, on braque la lunette L pour voir le miroir B et l'horizon H. On manœuvre l'alidade A C, le miroir réfléchit l'astre choisi E et le renvoie au miroir B. Au moment où l'astre touche l'horizon en B, il n'y a plus qu'à lire l'angle indiqué en C' et l'on a la hauteur angulaire de l'astre. (Fig. 5).

Le navigateur aérien qui ne peut matérialiser l'horizon, en raison de sa situation élevée, se sert d'un gyrosexant qui rétablit sa position par rapport à cet horizon.

Recherche de la longitude. — Rapport de l'heure et de la longitude. — On peut déterminer la longitude d'un lieu en connaissant quel est, à un moment donné, l'heure de ce pays et celle du premier méridien. En effet, la terre, dans son mouvement de rotation à l'ouest, présente successivement en 24 heures les 360° de sa circonférence à la lumière du soleil.

Donc en 1 heure elle en présente : $\frac{360}{24} = 15$ de-

grés ; pour 1 degré il y a donc 4 minutes de temps comme différence. Quand il est midi dans un pays situé sur le premier méridien de Greenwich il est minuit pour un pays situé à 180 degrés de là. Il est 13 heures à 15 degrés, 14 heures à 30 degrés, etc..., etc... pour les pays situés à l'Est de Greenwich. Par contre il est seulement 11 heures, 10 heures, 9 heures pour un pays situé à 15°, 30°, 45° à l'Ouest de Greenwich. Le degré de longitude est donc orientale ou occidentale selon que la différence d'heures est en avance ou en retard sur l'heure du premier méridien.

Dans un lieu donné, par un calcul astronomique, on peut déterminer l'heure vraie du soleil (heure locale). Si au même moment on connaît l'heure vraie du premier méridien (celui de Greenwich) en faisant la différence de ces deux heures, on connaîtra le degré de longitude sur lequel on se trouve. L'heure du premier méridien est donnée par son chronomètre réglé par les émissions de T. S. F.

Les planètes. — On ne peut confondre les étoiles et les planètes. En effet, les planètes ne scintillent pas, et, quand on les regarde au travers de jumelles grossissantes, elles paraissent seulement des taches lumineuses comme notre satellite : la lune. De plus, elles se déplacent très visiblement dans la sphère céleste.

Le soleil. — Le soleil se lève à l'est vers 6 heures, il est au sud à 12 heures, à l'ouest à 18 heures.

En tournant le dos au soleil, l'ombre de son corps indique le nord. Si on a le nord en face, on a donc l'est à droite, l'ouest à gauche, le sud derrière soi.

La montre et le soleil. — La possession d'une montre et la vue du soleil peuvent permettre de s'orienter. En plaçant la montre horizontalement, de façon que la petite aiguille soit dans la direction du soleil, la moitié de l'arc que doit encre parcourir cette aiguille (s'il est plus de 6 heures) pour atteindre le chiffre 12 du cadran, ou la moitié de l'arc parcouru (s'il est moins de 18 heures), indiquera sensiblement le sud.

LA LUNE. — La lune est notre satellite.

Elle décrit un double mouvement : elle tourne sur elle-même, puis elle tourne autour de la terre. Ces deux mouvements se font chacun en 28 jours environ. Ils se font dans le sens contraire à celui des aiguilles d'une montre, c'est-à-dire de l'ouest à l'est. Ce genre de mouvement s'appelle : « un mouvement direct ».

La lune reçoit la lumière du soleil qu'elle nous renvoie en clair de lune. En ses divers mouvements, elle change d'aspect, cela s'appelle des phases. Il y a quatre phases d'environ 7 jours chacune. L'ensemble des phases dure environ 28 jours et constitue une « lunaison ». (Fig. 6).

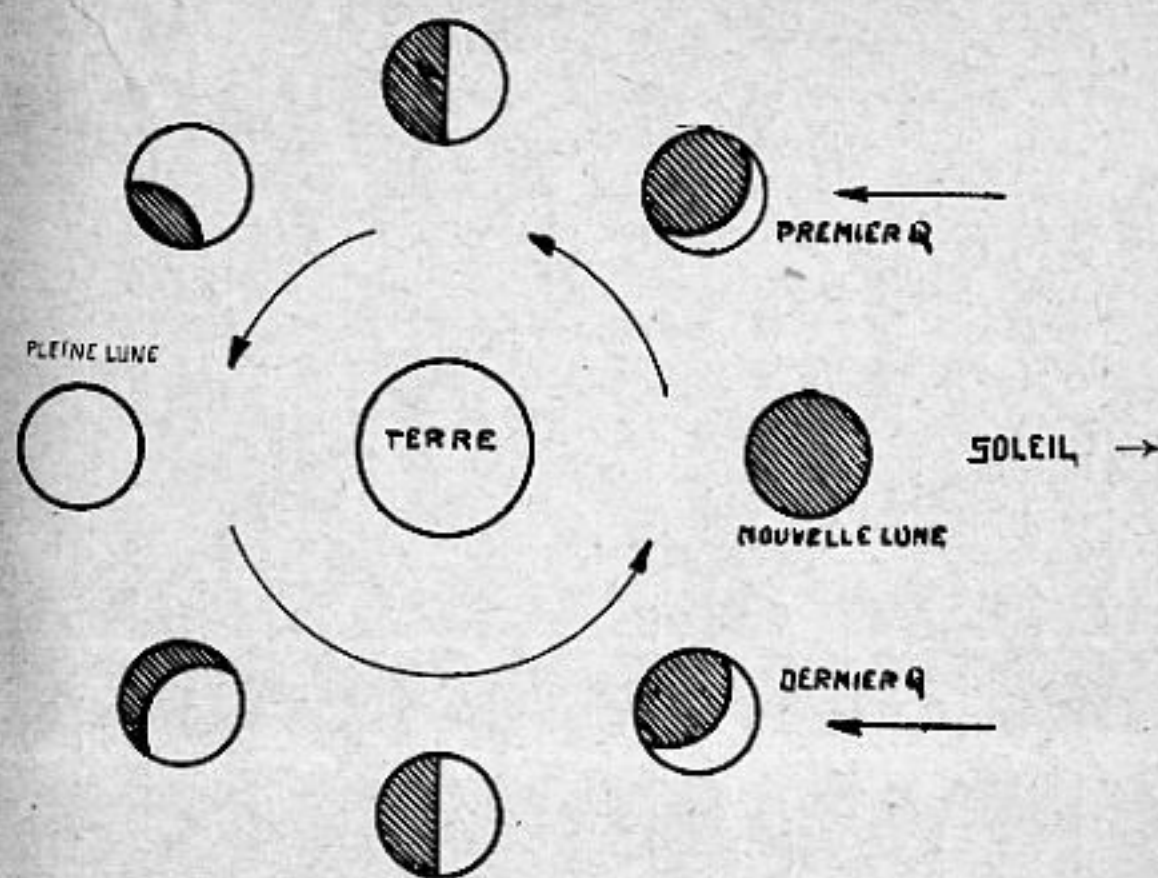


Fig. 6.

(Il faut noter que la semaine, division très ancienne du temps, a pour origine les phases de la lune qui servaient ainsi de calendrier.)

Trois des phases de la lune peuvent servir à l'orientation.

Première phase, ou « nouvelle lune » : Quand la lune se trouve entre la terre et le soleil, sa face éclairée nous est masquée. On ne voit donc pas la nouvelle lune.

Deuxième phase, ou « premier quartier » : La lune a la forme d'un croissant, car elle n'a qu'un bord illuminé par le soleil, et comme elle se lève 6 heures après le soleil, elle est donc à :

12 h. à l'est 18 h. au sud 24 h. à l'ouest

Troisième phase, ou « pleine lune » : La lune passe derrière la terre par rapport au soleil (sans toute-

fois être dans le même axe), elle est donc éclairée de face et nous la voyons toute ronde et illuminée. Comme elle se lève 12 h. après le soleil, elle est donc à :

18 h. à l'est 12 h. au sud 6 h. à l'ouest

Quatrième phase, ou « dernier quartier » : La lune a, de nouveau, la forme d'un croissant, car elle est éclairée de côté par le soleil. Elle se lève 18 h. après le soleil ; elle est donc à :

Minuit à l'est 6 h. au sud 12 h. à l'ouest

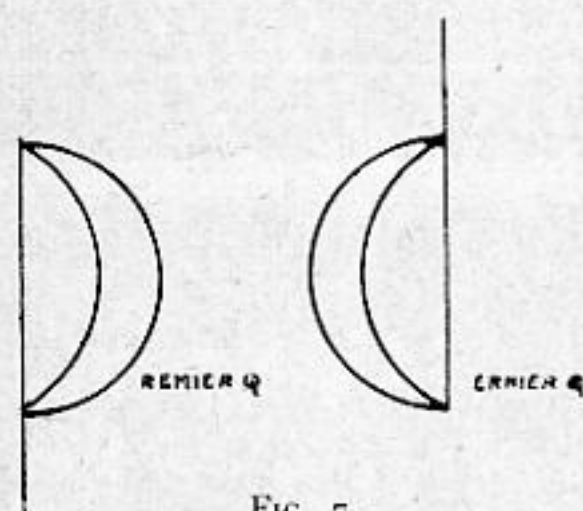


FIG. 7.

NOTA. — Pour distinguer le premier du dernier quartier, on trace un trait accolé au diamètre de la lune ; on forme ainsi :

la lettre P pour le premier quartier,

la lettre D pour le dernier quartier.

II. — NAVIGATION A L'ESTIME

La navigation à l'estime consiste à « estimer » la position de l'avion au moyen de la boussole. La boussole, déjà connue des anciens Chinois, utilise la propriété qu'a une aiguille aimantée d'indiquer toujours la position du Pôle Nord.

LE COMPAS. — On appelle compas magnétique, la boussole utilisée en aviation. (Fig. 8).

Le compas se compose de deux parties :

1°) Une partie fixe, dite cuvette C, solidaire de l'avion et suspendue à la Cardan, afin de conserver dans l'espace une position constamment horizontale.

Sa partie supérieure est un limbe gradué de 0° à

360° dans le sens opposé à la marche des aiguilles d'une montre. Sur le bord de la cuvette, on a tracé un trait rouge en face du 0° ; ce repère dit « ligne de foi » F, doit être placé rigoureusement dans l'axe longitudinal de l'avion.

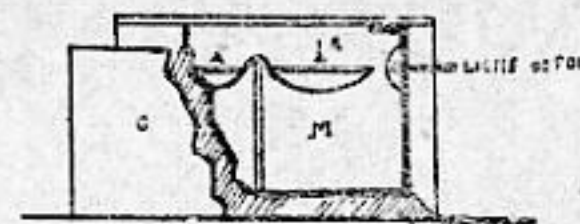


FIG. 8.

2°) Une partie indépendante des mouvements de l'avion et conservant toujours une position immuable dans l'espace. Cette partie est dans la cuvette.

Elle se compose d'un plateau semblable à une Rose des Vents R, graduée de 0° à 360° dans le sens de la marche des aiguilles d'une montre et solidaire d'une aiguille aimantée A qui s'oriente constamment vers le Nord.

L'ensemble aiguille aimantée Rose des Vents baigne dans un mélange M, incongelable, d'eau et de glycérine ou d'alcool, destiné à amortir l'effet du tangage et du roulis de l'avion. C'est donc la Rose qui, sous l'effet de l'aiguille aimantée, garde une direction fixe dans l'espace, tandis que la cuvette suit les orientations que prend l'avion ; la ligne de foi indique donc la direction dans laquelle va l'avion. Si l'aviateur veut aller au Sud, il faut que sa ligne de foi fasse avec le Nord de l'aiguille aimantée un angle de 180°.

CAP. — Cet angle se nomme Cap. On définit donc ainsi le cap « l'angle que la direction suivie par l'avion, fait avec la ligne Nord-Sud » (Fig. 9).

Nord vrai ou Nord géographique. — C'est le Nord du Pôle Nord, celui où aboutissent les Méridiens, celui qui est marqué sur les cartes géographiques.

Nord magnétique. — L'aiguille aimantée de la boussole (ou du compas) n'indique pas exactement

le nord vrai. Il y a une petite différence qu'on appelle « déclinaison magnétique » qui est due au magnétisme terrestre et varie suivant le temps et le lieu. Le nord qu'indique l'aiguille aimantée s'appelle « Le Nord magnétique ».

Nord du compas. — L'aiguille aimantée du compas n'est pas seulement influencée par le magné-

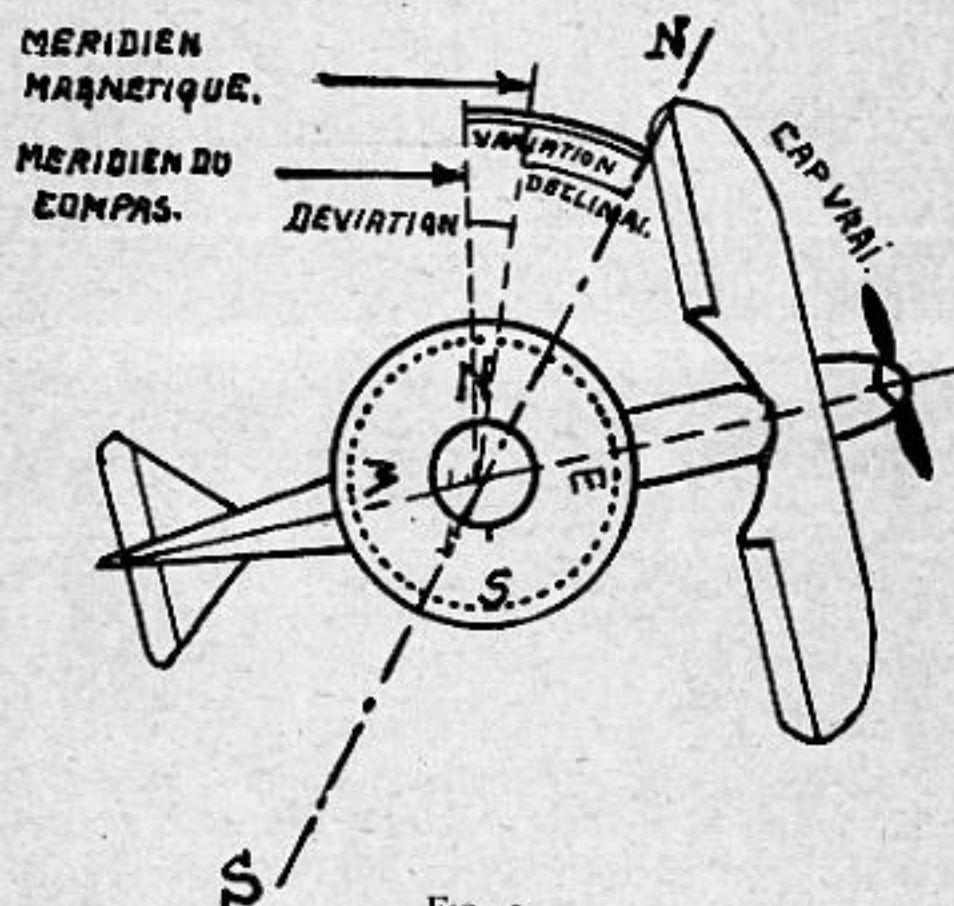


FIG. 9.

tisme du pôle nord, mais aussi par les métaux. Vous savez qu'en présentant un aimant près de l'aiguille d'une boussole, vous l'attirez ; alors elle n'indique plus le nord.

Or, beaucoup de métaux entrent dans la composition d'un avion ; leur présence trouble l'aiguille de la boussole ; ce trouble s'appelle « déviation du compas ». Cette déviation, dont on tient compte dans les calculs appropriés, permet d'obtenir le « nord du compas ».

Les compas doivent être « compensés », lors de leur installation sur un avion pour annuler l'influence des métaux de cet avion sur l'aiguille aimantée. Cette compensation se fait au moyen d'aimants placés sous le compas.

LE RAPPORTEUR. — C'est un instrument qui sert à mesurer les angles de route sur les cartes aéronautiques.

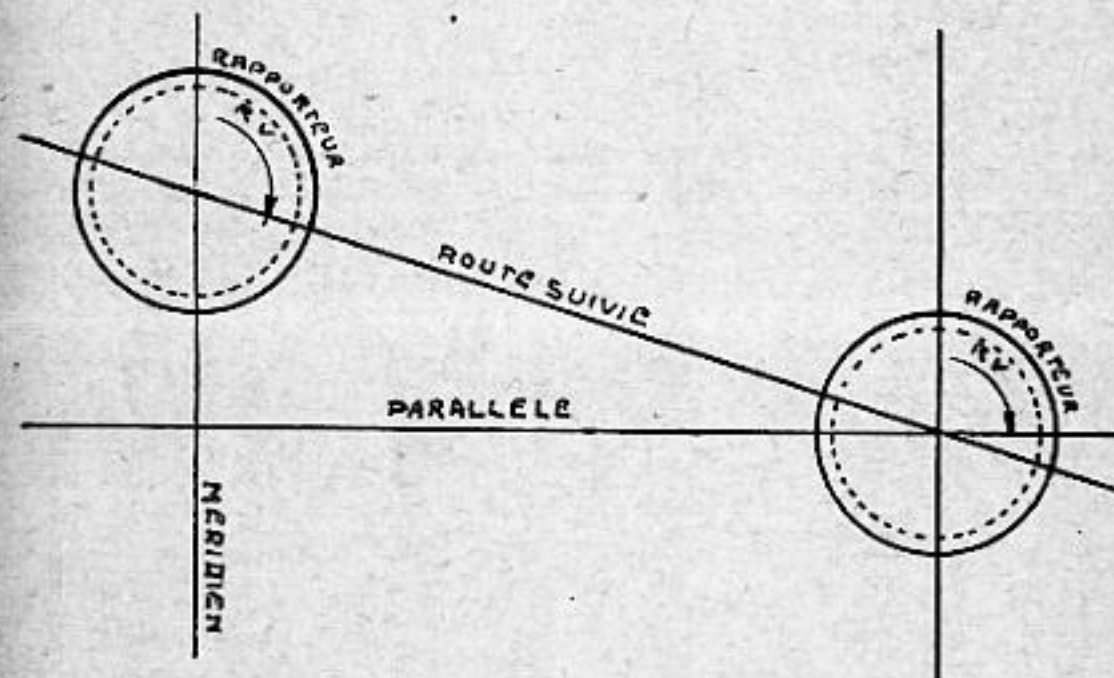


FIG. 10.

Un rapporteur est un carré de celluloid, d'environ 15 cent. de diamètre, gradué en 360 degrés, comme la Rose des Vents. Il est percé en son centre d'un trou permettant de fixer par un nœud un fil souple qui matérialisera les diverses lignes de voyage qu'on peut avoir à tracer. (Fig. 10).

Supposons que l'aviateur veuille aller de Paris à Belfort ; il trace sur la carte aéronautique une ligne de Paris à Belfort ; il place le centre du rapporteur à la jonction d'un méridien de la carte et de la route à suivre, en faisant coïncider le diamètre 0° et 180° du rapporteur avec le méridien.

On peut également utiliser un parallèle de la carte, mais en plaçant cette fois le rayon correspondant à

la graduation go du rapporteur sur ce parallèle, le centre du rapporteur étant toujours mis à l'intersection des deux droites.

On lit sur le rapporteur le degré correspondant avec le tracé de la route, et on connaît ainsi l'angle de route ou cap. L'aviateur n'a plus qu'à maintenir ce cap pour atteindre le but de son voyage (mais en tenant compte de la déclinaison et de la déviation du compas).

Le vent. — La dérive. — Le vent, selon sa direction, influe sur la vitesse de l'avion ou sur sa direction.

Si l'avion a le vent arrière, la vitesse du vent s'ajoute à la sienne.

S'il a vent debout, la vitesse du vent se retranche de la sienne.

S'il a vent de travers, sa vitesse est modifiée ; en outre, l'avion dérive. Le pilote, pour demeurer sur la bonne route, doit donc tenir compte du vent, de son sens, de sa force, et faire des calculs appropriés dits « de dérive ».

Résumé des usages du compas. — Le compas est donc un instrument indispensable pour le pilote auquel il donne :

- 1°) la direction de sa route, ce qui est particulièrement précieux quand les nuages masquent le sol ;
- 2°) la possibilité de choisir entre deux points de repère ;
- 3°) la possibilité de se retrouver ;
- 4°) le sens de l'atterrissage ;
- 5°) le moyen de calculer la dérive.

LES INSTRUMENTS DE BORD

Dans l'habitacle du pilote, outre le compas, il y a un certain nombre de cadrans.

Le tachymètre qui précise le nombre de tours du moteur.

Le contrôleur de vol qui, sur les petits avions, comprend l'anémomètre à pression, dit Badin, appareil qui indique la vitesse de l'avion. L'indicateur de virage et l'indicateur de pente.

Le manomètre d'huile, qui fixe le pilote sur la pression d'huile dans le moteur. Le thermomètre d'huile.

L'altimètre, qui indique l'altitude à laquelle l'avion se trouve ; c'est une sorte de baromètre, car à mesure que l'on s'élève davantage, la pression atmosphérique diminue, l'aiguille traduit donc la diminution de la pression ou son augmentation.

D'autres instruments, nombreux et compliqués, existent dans l'habitacle des grands avions modernes.

NAVIGATION A VUE

Parfois l'aviateur de tourisme ne connaît pas son cap ; il trace alors sa route sur une carte, en survolant sur cette route le premier pays du lieu d'envol (vers lequel il a su naviguer à vue), il note le cap qu'indique son compas et garde ce cap pour la suite du voyage.

On navigue aussi à l'aide de points de repère, choisis de 10 en 10 kms, et qui figurent en signes conventionnels sur les cartes aéronautiques. Les points couramment utilisés sont : les canaux qu'on ne peut confondre avec les fleuves à cause de leurs directions rectilignes et de leur bordure d'arbres. Les routes nationales également bordées d'arbres. Les villes qui s'annoncent au loin par le nuage de poussière et de fumée qui est au-dessus d'elles. Les forêts qui forment

des taches sombres, et les étangs des taches claires, etc., etc.

En passant au-dessus du premier point de repère, le navigateur se rend compte de sa vitesse par rapport au sol, et en déduit le temps nécessaire pour atteindre le second point de repère (la montre doit être à côté de la carte). Si, dans le temps normal, ce second point n'est pas survolé, c'est que l'avion a dévié de sa route.

T. S. F. ET AVIATION

Il existe divers moyens de communication de l'avion avec le sol par les signaux optiques, lumineux ou électriques.

La T. S. F. utilise l'émission (grâce au jeu d'un manipulateur) d'étincelles par trains d'ondes conformément à l'alphabet Morse (points et traits . —). La téléphonie Sans Fil, plus commode, supprime les codes et les abréviations.

La navigation moderne utilise les radiogoniomètres, les radiocompas, les radiophares, etc..., etc...

CHAPITRE III

MÉTÉOROLOGIE AÉRONAUTIQUE

1^{er} COURS

LA MÉTÉOROLOGIE EN GÉNÉRAL

La météorologie est la partie de la physique qui traite des phénomènes atmosphériques.

La météorologie est indispensable à l'aviateur, à la fois pour sa sécurité et pour le rendement en vol. Voici d'ailleurs ce qu'en dit l'as Rossi : « Lorsque tous les aviateurs auront une idée de cette science, j'estime que celle-ci sera de nature à augmenter dans des proportions considérables les possibilités de l'aviation. L'aviateur qui sait lire les cartes météorologiques, qui connaît les lois fondamentales de la météorologie se lance sans crainte dans la brume, au-dessus des nuages, il n'a pas le souci de sa route, puisque sa navigation estimée est basée sur des éléments connus ».

La météorologie est une science relativement récente. Les tout premiers essais de prévision météorologique datent de la découverte du baromètre : « cet instrument à tâter le pouls de l'atmosphère ».

Il y eut d'abord des observations au sol, puis en altitude sur les montagnes. La plus célèbre est celle des variations de la pression atmosphérique avec l'altitude, faite par Pascal à la Tour Saint-Jacques et au Puy-de-Dôme en 1648. Puis, Pascal découvrit que

le baromètre varie, non seulement avec l'altitude, mais avec les vicissitudes du temps. Après l'invention des Montgolfier, les physiciens de l'époque : Pilatre du Rozier, Biot, Gay-Lussac, utilisèrent la possibilité qui leur était donnée de voyager dans l'atmosphère pour entreprendre l'étude des nuages, du vent, etc...

L'organisation des services météorologiques, qui fonctionne actuellement dans presque tous les pays, date de 1855 et a été provoquée par la grande tempête de novembre 1854 qui, après être passée sur l'Europe, assaillit dans la mer Noire les flottes alliées de France et d'Angleterre et amena des désastres considérables. S'il eut existé alors des communications télégraphiques de météorologie avec la Crimée, nos flottes prévenues à temps, auraient pu se mettre en garde contre l'arrivée de la tempête. Le Verrier, Directeur de l'Observatoire de Paris, soumit à l'empereur Napoléon III le projet d'un vaste réseau météorologique qui fut organisé en 1857 et depuis lors un Bulletin de l'état de l'atmosphère paraît tous les jours à Paris.

A partir de 1855, on eut l'idée de confronter les états simultanés de l'atmosphère en différents lieux, mais ces cartes de l'atmosphère avaient du retard et ne pouvaient servir à la Prévision du Temps. Bientôt arrivèrent les moyens rapides de transmission, télégraphie, téléphonie, T. S. F. et les cartes purent servir à prévoir le temps. En France, elles sont établies trois fois par jour sur l'Europe, et 8 fois par jour sur notre pays et les pays limitrophes. Pourtant la France est particulièrement peu favorisée pour la Prévision, car la majorité des perturbations (comme vous l'apprendrez dans ces Cours) viennent de l'Océan Atlantique, c'est-à-dire de l'Ouest, or la densité des observations de bateaux étant encore insuffisante, ces perturbations abordent quelquefois le littoral Ouest de la France avant d'avoir pu être identifiées sur l'Océan.

*
**

L'Office National Météorologique est un Service extérieur du Ministère de l'Air. Il possède de nombreux postes et des stations dont les principales sont placées auprès d'aéroports importants : Marseille-Mari-gnane, Lyon, Tours, Nancy, etc., etc.

La Météorologie comprend deux parties bien distinctes :

1° *La Climatologie*, c'est-à-dire l'étude méthodique des conditions observées dans le passé, ce qui permet de déduire le climat d'une région, d'une localité.

2° *La Prévision*, qui n'est autre que la connaissance anticipée du temps futur.

CLIMATOLOGIE.

La Climatologie est moins connue que la Prévision. Il existe des braves gens qui, en tous pays, sont munis d'appareils enregistreurs par l'O. N. M. et lui communiquent le résultat de leurs observations climatologiques. Vous croyez peut-être que ces innombrables données après avoir été vérifiées et classées, sont destinées à de poussiéreux cartons verts d'archivistes ? Pourtant la connaissance du temps passé, basée sur 60 années d'observations, s'avère d'un intérêt extrême.

Ainsi :

Pour le choix d'une ligne aérienne.

L'Aéronautique a restitué aux cartes de vent l'importance que leur avait conférée la Marine à Voile. Des phénomènes dangereux, tempêtes, grains, brouillards, givre, particulièrement fréquents sur un itinéraire, peuvent en effet le faire rejeter au profit d'un autre, de parcours plus long, mais sur lequel en moyenne le temps est plus propice. Un exemple bien connu de ce fait est la route vers l'Amérique du Nord par les Açores et les Bermudes reconnue « aéronautiquement préférable » à la route la plus courte par Terre-Neuve.

La Climatologie sert encore à déterminer l'horaire optimum selon l'époque de l'année, à choisir le matériel le mieux adapté pour l'exploitation à déterminer les escales les plus favorables, compte tenu des conditions météorologiques moyennes sur l'itinéraire choisi (vents dominants, fréquence des brouillards, etc...).

PRÉVISION.

Pour prévoir le temps *futur*, les météorologistes ont besoin de savoir le temps *actuel*. La Prévision du temps repose donc sur un réseau mondial de postes ou de stations qui effectuent simultanément, à intervalles réguliers, soit au sol, soit en altitude, la mesure des différents éléments météorologiques : la pression atmosphérique, le vent, la température, l'humidité, la nébulosité, le genre de nuages, la pluie, etc...

Les observations faites simultanément sont communiquées par T. S. F. à peu près dans tout le monde civilisé à des heures déterminées. [Heures T. M. G., c'est-à-dire du méridien Greenwich, — heure d'hiver en France —].

Les principaux réseaux d'observations sont effectués aux heures suivantes :

1 h.	7 h.	13 h.	18 h.
(dites heures synoptiques principales)			

Ces observations sont consignées sur des cartes de l'O. N. M. que vous apprendrez à déchiffrer dans les cours suivants.

2^e COURS

L'ATMOSPHÈRE. — PRESSION ATMOSPHÉRIQUE

L'atmosphère est la couche d'air qui entoure la terre. L'Air atmosphérique est constitué par une multitude de corpuscules, les molécules, animées en tous

sens de mouvements divers et rebondissant comme des balles sur la paroi du globe terrestre. Toute surface plongée dans l'atmosphère subit de la part de ces molécules un bombardement incessant dont l'effet se traduit par une pression, ou poids, dite *pression atmosphérique*.

Cette pression fut déterminée vers le milieu du XVII^e siècle. En voici l'histoire :

Le Grand Duc de Toscane en Italie ayant eu en 1640 la fantaisie princière de voir des jets d'eau sur la terrasse de son palais, les fontainiers de Florence constatèrent qu'il était impossible d'amener l'eau au-dessus de 10 mètres. Le Duc écrivit alors au savant Galilée. Galilée pensa que le poids de l'air empêchait l'eau de s'élever et il fit, avec son élève Torricelli, des expériences qui les amenèrent à la création du *Baromètre*, c'est-à-dire de l'appareil indiquant le poids de l'air (du grec « poids » et « mesure »).

L'expérience de Torricelli fut la suivante : Il renversa sur une cuve à mercure un tube de 1 mètre, il vit la colonne de mercure descendre laissant le vide au-dessus d'elle et s'arrêter à une certaine distance constante. Cette distance fut en moyenne de 760 mm. La hauteur de 760 mm. de mercure mesure donc la pression atmosphérique (poids de la colonne de l'air au-dessus de la surface). C'est le principe du baromètre à mercure.

Millibar. — Pour la commodité de certains calculs l'unité de pression barométrique n'est plus le millimètre mais le millibar qui vaut les $\frac{3}{4}$ du mm., ainsi :

$$760 \text{ mm.} \times \frac{4}{3} = 1013 \text{ millibars.}$$

A mesure que l'on s'élève le nombre de molécules d'air diminue et cela a pour conséquence la diminution de la pression, le poids de l'atmosphère étant diminué du poids de la masse d'air qu'on laisse au-dessous de soi.

C'est le physicien Laplace qui a calculé la loi exacte de la décroissance de la pression avec l'altitude. Voici quelques valeurs moyennes de la pression à différentes altitudes.

	mm.	mb.	
	—	—	
Au niveau de la mer	760	1013	} Troposphère
1.000 mètres	674	899	
5.000 mètres	403	537	
11.000 (Tropopause)	170	227	
20.000	41	55	} Stratosphère
30.000	8	11	

En somme, à 30.000 mètres il y a si peu d'air que son poids est très faible.

Vous savez que la pression atmosphérique varie, non seulement avec l'altitude, mais avec les vicissitudes du temps, en effet, le baromètre mesure le poids de l'air, or l'air chaud est plus léger que l'air froid, l'air humide plus léger que l'air sec, donc par suite de l'inégalité de la répartition des températures et de l'humidité à la surface du globe terrestre le baromètre enregistre des hautes ou des basses pressions.

Mais pour interpréter les indications du baromètre il ne suffit pas de lire des valeurs absolues de pression, ce sont les variations qu'il importe de considérer.

Prévision approximative du temps par le baromètre.

Montée	lente	dans le beau temps = beau temps persistant ;
		dans le mauvais temps = retour au beau.
	brusque	dans le beau temps = temps médiocre ;
		dans le mauvais temps = pluie persistante.

Baisse	lente	dans le beau temps = mauvais temps éloigné ;
		dans le mauvais temps = pluie persistante.
	brusque	dans le beau temps = orages, tempêtes ;
		dans le mauvais temps = aggravation.

Baromètre et Thermomètre. — On peut également, pour prévoir le temps, faire des observations faciles basées sur les variations à la fois du baromètre et du thermomètre.

Si le baromètre monte, alors que le thermomètre descend = beau temps probable.

Quand ces mouvements s'amplifient le beau temps est sûr.

Quand le baromètre, au contraire, descend et que le thermomètre monte = le mauvais temps est proche (Règle pratique d'André des Gachons).

En aviation on emploie le baromètre métallique, dit anéroïde, parce qu'il est moins encombrant, moins fragile et plus facile à transporter que le baromètre à mercure (qui est toutefois plus précis).

Météorographe. — On appelle météorographe, l'ensemble des trois appareils enregistreurs utilisés par la Météorologie pour l'étude de l'atmosphère au moyen des sondages (par avion, ballon, cerf-volant, etc..., etc...).

Le météorographe est constitué par :

- 1 baromètre,
- 1 thermomètre,
- 1 hygromètre (types enregistreurs).

(1°) Le Baromètre enregistreur d'avion s'appelle Barographe. Le barographe est du type anéroïde, basé sur la transformation des « Capsules de Vidi ». La

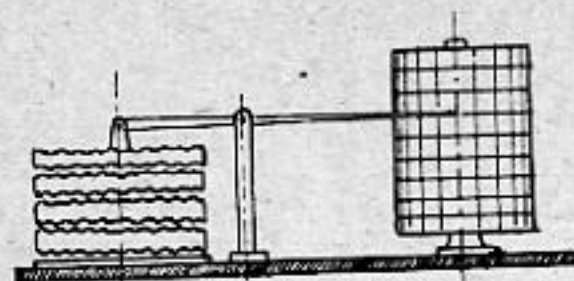


FIG. 11

capsule de Vidi est une boîte métallique vide d'air. Sur ses faces intérieures, la capsule ne subit aucune action ; au contraire, ses faces extérieures sont soumises au bombardement des molécules d'air, bombardement qui produit la pression. La variation de la pression atmosphérique se mesure par la déformation qu'éprouve la capsule de Vidi, en la transmettant, amplifiée par des leviers, à un style appuyant sur un cylindre enregistreur, auquel un mouvement d'horlogerie donne une lente rotation. Sur le cylindre enregistreur est une feuille de clinquant (genre de papier d'étain) enduit de noir de fumée. (Fig. 11).

Altimètre. — Puisque, à chaque valeur de la pression atmosphérique correspond en moyenne une altitude déterminée, on peut se servir d'un baromètre pour avoir une mesure approchée de l'altitude, il suffit d'adjoindre à la graduation en pression, une graduation en altitude, on a ainsi un baromètre altimétrique ou *altimètre* (cette mesure est entachée d'erreurs, par suite des variations de pression dues aux perturbations atmosphériques).

2°) Le *Thermomètre* enregistreur permet l'observation continue de la température.

L'organe sensible est un réservoir métallique à section elliptique, rempli d'alcool dit « tube de Bourdon ». Une de ses extrémités est maintenue fixe. Les variations de température produisent des variations de volume de l'alcool, donc des variations de courbures du tube de Bourdon et, par suite, des déplacements de son extrémité libre. Ces déplacements amplifiés sont transmis par un système de leviers à un style muni d'une pointe appuyant comme pour le baromètre sur un cylindre enregistreur possédant un

mouvement de rotation dû à un mécanisme d'horlogerie.

3°) L'*Hygromètre* est un hygromètre à cheveux basé sur la propriété que possède un faisceau de cheveux de varier de longueur suivant l'humidité de l'air (les cheveux deviennent plus longs lorsqu'il y a davantage d'humidité). Cette variation de longueur est amplifiée par un système de leviers et enregistrée comme pour le barographe et le thermographe.

Les baro-thermo-hygro dits *météorographes*, inscrivent leurs indications sur un unique cylindre enregistreur.

Troposphère et stratosphère. — Grâce aux recherches de M. Teisserenc de Bort, on connaît l'existence de deux zones atmosphériques différentes, baptisées par ce savant : « Troposphère et stratosphère ».

Dans la *troposphère* qui va de 0 m. à 11.000 mètres environ, la température décroît en moyenne de 6° tous les mille mètres.

Dans la *stratosphère*, la température ne subit que de faibles variations quand on s'élève ; elle demeure en moyenne au voisinage de — 55°, et il n'y a peu de nuages puisqu'il n'y a presque pas de vapeur d'eau. La *tropopause* est la ligne idéale qui sépare la troposphère de la stratosphère.

Actuellement, ce n'est que dans la troposphère que naviguent les avions.

3^e COURS

LES SONDAGES DE L'ATMOSPHERE

Nos connaissances actuelles sur la structure de l'atmosphère ont été considérablement étendues par des *sondages* faisant appel à toutes sortes de moyens : les ballons libres, les ballons sondes, l'avion météorologique, la radio-sonde, le cerf-volant, le ballon captif, la fusée météorologique, les stratostats. Tous ces appareils étant munis de « *météorographe* ».

Les ballons libres. — Les ascensions aérologiques, pour donner un résultat probant, doivent être très nombreuses dans le temps et dans l'espace, sur l'ensemble du globe terrestre. L'ascension en ballon monté est très coûteuse, souvent périlleuse quand les conditions météorologiques ne sont pas excellentes, la méthode est donc en défaut précisément lorsque les observations seraient les plus intéressantes. Aussi a-t-on cherché à équiper des ballons sans observateurs mais avec des *appareils enregistreurs* et ce sont les *ballons sondes* inventés en 1892 par M. Teisserenc de Bort.

Ballons sondes. — Ces ballons ont 1 à 2 mètres de diamètre. Ils sont gonflés à l'hydrogène, ils se dilatent donc dans l'air raréfié des zones élevées et éclatent. Mais leur descente est amortie par un parachute qui, soutenant le panier contenant les appareils enregistreurs (3), leur permet d'arriver doucement au sol sans se briser. (Fig. 12).

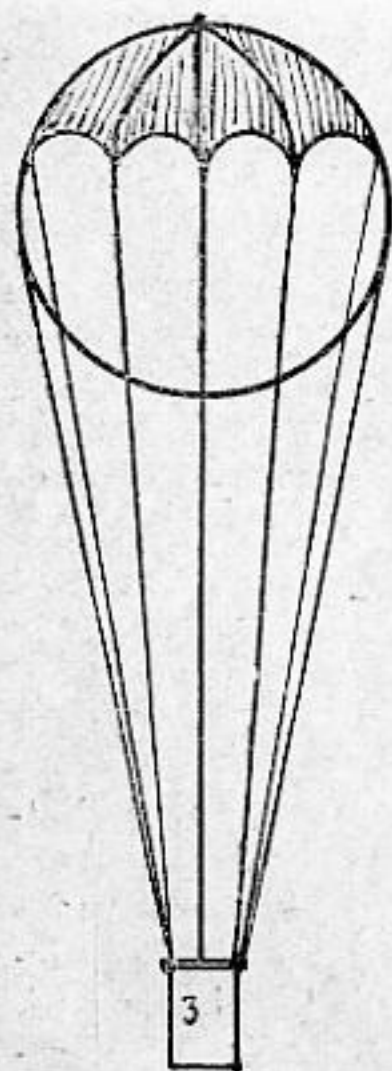


FIG. 12

Le record a été obtenu en Allemagne en 1930 à 35 kilomètres 900 d'altitude. Nos ballons-sondes parviennent facilement à 15.000 ou 20.000 mètres.

Le *météorographe* emporté couramment est extrêmement léger, mais il faut, pour dépouiller les diagrammes, attendre le retour aux observatoires, des instruments atterrés en des points ignorés, parfois à des centaines de kilomètres. Le ballon-sonde n'est donc

pas utilisable pour la prévision du temps et la protection de la navigation aérienne qui exigent que le résultat des observations soit connu presque instantanément.

L'avion météorologique. — L'avion est venu fort à propos apporter une solution au problème. Aujourd'hui fonctionne, dans les principaux pays d'Europe et aux Etats-Unis, un réseau encore embryonnaire de sondages par avions. L'avion équipé d'un *météorographe de « mât »*, enregistrant la pression, la température et l'humidité, peut, en une heure, rapporter à la station météorologique une coupe verticale de l'atmosphère jusqu'à une altitude de 6.000 mètres, c'est-à-dire assez haut pour les besoins courants de la protection météorologique de la navigation aérienne.

L'avion part une fois par jour, le matin, à l'heure G. M. T., synoptique de 7 heures. Il existe en France une douzaine de stations d'avion météorologique : Le Bourget, Nancy, Istres, Toulouse, Cherbourg...

La Radio-sonde. — Pourtant quel que soit le cran des pilotes, la régularité des sondages par avion est affectée par le mauvais temps de sorte que les renseignements d'altitude obtenus par ce procédé sont sujets à des lacunes.

Fort heureusement les météorologistes disposent d'un autre engin pour obtenir rapidement les mesures en altitude. C'est la merveilleuse Radio-sonde imaginée voici quelques années en France par M. Bureau, sous-directeur à l'Office National Météorologique, et M. Idrae.

La radio-sonde comprend un ballon-sonde qui possède un appareil émetteur de T.S.F. (longueur d'onde 9 mètres) et un *météorographe*, le tout, sous un volume réduit, pesant 1.800 grammes. Un commutateur tournant met à tour de rôle, tous les 100 mètres, le baromètre, le thermomètre et l'hygromètre en contact avec le poste émetteur de T. S. F. Avec son minuscule moteur, son plateau fixe et son bras tour-

nant cet agencement est une merveille de simplicité. Grâce à lui, les postes récepteurs au sol reçoivent instantanément les mesures de la pression, de la température et de l'humidité en altitude. Ces renseignements sont aussitôt diffusés aux stations à terre et aux navires. On peut juger de l'abondance des renseignements ainsi fournis quand on saura qu'un radiosondage allant à 15.000 mètres, altitude moyenne d'éclatement du ballon, s'inscrit sur un ruban de papier de 400 mètres de long, au poste récepteur du sol.

Chaque matin un radiosondage est effectué à St-Cyr. Mais le prix de revient de l'appareil est encore trop élevé (1.000 francs environ) pour autoriser un plus grand nombre de radiosondages. Très souvent la radio-sonde comme le ballon-sonde est perdue lors de la descente dans les eaux ou sur les bois (entre parenthèses je vous signale qu'une prime de 25 francs est offerte aux personnes qui, ayant trouvé une radio-sonde ou un ballon-sonde, le renvoie à l'Office National Météorologique).

La radio-sonde — merveilleuse invention française — que les pays étrangers utilisent depuis cette année seulement, est appelée à un grand avenir.

Le cerf-volant de sondage, du type cellulaire, est retenu par un câble métallique s'enroulant sur un treuil mécanique ; en général, deux ou trois cerfs-volants constituant un « train » enlèvent les appareils enregistreurs, le météorographe, retenu quelques mètres au-dessous d'eux.

Le ballon captif. — Est une véritable station météorologique d'altitude, mais il nécessite une importante installation au sol, sa manœuvre revient très cher. Enfin le câble présente aux abords des aérodromes certains dangers pour l'aviation.

La fusée météorologique. — L'aérologiste, qui veut étudier les couches basses de l'atmosphère de 0 à

2.000 mètres, ayant besoin d'un engin lui permettant d'effectuer un grand nombre de sondages, se sert de la fusée météorologique.

C'est une adaptation de la fusée paragrêle. Dans la partie supérieure de la fusée est glissée un météorographe léger (150 gr.), en forme de cylindre métallique et attaché à un parachute de soie. Lorsque la fusée est parvenue au sommet de sa trajectoire, le parachute se développe soutenant les appareils qui enregistrent : pression, température, humidité. D'ailleurs le météorographe de fusée et son parachute seuls peuvent être également lancés à plusieurs exemplaires depuis un avion, un monoplaneur, un planeur, pour étudier, à un instant donné, les différentes parties d'une masse d'air limitée.

Les ascensions stratosphériques. — Après les premières ascensions scientifiques en ballon monté on s'est affranchi de la présence de l'observateur grâce aux appareils du type radio-sondes. Il semble donc que les ascensions en stratostat comme celles du professeur Piccard (et qui sont pleines de périls) soient d'une utilité à démontrer.

LE CARIMARÉ

Il existe un bateau météorologique « *Le Carimaré* » chargé par l'Office National Météorologique de l'étude de l'Atlantique Nord. Son travail comporte la concentration des observations effectuées sur l'Atlantique par les navires de tous pays, l'établissement des cartes du temps, la liaison avec les avions transatlantiques, et l'exécution de radios-sondages ainsi que les sondages de vent dont le *Carimaré* radiodiffuse immédiatement les résultats. Ces travaux ont pour but d'obtenir le maximum de connaissances sur les couches de l'atmosphère que les avions transatlantiques parcourront un jour en service régulier.

Le *Carimaré* possède, sur le pont arrière, un gros

tube par où sont lancées les radio-sondes. Sous le gros tube se trouve un petit atelier aménagé pour la préparation et le gonflage des radio-sondes. Il y a aussi évidemment à bord des laboratoires pour les météorologistes.

En stationnant sur l'Atlantique, le *Carimaré* contribue à la connaissance générale du globe et aux progrès de la science. En outre, la concentration et la diffusion de renseignements sur l'Atlantique permet aux météorologistes de mieux analyser les perturbations avant leur arrivée sur l'Europe.

4^e COURS

LES NUAGES. — LA PLUIE

Toute l'eau de l'atmosphère provient surtout de l'évaporation des mers qui couvrent 71 % du globe terrestre. Elle provient également un peu de l'évaporation des lacs, des fleuves, des plaines humides, des forêts, mais c'est une source insignifiante comparée à celle de l'Océan.

Lorsqu'un volume d'air saturé de vapeur d'eau se refroidit, celle-ci se condense sous une forme liquide, en très fines gouttelettes (ainsi au-dessus d'une eau bouillante qui s'évapore, si vous mettez un couvercle métallique froid, il se couvrira de gouttelettes). Ces gouttelettes minuscules assemblées dans l'air constituent les *nuages*. Elles ne flottent pas dans l'air, elles tombent très lentement, mais le moindre courant ascendant suffit donc à les tenir en suspension. Si elles rencontrent un air plus chaud, elles s'évaporent de nouveau et le nuage est dissous. Mais si au contraire l'air qui les environne devient plus froid, elles deviennent plus nombreuses et se réunissent entre elles pour former des gouttes plus grandes et plus lourdes dont le poids n'est plus équilibré par les courants ascendants, elles tombent alors sous la forme de

pluie. La température de la pluie est toujours inférieure à celle de l'air.

Rappelez-vous cette belle image d'Elisée Reclus : « Le nuage est le chapiteau visible d'une colonne d'air invisible. »

Le *Pluviomètre* est un appareil qui sert à mesurer la quantité de pluie tombée dans un intervalle de temps déterminé. Cette quantité est toujours évaluée en déterminant l'épaisseur en millimètres, de la nappe d'eau que formerait la pluie sur le sol si elle y séjournait sans s'infiltrer ni s'évaporer.

Le pluviomètre dit « *Pluviomètre Association* » le plus simple, est constitué par un seau en zinc garni d'un entonnoir de même métal terminé par un trou assez petit pour diminuer les pertes d'eau par évaporation. L'entonnoir est surmonté d'une bague métallique circulaire à bord presque tranchant d'une surface de 400 cm². La quantité de pluie recueillie dans le seau correspond ainsi à une surface de chute parfaitement déterminée. Une éprouvette dont les graduations sont en relation exacte avec la grandeur de cette surface permet de mesurer la hauteur d'eau tombée en millimètres et dixièmes (Fig. 13).

Le pluviomètre doit s'installer à au moins 1 m. 50 au-dessus du sol dans un endroit découvert, à l'abri des remous de l'air. Les observations sont effectuées en général deux fois par 24 heures (à 7 heures et 18 heures T.M.G.).

Formation des systèmes nuageux. — Les vents véhiculant les nuages, porteurs de pluie, les pluies sont donc en relation étroite avec l'origine et la direction

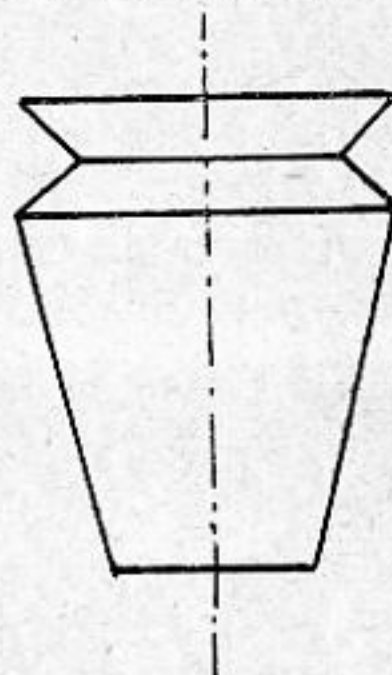


FIG. 13.

des vents. En France, les vents dominants soufflent du secteur Sud-Ouest ; passant donc au-dessus de l'Océan Atlantique, ils sont alors chargés d'humidité et, par suite, de nuages. Au contraire, les vents d'Est passant au-dessus des terres sont secs et nous amènent peu de nuages en général.

D'autre part, pour que les nuages se forment, il faut qu'il y ait des différences de température de l'air. Or les vents selon leur provenance sont froids ou chauds. L'air des régions polaires (air polaire) est froid. L'air tropical (air des Tropiques) est chaud. Si ces deux vents se rencontrent, ils amènent en contact deux masses d'air dont les températures sont en contraste. L'état d'équilibre de ces masses d'air est rompu. L'air froid pénètre sous l'air chaud en tourbillonnant ; l'air chaud est soulevé et des nuages se forment le long de la surface de séparation de ces deux masses. Ainsi se créent les cyclones (ce mot veut dire cercle) générateurs de systèmes nuageux.

5^e COURS

SYSTÈMES NUAGEUX

Les nuages ne se répartissent pas au hasard dans le ciel, mais ils sont groupés suivant des ensembles organisés couvrant une surface parfois considérable (de l'ordre de grandeur de la France) et se déplaçant dans les courants d'altitude en se déformant plus ou moins. Si on figure schématiquement l'état du ciel sur une carte, on remarque qu'au même moment les aspects du ciel dans les lieux voisins ne sont pas indépendants. La partie antérieure (dans le sens de sa marche) d'un système nuageux est appelée le « front » qui comprend des nuages ténus et élevés, répartis sur une bande plus ou moins étroite de ciel nuageux. Ce

front est suivi d'une zone de nuages formant un voile de plus en plus épais qui constitue la partie centrale ou *corps* du système ; celui-ci englobe une région de ciel couvert de nuages bas d'où tombe la pluie. En arrière du corps se trouve la *traîne*, dans laquelle l'aspect du ciel est très varié avec des nuages à toutes hauteurs et des alternances de belles éclaircies et d'averses de pluie ou de grêle parfois violentes, souvent accompagnées de manifestations orageuses ou de coups de vent violents. Les bords droit et gauche du corps, sont limités par des *marges* qui ne comportent que des nuages élevés et moyens.

Les systèmes nuageux sont généralement séparés les uns des autres par des *intervalles* dans lesquels le ciel est soit pur, soit peuplé de Cumulus de beau temps, ils peuvent être aussi reliés par des *zones de liaison* présentant un ciel couvert et bas, mais sans précipitations ou avec seulement quelques chutes de bruines.

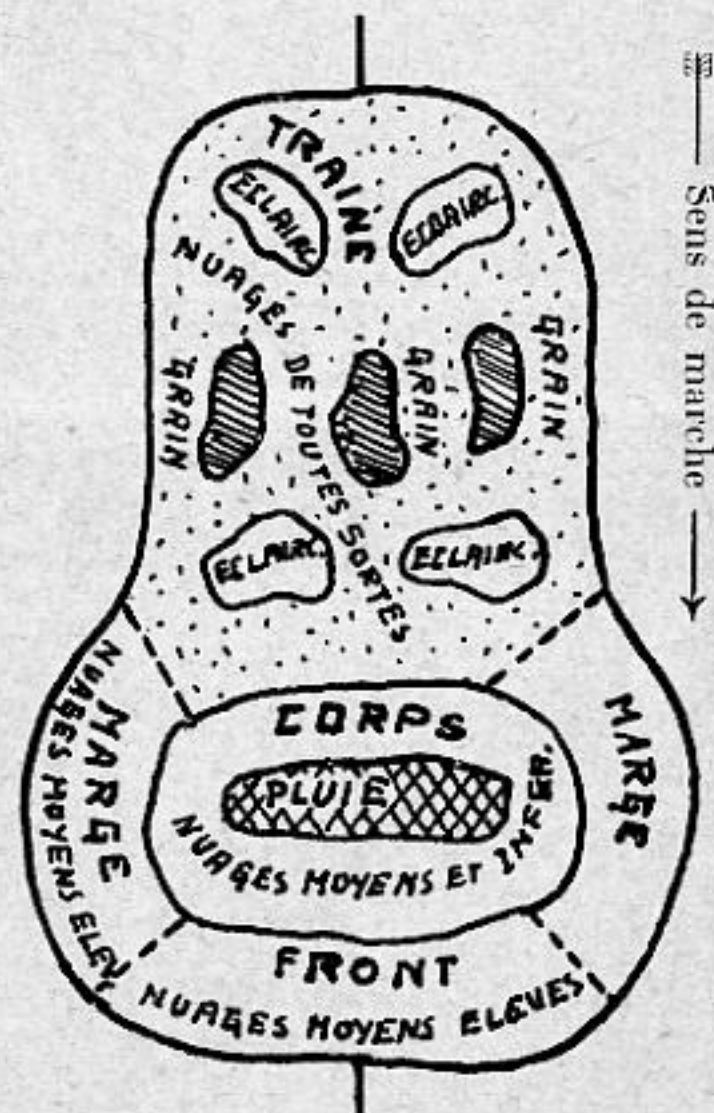


FIG. 14.

Schéma d'un système nuageux

Les tracés d'une carte de système nuageux, et sa comparaison avec les cartes dressées précédemment, permettent de déterminer le sens et la vitesse de déplacement de ces systèmes, et d'en déduire, par suite, le temps qu'ils amèneront sur les différentes régions qu'ils doivent traverser.

Les systèmes nuageux et les noyaux de variations qui l'accompagnent constituent une *perturbation atmosphérique*.

Une zone de pressions barométriques élevées constitue un *anticyclone* ; une telle zone est caractérisée par la faiblesse des vents, l'absence de perturbations (faibles variations barométriques) et la sécheresse ; les nuages y sont en général peu abondants, sauf ceux du type *Stratus* (surtout en hiver) ; enfin les brumes et brouillards y sont fréquents. Les zones de pressions basses constituent des « zones dépressionnaires » ; c'est autour de leur centre que circulent les perturbations, appelées quelquefois « *cyclones* » (dépression mobile de forte intensité).

Supposons par exemple le front d'un système nuageux se déplaçant de l'Ouest vers l'Est, atteignant la Bretagne, les prévisions seront les suivantes : « Pour la région Ouest (où vont arriver successivement le corps puis la *traîne*, ciel d'abord couvert avec pluie, puis devenant très nuageux avec successions d'averses et d'éclaircies ». Pour la région parisienne qui verra défiler le front, puis le corps : « Ciel se couvrant progressivement par l'Ouest, pluie ensuite ». Pour la région Est où la *traîne* d'un système précédent s'atténue : « Ciel généralement demi-couvert avec belles éclaircies et rares averses, se couvrant progressivement vers l'Ouest en fin de journée ».

Cependant les systèmes nuageux ne sont pas tous rigoureusement identiques au schéma idéal. Ils affectent quelquefois des structures plus compliquées ; en se déplaçant, ils évoluent et se transforment, particulièrement sous l'action du relief terrestre.

CLASSIFICATION DES NUAGES

Les nuages sont extrêmement variés, mais on peut les classer :

- I. — Selon leurs formes ;
- II. — Suivant leur altitude.

I. — CLASSIFICATION SELON LES FORMES :

A. — Nuages isolés en éléments plus ou moins rapprochés les uns des autres, mais nettement séparés.

Temps sec

—
Cirrus
Cirrocumulus
Alto cumulus

C. — Nuages à développement vertical (nuages de courants ascendants).

Niveau supérieur.
Moyen 6.000 m.
Niveau inférieur 500 m.

—
Cumulonimbus
(Nuages à grains et à averses)
Cumulus

B. — Nuages en voile plus ou moins étendu.

Temps pluvieux

—
Cirrostratus
Altostratus
Nimbostratus

D. — Brouillard élevé ne touchant pas le sol, en forme de couche étalée (fréquents pendant les périodes de hautes pressions).

—
Stratus

II. — CLASSIFICATION SUIVANT LEUR ALTITUDE :

(A) — Nuages supérieurs.

(niveau inférieur moyen : 6.000 mètres)
(niveau supérieur moyen : 10.000 mètres)

Cirrus, Cirrocumulus, Cirrostratus.

(B) — Nuages moyens.

(niveau supérieur moyen : 6.000 mètres)
(niveau inférieur moyen : 2.000 mètres)

Alto cumulus, Altostratus.

(C) — Nuages inférieurs.

(niveau supérieur moyen : 2.000 mètres)
(niveau inférieur moyen au niveau du sol)

Stratus, Stratocumulus, Nimbostratus.

Les nuages *migrateurs* sont ceux qui composent les systèmes nuageux et que l'on voit monter de l'horizon au zénith et disparaître à l'horizon opposé. Les nuages *locaux* sont ceux qu'on voit naître, évoluer et mourir sur place. Ce sont les Cumulus de beau temps, les Stratus et certains Stratocumulus.

La vitesse normale d'un système nuageux est d'environ 50 kilomètres à l'heure.

6° COURS

DÉFINITION ET DESCRIPTION DES GENRES DE NUAGES

I. — SUPÉRIEURS.

CIRRUS
abréviation:
(Ci)

Cristaux de glace.
Nuages isolés, délicats de texture fibreuse, sans ombres propres, disposés en bandes qui traversent le ciel, se teintent de rose au lever et au coucher du soleil.
Quand ils passent devant le soleil, ils affaiblissent à peine son éclat.
Nuages de *front* ou *marge*, donc pluie ou vent prochain (fronts), ou on échappera au mauvais temps (marge).

CIRRO-
CUMULUS
(Cicu)

Gouttelettes d'eau ou cristaux de neige.
Couche ou banc de petites balles ou flocons sans ombres, disposés en groupes, en files, ressemblant aux rides du sable des plages. On les appelle vulgairement moutons.
Nuages de *front* ou de *marge*.

CIRRO-
STRATUS
(Cist)

Cristaux de glace.
Voile fin et blanchâtre qui, passant devant la lune ou le soleil, donne des halos autour de ces astres.
Ne supprime pas les ombres portées des objets sur le sol.
Nuages de *front*, donc pluie prochaine.

II. — FAMILLE NUAGES MOYENS.

ALTO- CUMULUS (ACU)	Gouttelettes d'eau. Couches ou bancs composés de lamelles ou de galets, avec des parties ombrées. Ils produisent l'apparence bien connue de ciel pommelée. Nuages de <i>marge</i> .
	Gouttelettes d'eau. Voile épais gris et bleuâtre. Laisse voir le soleil ou la lune vaguement comme à travers un verre dépoli. Nuage de <i>corps</i> . Donc mauvais temps, pluie ou neige.

III. — FAMILLE NUAGES INFÉRIEURS.

STRATO- CUMULUS (STCU)	Gouttelettes d'eau. Couche ou bancs composés de galets ou bourrelets, les plus petits éléments de la couche encore disposés régulièrement étant assez gris, flous, avec des parties sombres. Quand ils couvrent tout le ciel ils lui donnent une apparence ondulée. Nuages de <i>traîne</i> ou d'instabilité.
	Gouttelettes d'eau. Couche nuageuse uniforme comme un brouillard mais ne reposant pas sur le sol. Très fréquent en hiver. Nuage d' <i>intervalle</i> . Peut donner de la brume, mais pas de pluie.

NIMBO- STRATUS (NBST)

Gouttelettes d'eau.
Couche basse, pluvieuse, gris sombre mais comme illuminée à l'intérieur.
Nuage de *corps*, donc pluie ou neige continue.

CUMULUS (CU)

Gouttelettes d'eau.
Masses puissantes de nuages épais dont le sommet forme dôme et est garni de protubérances arrondies, tandis que la base est presque horizontale.
Lorsqu'il est très gonflé, très bourgeonnant : nuage de *traîne*, donc instabilité (averses).
Lorsqu'il est peu développé verticalement : nuage d'*intervalle* (beau temps séparant deux systèmes nuageux).

CUMULO- NIMBUS (CUNB)

Gouttelettes d'eau dans les parties basses.
Cristaux de glace dans les parties élevées.
Masses puissantes de nuages à grand développement vertical dont les assises cumuliformes s'élevant en formes de montagnes ou de tours et dont la partie supérieure est de texture fibreuse et s'étale parfois en forme d'enclume.
Nuages caractéristiques de *traîne*, donc averses de pluie, de neige ou de grésil et souvent aussi des orages.

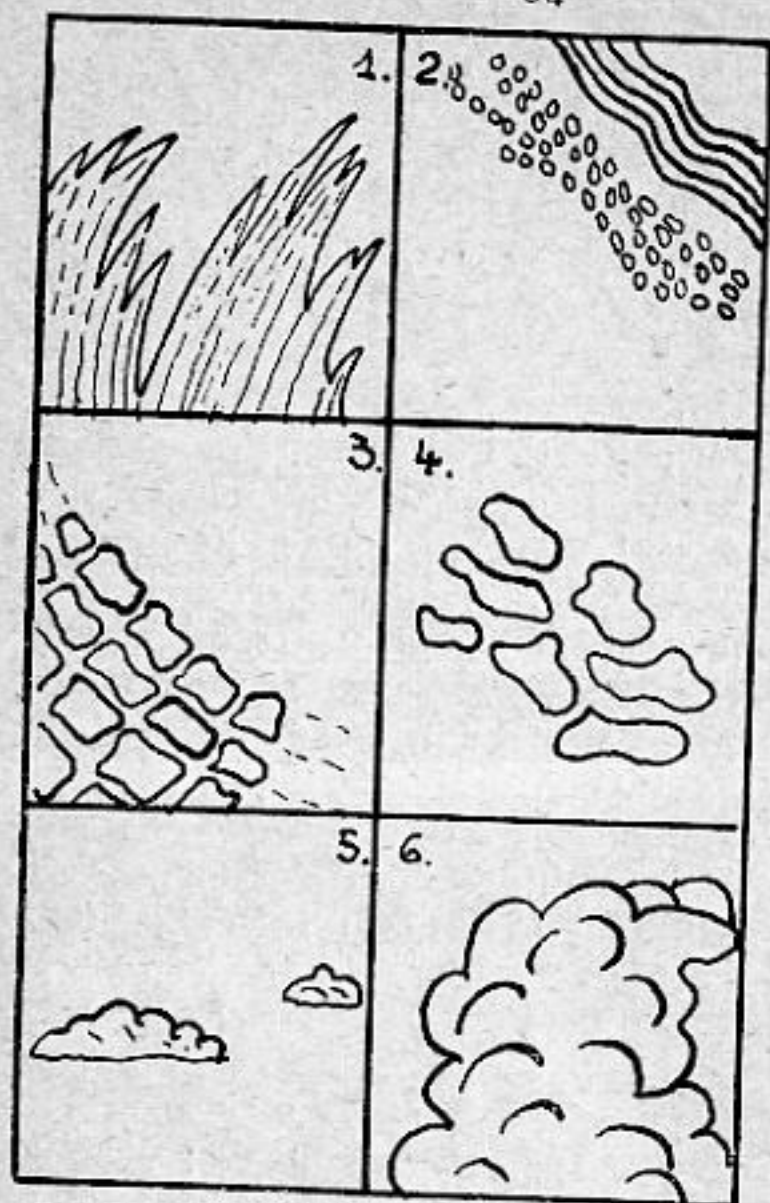


FIG. 15. — 1. Cirrus. — 2. Cirrocumulus. — 3. Altopumulus. — 4. Stratocumulus. — 5. Cumulus. — 6. Cumulonimbus.

voit différemment, soit qu'il les domine, soit qu'il les approche de très près.

7° COURS

RENSEIGNEMENTS AÉRONAUTIQUES SE RAPPORTANT AUX NUAGES

1° La *nébulosité*, qui est la fraction du ciel occupée par les nuages visibles. A la nébulosité se rattache l'observation de la *Direction*, de la *vitesse* des

NOTA. — Les élèves apprendront à connaître les nuages dans les photographies de « l'Album International des nuages », et devront fréquemment s'exercer à l'examen du ciel.

Les nuages ainsi décrits sont tels que les aperçoit un observateur terrestre.

L'aviateur en vol les

nuages, qui complètent les données des sondages aérologiques.

Cette observation se fait à l'aide de la herse « néphoscopique ». (Fig. 16).

La herse néphoscopique se compose d'une barre horizontale, munie de sept dents verticales équidistantes, mobile autour d'un axe vertical. Son orientation est repérée par une aiguille qui se déplace devant une « rose des vents ». L'observateur oriente la herse au moyen de deux cordons jusqu'à ce qu'un point caractéristique d'un nuage paraisse se déplacer le long de la ligne des pointes. La herse est alors parallèle à la *direction* du mouvement du nuage.

Vitesse. — Si l'on note le temps « T » secondes mis par un point choisi du nuage à franchir l'espace séparant deux dents consécutives, en multipliant le T par 10, on obtient le temps que met un nuage pour franchir une distance horizontale égale à sa hauteur dans le ciel.

2° La *visibilité* est la distance maximum à laquelle on distingue la nature d'un objet usuel.

On peut parfois du sol apprécier la *visibilité oblique* en s'aidant de repère sur les montagnes. La *visibilité verticale* en mesurant au bout de combien de temps

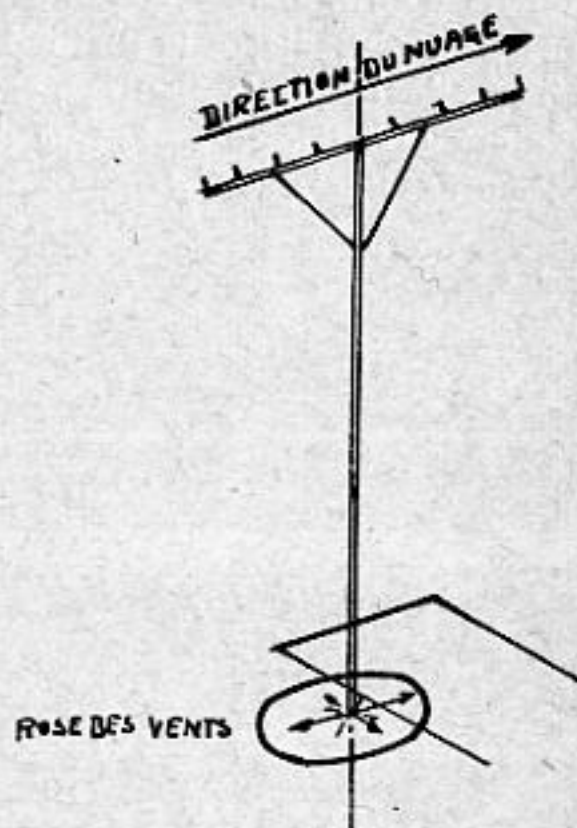


FIG. 16.

Herse néphoscopique.

disparaît un ballon de vitesse ascensionnelle connue.

3° *Le plafond.* — Quand les nuages forment une couche continue très étendue en surface ; ils constituent un obstacle, « le plafond » qui limite l'altitude à laquelle le pilote peut voler en toute sécurité. La hauteur du plafond reste une des données fondamentales que l'aviateur demande au météorologiste.

Le plafond se mesure :

a) A « l'estime » par des météorologistes spécialistes à l'œil particulièrement exercé.

b) Par les « renseignements » fournis en vol par les avions, complétant les renseignements des avions météorologiques.

c) Par le « temps » que met un ballon de vitesse ascensionnelle connue à dis-

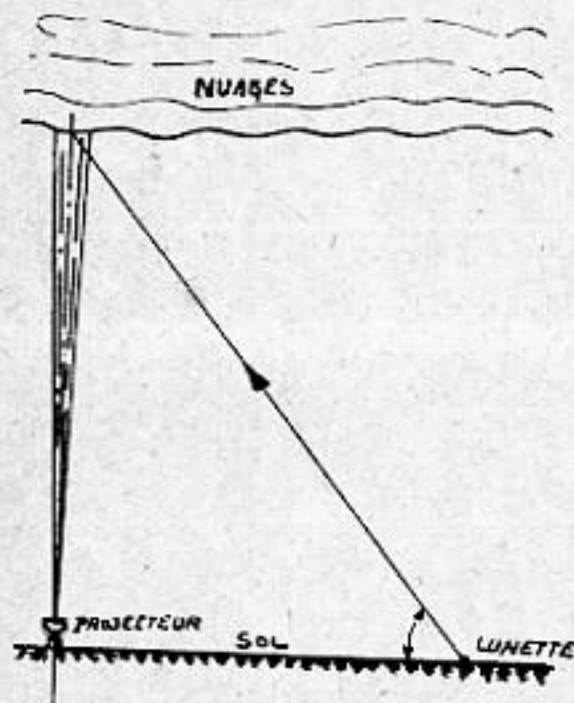


FIG. 17.

Mesure du plafond la nuit.

paraître dans les nuages.

d) La nuit par « l'utilisation » d'un projecteur, dont le faisceau vertical découpe une tache lumineuse sur la base du nuage. On vise la tache dans une lunette située à une distance connue du projecteur. La mesure de l'angle de visée permet de calculer la hauteur de la base des nuages. (Fig. 17).

On peut se faire une idée de l'épaisseur des nuages du fait que le bleu du ciel est plus ou moins visible. Lorsque les méats bleus sont faibles, l'épaisseur est supérieure à 600 m. Si le soleil est visible, la couche est inférieure à 600 m.

Lorsque le soleil apparaît comme un disque, elle est inférieure à 100 m.

D'autre part, au-dessus des grosses agglomérations, la base des nuages est systématiquement plus élevée qu'au-dessus de la campagne, à cause de l'influence thermique des foyers urbains. Ainsi au centre de Paris, les Cumulus sont situés en moyenne 80 m. plus haut qu'au Bourget.

LES SYSTÈMES NUAGEUX ET L'AVIATION

Le temps subi par l'aviateur dépend de la classe des systèmes nuageux rencontrés et des secteurs qu'il traverse (front, marge, corps, traîne, intervalle, zone de liaison).

La tête. — Lorsque le système nuageux est encore éloigné, le ciel n'est occupé que par des nuages élevés (1^{re} famille : Cirrus, etc...) et par des Cumulus de beau temps. La visibilité est bonne, l'atmosphère est calme. A mesure que l'avion approche du corps, le ciel se couvre de plus en plus, mais il est encore possible de trouver des trouées permettant de s'élever au-dessus de la couche nuageuse.

Le corps. — En entrant dans le corps les nuages sont entièrement soudés, le plafond est bas et cache les sommets des collines. La pluie tombe d'une manière continue et réduit la visibilité. Le passage de la zone centrale à la zone postérieure d'un système nuageux s'effectue à travers une ligne de grains composée de Cumulonimbus, « ces enfants terribles de l'atmosphère », accompagnée de violentes averses de pluie, neige ou grêle, coups de vent et orages. L'avion doit, ou survoler à 5.000 mètres au moins la ligne de grains, ou la contourner pour l'éviter.

La Traîne. — Après le corps on pénètre dans la zone de temps variable. Il est fréquent d'y rencontrer encore quelques lignes de grains. A mesure qu'on s'éloigne du corps les nuages d'averses de-

viennent de plus en plus rares et les éclaircies de plus en plus nombreuses. Le temps aéronautique s'améliore grandement.

Intervalle. — La nébulosité est formée par des Cumulus de beau temps qui se développent au cours de la journée et se dissipent le soir. Au milieu de la journée ils peuvent être assez nombreux pour former un plafond discontinu. On peut passer en dessous sans ressentir trop d'agitation et les traverser sans dommage, moins facilement aux heures chaudes de la journée, en été, ou les courants thermiques (ou d'air chaud ascendant) créent des remous sensibles au-dessous et à l'intérieur de ces nuages.

Zone de liaison. — On y rencontre de la brume, des Stratus bas, de la bruine. La visibilité au sol est faible. Au-dessus de cette couche brumeuse, il y a peu de nuages. C'est le type même des situations atmosphériques où il est beaucoup plus agréable de voler au-dessus qu'au-dessous des nuages ; en montagne les sommets assez élevés sont dégagés, tandis que les vallées sont bouchées.

8^e COURS

LE VENT

Le vent est de l'air en mouvement.

Les causes initiales du vent sont les différences de température de l'air au-dessus des diverses parties du globe terrestre qui ne s'échauffent pas toutes également vite sous l'action de la radiation solaire et ne se refroidissent pas pareillement. A ces différences de température correspondent des différences de pression atmosphérique.

Le vent étant un mouvement est caractérisé par deux éléments :

- 1^o la Direction ;
- 2^o la Vitesse ou Force.

I. — La *direction* qu'on note est celle d'où vient le vent. (Un vent d'Ouest est un vent venant de l'Ouest).

Les mouvements généraux de l'air s'effectuent suivant une direction quasi *horizontale*. L'inclinaison du vent moyen vers le haut ou vers le bas dépassant rarement quelques degrés, quand les météorologistes parlent du vent tout court, il s'agit toujours d'un *mouvement horizontal* de l'air. Les directions du vent sont rapportées à une « *Rose des Vents* ».

La Rose des Vents est constituée par un ensemble de directions divisant un cercle en angles égaux, déterminés par les points cardinaux et les points collatéraux. Au Nord correspond le nombre 0°. A l'Est, le nombre 90. Au Sud, le nombre 180. A l'Ouest, le nombre 270. Ces nombres croissent régulièrement dans le sens des aiguilles d'une montre. (Fig. 18).

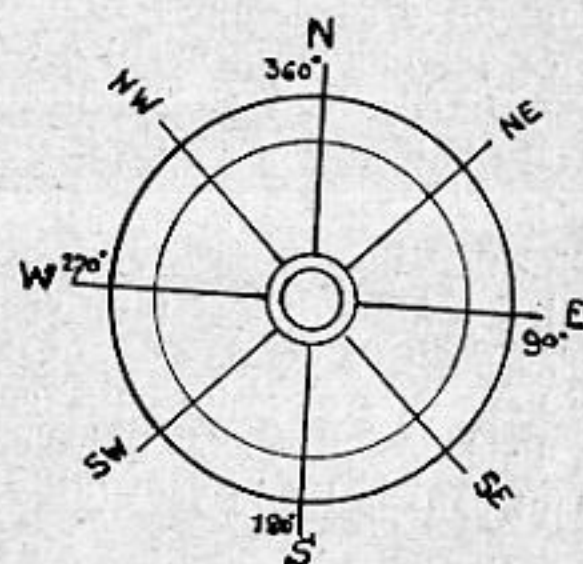


FIG. 18.

Rose des Vents.

En général, les vents s'écoulent des *pressions* hautes vers les *pressions basses*, comme des balles que l'on ferait rouler du *haut* d'une colline vers les *creux* de la vallée. Toutefois, le vent ne souffle pas directement des hautes vers les basses pressions par suite du mouvement de rotation de la Terre qui le dévie vers la droite.

II. — *Les Forces du Vent.* En général la vitesse ou force du vent croît en s'élevant, très vite jusqu'à 500 mètres, puis plus lentement de 500 à 5.000 mètres. De 5.000 à la Stratosphère, elle croît encore.

MESURES DU VENT

1° *Direction du Vent.* — L'avion part et atterrit vent debout (c'est-à-dire face au vent). Sur les *aérodromes*, la direction du vent est indiquée par des « tés », des « manches à air », des « pots à fumée ».

Une bombe fumigène placée à bord de l'avion à la portée du pilote, peut être précieuse en cas d'atterrissage en campagne. La bombe fumigène contient une ampoule de verre ou un tube de carton dont le contenu dégage, après rupture, une abondante fumée qui indique pendant 2 minutes la direction du vent ; elle peut être facilement lancée de l'avion avant l'atterrissage.

En cours de vol, on peut se rendre compte de la direction du vent par les fumées des foyers immobiles, les ondulations d'un champ de céréales, le déplacement de l'ombre des nuages bas.

Les météorologistes observent la direction du vent à l'aide de *girouettes* qui s'orientent à chaque instant dans le lit du vent (Fig. 20).

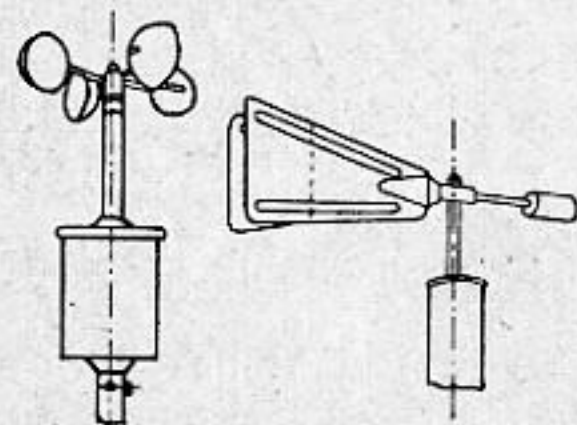


FIG. 19.

FIG. 20.

Anémomètre à rotation. Girouette.

2° *Vitesse du Vent.*

— Elle est mesurée par les anémomètres. Ils sont de deux sortes :

(A) Anémomètres à rotation qui mesurent la vitesse du vent par la vitesse du mouvement giratoire qu'il communique à un moulinet ou à une hélice (type Robinson, Richard). (Fig. 19).

(B) Anémomètres à pression qui utilisent soit la force exercée par le vent sur une surface, soit les

effets de compression et de dépression qu'il produit sur des ajustages appropriés.

L'indicateur de vitesse *Badin*, qui sert à mesurer la vitesse propre d'un avion, n'est qu'un anémomètre à pression.

Mesure du vent en altitude. — Le vent, en altitude se détermine simultanément en direction et en vitesse par un sondage aérologique.

Le sondage aérologique le plus répandu est le sondage par *ballon-pilote* suivi au *théodolite*. On lâche un ballon de caoutchouc gonflé à l'hydrogène et ayant une force ascensionnelle connue (150 gr.). On admet qu'à cette force ascensionnelle correspond une vitesse ascensionnelle constante pendant toute l'ascension (200 m. minute) et que le vent n'agit sur le ballon que dans le sens horizontal. Pour avoir l'altitude du ballon, il suffit alors de chronométrer sa marche, et pour avoir la vitesse horizontale du vent entre deux altitudes déterminées (c'est-à-dire, entre deux instants connus) on mesure le déplacement horizontal du ballon entre ces deux instants, grâce à la lunette d'un théodolite sur lequel on lit les angles d'azimuth et d'inclinaison.

Indication. — Le vent s'indique sur les cartes synoptiques de l'Office National Météorologique par une demi-droite

aboutissant à la station et tracée suivant la direction d'où vient le vent. Sa force s'exprime en degrés de l'échelle *Beaufort* qui a 12°.

Elle s'indique par des barbules et demi-barbules. Une barbule correspond à 2° de l'échelle *Beaufort* et demi-barbule à 1° de l'échelle *Beaufort*. (Fig. 21).

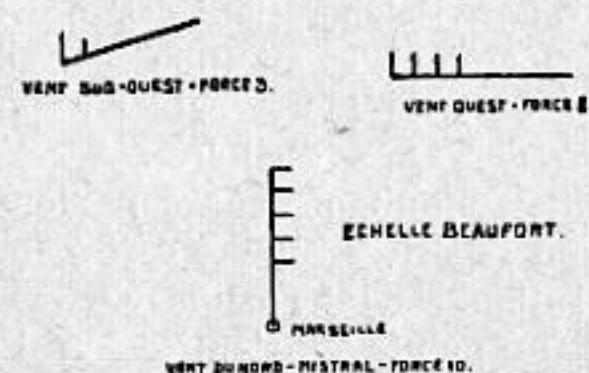


FIG. 21.

ÉCHELLE BEAUFORT

DEGRÉS	DÉSIGNATION DU VENT	Vitesse ml. secondes	Vitesse km. heure
0	calme	0 à 1	0 à 4
1	presque calme	1 à 2	4 à 6
2	légère brise	2 à 4	6 à 12
3	petite brise	4 à 6	12 à 19
4	jolie brise	6 à 8	19 à 27
5	bonne brise	8 à 10	27 à 35
6	bon frais	10 à 12	35 à 45
7	grand frais	12 à 15	45 à 55
8	petit coup de vent	15 à 18	55 à 66
9	coup de vent	18 à 21	66 à 77
10	fort coup de vent	21 à 25	77 à 90
11	tempête	25 à 30	90 à 105
12	ouragan	+ de 30	+ de 105

9^e COURS

LES CARTES DE L'O. N. M.

Pour l'élaboration des prévisions il faut que le météorologiste ait une vue d'ensemble du temps passé et du temps actuel régnant à la même heure sur de vastes territoires. A cet effet, les observations faites simultanément dans tous les postes du globe sont reportées sur des cartes au moyen de signes conventionnels internationaux.

On pointe entr'autres sur les cartes les éléments fondamentaux suivants :

1. — La température (cartes d'isothermes).
2. — Les variations de la température en 24 heures (cartes d'isallothermes).

3. — Les pressions atmosphériques égales (cartes d'isobares) et les vents (direction et force) (fig. 22).

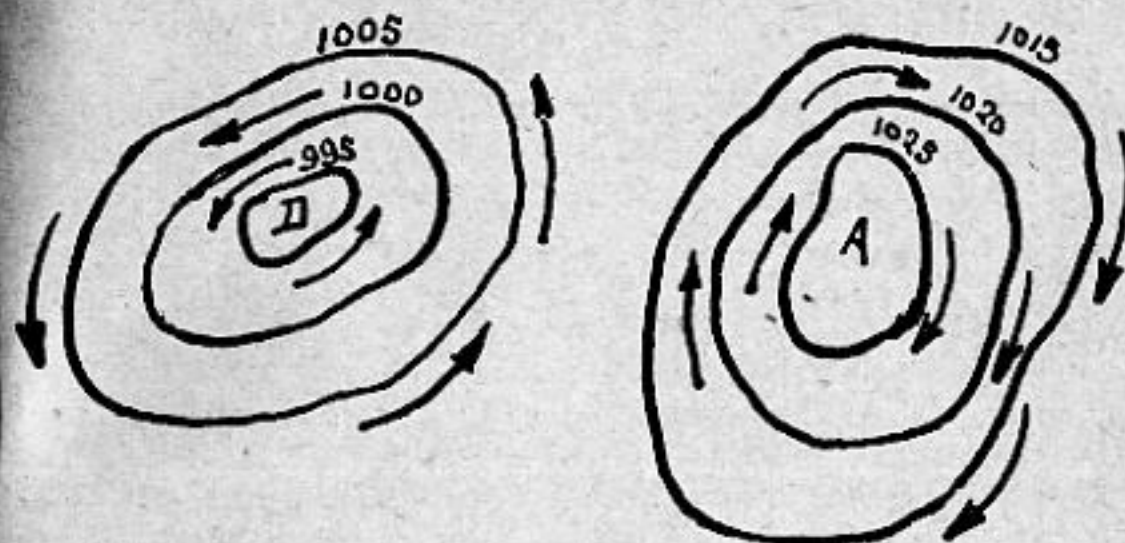


FIG. 22.

Isobares. — (D) Dépression. — (A) Anticyclone.

4. — Les variations de la pression atmosphérique en 3 heures, 12 heures et 24 heures (cartes d'isallobares).
5. — Les nuages, la nébulosité et les météores (pluie, orages, etc...), éléments qui servent à délimiter les différents secteurs des systèmes nuageux.
6. — Le plafond, la visibilité et la quantité de nuages bas, ces éléments étant plus particulièrement intéressants pour l'aviation.

Couleurs. — Dans les cartes de systèmes nuageux, les couleurs suivantes sont utilisées à l'O. N. M.

Jaune = ciel pur.

Blanc = intervalle non pur et non couvert.

Bleu = front et marge.

Violet = corps dépressionnaires.

Vert = traîne dépressionnaire.

Rouge = corps et traîne orageuse.

Vert olive = zone de liaison et intervalle couvert bas.

Signes. — Les signes principaux conventionnels employés pour la nébulosité et les météores sont les suivants :

○ PEU OU PAS NUAGEUX	∞ BRUME
○ ¼ COUVERT	≡ BROUILLARD
○ ½ COUVERT	’ BRUINE
○ ¾ COUVERT	● PLUIE
⊙ ENTIÈREMENT	* NEIGE
⊙ COUVERT DE NUAGES	▽ AVERSE
⊙ NUAGES INVISIBLES	⌚ ORAGE
◁ ECLAIR	
→ CHASSE NEIGE	
→ AIGUILLES DE GLACE	
→ TEMPÊTE DE SABLE	

Ces signaux internationaux sont en vigueur depuis le 1^{er} janvier 1937.

Nota. — Les élèves auront le Bulletin de l'O. N. M., ainsi que les cartes météorologiques et s'exerceront fréquemment à leur lecture. Pour la nébulosité sont utilisés des signes simplifiés indiqués dans la légende de ce bulletin.

LÉGENDE DES CARTES DE SYSTÈMES NUAGEUX

□ CIEL CLAIR	▨ ZONE POSTÉRIEURE D'UN SYST. NUAGEUX OU INSTABILITÉ
⋯ ZONE ANT. OU LAT. D'UN SYST. NUAG.	☼ BEAU TEMPS NUAG. EN DEHORS DU S.N.
▩ ZONE CENTRALE D'UN SYSTÈME NUAGEUX	⚡ CIEL ORAGEUX
▨ COUVERT OU BRUME EN DEHORS DES S.N. OU LES RELIANT	→

Les flèches indiquent le sens de la marche des perturbations (systèmes nuageux, centre de baisse ou de hausse de pression qui les accompagne).

PRÉVISION PRATIQUE DU TEMPS

La prévision du temps est obtenue scientifiquement vous le savez. Toutefois, l'élève doit savoir observer les signes que la nature fournit pour la prévision du temps.

En hiver, les murs qui suintent sont signe de pluie, si les contours de l'horizon sont très nets et la visibilité meilleure que d'habitude, si la perception des sons est plus précise, c'est que l'atmosphère est saturée d'humidité donc la pluie est proche. (Le son se transmet dans l'air à 330 m/sec. et dans l'eau à 1.200 m/seconde).

Les mauvaises odeurs qui s'exhalent de certains lieux, égouts, W.-C., citernes, sont dues à la diminution de la pression atmosphérique et à des conditions hygrométriques qui annoncent la pluie. Les halos et couronnes qui apparaissent autour de la lune annoncent que le ciel sera probablement couvert et pluvieux le lendemain. Un halo devant le soleil levant, un soleil levant rouge dans un ciel rouge annoncent la pluie.

La rosée abondante au cours des nuits claires est signe de beau temps, si la rosée fait défaut dans la nuit et est abondante le matin, c'est un changement de temps. Les nuages marchant dans un sens différent du vent au sol annoncent un changement de temps.

On peut observer aussi les réactions des animaux baromètres : Les hirondelles rasant le sol à l'approche de la pluie car les insectes sont eux-mêmes plus rapprochés de la terre. Les mouches piquent plus fortement avant les orages. Les poissons sautent hors de l'eau, les vers sortent de terre, le chat se fait la barbe, le canard bat des ailes et bavarde, etc., etc.

10^e COURS

PRÉPARATION MÉTÉOROLOGIQUE D'UN VOYAGE EN AVION

Cette préparation comprend deux parties :

1^o Une préparation climatologique qui n'est en général nécessaire qu'en cas de voyages lointains ;

2^o Une protection météorologique proprement dite, toujours nécessaire.

Pour que cette *protection* soit assurée dans les meilleures conditions et aussi efficace que possible, elle doit être demandée au poste météorologique le plus proche :

a) *La veille du départ*, avant 16 heures (heure GMT) pour un petit voyage.

b) *Une semaine d'avance* si l'avion se rend dans des régions d'où le poste météorologique ne reçoit aucun renseignement de manière habituelle.

c) *Vingt jours d'avance*, dans le cas d'un grand raid à l'étranger, en raison des dispositions internationales qu'il y a lieu de prendre.

Une demande de protection météorologique doit fournir les renseignements suivants :

1. — Avion ou Formation qui doit prendre le départ.
2. — Nom et Qualité du Pilote ou Commandant de la Formation.
3. — Vitesse propre du ou des avions.
4. — Jours où les départs sont prévus.
5. — Première heure à laquelle le départ est possible.
6. — Dernière heure à laquelle le départ est possible.
7. — Aérodrome de départ.

8. — Aérodrome d'arrivée.

9. — Terrains d'escalés prévus.

10. — L'Itinéraire prévu ou les diverses routes possibles.

Vis-à-vis de l'aviateur, le météorologiste est un peu dans la situation du médecin consultant. De même qu'à son médecin on dit toute la vérité, l'aviateur fait connaître au météorologiste toutes ses intentions.

Le contact direct avec le météorologiste précise les indications qui lui sont fournies dans la « feuille de renseignements ».

Au recto de la *feuille de renseignements* sont inscrites les probabilités concernant le vent au sol et à diverses altitudes, le temps (nature et altitude des nuages, nébulosité, météores : pluie, brouillard, orages, etc...), la visibilité, l'altitude de la température zéro (danger de givrage).

Ces renseignements sont complétés par des tableaux qui donnent les dernières observations du temps et les résultats des derniers sondages de vent en différents postes situés dans les régions voisines du parcours à survoler.

Au verso figure la dernière *carte de nébulosité* où sont schématisés les zones de brouillard, de stratus, de ciel clair ou d'intervalle, les divers secteurs des systèmes nuageux, ainsi que la vitesse et la direction des systèmes nuageux et l'évolution probable de la situation.

Une donnée essentielle demandée par l'aviation au météorologiste est la délimitation des zones où il y a risque de givrage, zones que l'on déduit de « la position de l'isotherme 0 degré ». Le givrage est la formation d'un dépôt de glace adhérent à certains éléments de l'avion (bords d'attaques, tringles, feux de position, hélices, empennage, trains d'atterrissage, gouvernes, vitres de cabine, etc...). Le givrage fait courir à l'avion des dangers très graves.

Le danger de givrage est particulièrement grand

lorsque l'avion pénètre dans un nuage formé de gouttelettes dont la température est de 0° à -6° .

Pour la protection météorologique *en vol*, l'aviateur a le plus grand intérêt à posséder la T. S. F. à bord. Il reçoit alors en « Morse » toutes les communications météorologiques que peuvent lui fournir les postes avec lesquels il est en liaison par radio ; il peut aussi recevoir les émissions météorologiques régionales qui sont effectuées à des heures bien déterminées.

L'aviateur peut ainsi recevoir les A. V. B. (avis de variations brusques). En effet, dans les intervalles des heures d'observations réglementaires, il peut surgir des phénomènes importants dont on ne peut retarder la transmission jusqu'à l'heure d'observation suivante. En pareil cas, les postes transmettent donc des A. V. B. signalant l'orage, le grain, la mauvaise visibilité, la neige, le vent violent (avis d'aggravation) ou la fin de l'orage, l'amélioration de la visibilité, du plafond, la fin de la neige, l'accalmie : (avis d'amélioration).

Grâce à son poste de T. S. F. l'aviateur peut également transmettre ses observations en vol et formuler ses demandes concernant le temps.

11^e COURS

LE VOL A VOILE

Le vol à voile, ou volsans moteur, a pu naître et se développer grâce à l'extension des connaissances aérologiques (science de l'Air).

L'avion à moteur brutalise l'air, le brasse fortement, alors que nous voyons les oiseaux migrateurs franchir d'immenses espaces sans presque donner un coup d'aile. Les oiseaux, d'instinct, savent donc se servir des courants aériens.

L'appareil qui sert au vol à voile s'appelle un planeur. Il y a les planeurs d'école (planeurs pour les élèves débutants). Puis les planeurs d'entraînement et enfin les planeurs de performance. Types *Avia*.

Le pilote de planeur, qu'on appelle « velivoleur », pour s'élever ou descendre, va se servir des courants ascendants et descendants de l'atmosphère comme vous-même vous utilisez un escalier mécanique. Puis, pour avancer, il utilisera les courants horizontaux, le vent. En somme, il sautera constamment avec son planeur d'un courant à un autre.

Vols. — Le planeur, comme un avion, part face au vent. Il est remorqué au bout d'un câble comme un cerf-volant. Sur ce câble, la traction est faite :

a) par 4 ou 10 hommes, c'est ce qu'on appelle le lancer *au sandow*, suffisant pour utiliser les pentes ;

b) ou bien le câble s'enroule sur un treuil placé à l'arrière d'une automobile à l'arrêt. C'est le lancer *au treuil* qui s'impose en terrain plat. Arrivé à une hauteur suffisante, le planeur lâche le câble et manœuvre en l'air pour voler par ses propres moyens ;

c) le lancer peut se faire encore, le planeur étant remorqué avec un câble de 150 mètres, par un avion qui l'entraîne dans son sillage et le lâche au moment voulu.

Utilisation des courants aériens. — Pour voler, le planeur utilise les phénomènes suivants :

- a) ascendances thermiques pures et de nuages ;
- b) ascendances de pente ;
- c) fronts d'orages.

a) *Ascendance thermique et de nuage.* — Par temps clair, surtout en été, l'air échauffé au contact du sol devient plus léger et s'élève dans l'atmosphère. Les zones d'ascendances sont souvent rendues visibles par la présence de petits cumulus de beau temps couronnant cette colonne d'air chaud, cumulus dont la for-

mation est due, comme vous le savez, à la condensation de la vapeur d'eau contenue dans la masse d'air détendue par son ascension. Le planeur se fait aspirer vers le nuage et utilise ensuite d'autres courants.

b) *Ascendance de pente.* — Lorsque l'eau d'un fleuve rencontre une pile de pont, cette eau s'élève contre cet obstacle. De même, lorsque l'air rencontre une pente, une montagne, il est contraint de s'élever au-dessus d'elle.

Si le planeur est lancé du haut d'une colline ou montagne, il s'élève, soulevé par le vent qui remonte au-dessus de la pente.

c) *Fronts d'orage.* — Les nuages à grains orageux (cumulonimbus) sont précédés par des courants ascendants puissants qui peuvent s'étendre sur des centaines de kilomètres. Le pilote du planeur peut ainsi voyager longtemps avec ces fronts d'orage. Mais ce vol est réservé aux excellents pilotes, le départ demande de la décision. Avant les premières rafales de grains orageux, le vent mollit. Il faut partir entre le temps où le vent mollit et celui où la pluie commence, pour éviter d'être pris dans les tourbillons orageux ; il faut ensuite se laisser entraîner par le front d'orage et éviter de se faire rattraper par la zone dangereuse.

Les différents diplômes de vol à voile sont :

BREVETS :

Brevet A. — Vol de 30 secondes.

Brevet B. — 3 vols dont deux de quarante secondes, 1 de 1 minute et deux virages : l'un à droite, l'autre à gauche.

Brevet C. — Vol de 5 minutes à la même altitude ou même en gagnant de l'altitude (planeur de performance).

Brevet D. — 5 heures de vol. Gain d'altitude de 1.000 mètres. Distance 500 km.

En Allemagne, les pilotes d'avion sont tenus d'avoir le Brevet D.

En France, l'obtention du brevet B et du brevet C dispensent de 3 et de 7 heures de vol en double commande l'aspirant au brevet de pilote d'avion. (Arrêté min., août 1935).

CHAPITRE IV

LES AÉRODROMES

Les aérodromes doivent réunir un certain nombre de conditions économiques, météorologiques, géologiques.

Situation économique. — Les aérodromes doivent se trouver aux points correspondants aux besoins du trafic national et international, près des gares, des routes, des villes, des ports, des fleuves. A proximité, il est souhaitable d'avoir un plan d'eau pour l'envol et l'amérissage des hydravions. Exemple : l'aérodrome d'Istres a, comme plan d'eau, l'étang de Berre.

Situation météorologique. — L'installation d'un aérodrome ne peut se faire (d'après la loi) qu'après la consultation du Service de la Climatologie de « L'Office National Météorologique ». Il faut tenir compte du régime des vents dominants, des brouillards, des pluies. Eviter le voisinage des collines, des vallées, des carrières qui provoquent des remous.

Situation géologique. — On doit étudier la qualité de la terre. Pas de terrains sablonneux, car le vent des roulements et des hélices soulèverait la poussière si néfaste aux moteurs et aux hélices. Pas de terrain argileux qui se transforme en boue enlisante et dérapante lors des grandes pluies.

Le meilleur terrain est de marne sablonneuse.

Le terrain doit être horizontal ou avoir au plus 2 % de pente. Il ne doit pas être inondable. Le terrain

doit être nivelé ; puis ensemencé, car la prairie est très « roulante » ; de plus, elle absorbe bien les eaux de pluie. Habituellement (sauf sur les terrains à grand trafic), des troupeaux de moutons, en paissant, entretiennent la prairie de taille courte, la fument et la tassent.

Les aérodromes futurs devant comporter des hangars souterrains (à l'abri des bombardements), on étudie la qualité du sous-sol.

Dimensions. — La superficie doit être de 100 à 150 hectares pour les terrains commerciaux, et jusqu'à 300 et 400 hectares pour les grands aéroports (50 à 70 hectares pour les terrains privés).

Extensions. — Un aérodrome doit pouvoir s'étendre dans le voisinage si son trafic se développe.

Formes. — Les formes carrées ou rondes sont les préférables.

Accès. — Doit être suivant quatre lignes principales correspondant au sens des quatre vents.

Entourage. — Pas d'arbres. Pas de lignes de force à moins de 1.000 mètres. Pas d'antennes de T. S. F., de châteaux d'eau, de bâtiments élevés.

Bâtiments. — Tous les bâtiments doivent être bas et se trouver dans les angles morts, c'est-à-dire pas dans le rayon des lignes d'envol. Ils doivent avoir une circulation facile et évitant les trajets inutiles. Les hangars doivent être à proximité de la « plateforme », c'est-à-dire de la base d'envol et d'atterrissage. Leurs portes auront au moins 50 à 70 mètres de large. Les hangars seront de préférence orientés de façon que les vents dominants ne s'y engouffrent pas.

Sur un aérodrome, outre les hangars, il doit y avoir des ateliers de réparations,

Des réservoirs d'essence et d'eau,

Un poste météorologique,

Des bâtiments administratifs,
Un service d'incendie,
Un service de secours aux blessés et aux malades,
Les P. T. T.,
Hôtel, restaurant, bar, etc..., etc...
Des services de voitures assurant des communications avec la ville voisine, la gare, le port, etc..., etc...

BALISAGE ET SIGNALISATION DES AÉRODROMES

Balisage de jour. — Les limites de l'aérodrome sont rendues visibles au sol par des balises peintes en rouge et blanc, et posées tous les 100 mètres.

Un autre balisage destiné à être vu par les avions en vol consiste en de larges bandes blanches et rouges de 15 mètres de long et 2 mètres de large, aux angles du terrain, et tous les 200 ou 300 mètres.

Le centre du terrain est marqué par un cercle de 50 mètres de diamètre. Sur un terrain simple il est marqué par un demi-cercle seulement.

Tous les obstacles élevés sont peints en blanc et rouge.

Balisage de nuit. — Un phare, dont le nombre et l'intervalle des éclats varient suivant un code.

Une série de feux orange indique le périmètre de la piste. Les feux rouges indiquent les obstacles élevés (appareils cassés, cheminée d'usine, hangars, pylones).

Le T et la manche à air sont soulignés par des feux blancs.

Aire d'atterrissage. — Six feux blancs indiquent qu'on doit atterrir parallèlement à leurs lignes. Deux feux verts indiquent le commencement du point d'atterrissage. Deux feux rouges : la direction de l'atterrissage.

Signalisation du vent. — Par des manches à air, des pots à fumée, un T qui a la forme schématique d'un avion et dont la grande barre est dans le lit du

vent, tandis que la barre transversale est placée du côté d'où vient le vent.

En cas de vent nul, on bloque le T dans un sens déterminé, et on indique ce blocage par une sphère rouge hissée en haut d'un mât bien dégagé.

Signaux de piste. — Le roulement et son sens, l'envol ou son interdiction sont indiqués par des « starters » agitant des fanions blancs ou rouges.

Signal interdisant le vol. — Une double pyramide blanche et rouge hissée en haut d'un mât.

« Attention ». — Indiqué par un panneau carré posé sur le sol à côté du T.

CODE DE L'AIR

Départ. — L'avion part et atterrit face au vent, en partant pour pouvoir garder une direction correcte, et en atterrissant pour freiner sa vitesse. Il part le plus loin possible de l'extrémité de l'aérodrome, en laissant à sa gauche les avions qui se trouvent sur le terrain.

Le tour s'effectue à main gauche, sur la piste.

Vol. — L'avion cède le passage aux planeurs et aux ballons.

Quand deux avions se rencontrent de face, chacun s'écarte sur sa droite.

Un avion qui en dépasse un autre, dévie vers la droite.

Quand un avion en croise un autre, l'avion qui voit l'autre à sa droite laisse la place à ce dernier.

L'avion naviguant sur une route de grand trafic aérien s'en écartera d'au moins 300 mètres, et plutôt de 1.000 mètres.

Un monomoteur doit survoler les villes importantes à 2.000 mètres d'altitude et un polymoteur à 1.000 mètres.

Aucun lieu de réunion fréquenté (plage, stade) ne doit être survolé à moins de 500 mètres.

Atterrissage. — On laisse la route libre à tout avion sur le point d'atterrir.

Deux avions se présentant en même temps pour atterrir, le plus élevé doit éviter le plus bas et dévier vers la droite.

L'avion, en atterrissant, laisse franchement à sa gauche tout avion atterri, en train de décoller ou d'atterrir.

Avant d'atterrir, le pilote doit faire un tour de piste réglementaire pour se rendre compte de la disposition des lieux, des signaux, etc...

FEUX DE NUIT

L'avion a :

Un feu blanc à l'arrière.

Un feu rouge à babord (c'est-à-dire à gauche).

Un feu vert à tribord (c'est-à-dire à droite).

Le planeur a :

Un feu blanc visible de partout.

Un ballon libre a :

Un feu blanc pendu à 5 mètres sous la nacelle.

Le ballon captif a :

Un feu blanc à 4 mètres au-dessus d'un feu rouge.

Le câble de retenue du ballon captif porte des groupes de feux blanc et rouge.

COMMENT RECONNAITRE UN AVION

La convention internationale de 1919 permet le passage pacifique des avions au-dessus des Etats (zones interdites à part) à condition que les aéronefs portent des marques d'identification.

La nationalité apparaît en lettres capitales romaines. Exemple : F, France ; D, Allemagne ; G, Grande-Bretagne ; I, Italie ; OO, Belgique, etc...

Le matricule qui suit la lettre nationale est constitué soit par un groupe de quatre lettres (comme en France, Angleterre, Italie), comportant au moins une

voyelle ; soit par 3 lettres : Norvège, Canada, Belgique.

Les avions militaires français portent une cocarde tricolore.

CHAMPS D'ATTERRISSAGE DE FORTUNE

Une panne de moteur, une rupture d'organe, un malaise, une blessure peuvent obliger l'aviateur à atterrir brusquement en campagne. Il doit donc savoir, en observant le déroulement du terrain sous son avion, apprécier :

I. — Les dimensions des champs.

II. — La qualité des cultures.

Dimensions. — On apprécie les dimensions des champs par comparaison avec des dimensions familières, celles d'un jardin, d'une cour d'école, d'une place. Ainsi, la cour intérieure du Louvre a 100 m. de côté. La Seine a environ 110 mètres de large à Paris.

Pour apprécier, en marchant, les dimensions, l'élève doit connaître l'envergure de son pas.

Cultures. — Les cultures sont classées en quatre catégories selon leurs couleurs :

1°) Les vertes (prairies, tous pâturages, jeunes céréales) sont favorables à l'atterrissage.

2°) Les grises (terres incultes, chaumes) sont favorables.

3°) Les jaunes (céréales mûres) offrent des dangers. On juge de leur hauteur d'après leur relief visible sur les cultures plates du voisinage, par l'ampleur de leur ondulation sous le vent.

4°) Les brunes, ou terres labourées, sont très dangereuses à cause des sillons. Les raies vertes séparées par des raies brunes (pommes de terre, betteraves) sont très dangereuses.

L'atterrissage de fortune dans les terres à sillons se fait dans le sens des sillons.

CHAPITRE V

PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE

La photographie fut inventée en 1838 par Niepce et Daguerre. Vingt ans plus tard un Français, Nadar, prenait en ballon un cliché photographique de la région parisienne. Puis le colonel Laussedat expérimenta les premières méthodes de « photogrammétrie », c'est-à-dire l'utilisation des photographies pour l'établissement des cartes à grande échelle.

Pendant la guerre russo-japonaise on utilisa pour la première fois les photos prises en ballon captif.

Grâce à l'avion les possibilités et l'importance de la photo aérienne devinrent considérables.

APPLICATIONS DE LA PHOTO AÉRIENNE

Armée. — Pendant la guerre 1914-1918 les reconnaissances photographiques fournirent des renseignements très précieux sur l'activité de l'ennemi.

Le cadastre (c'est-à-dire le relevé des propriétés territoriales de toute la France) datait de 1845, or, pour le remettre à jour par des relevés à main, il fallait plus de 20 ans de travail ; récemment, grâce à la photo aérienne, ce travail se fit 4 fois plus vite et coûta bien moins cher.

Cartographie, géologie, hydrographie. — Par le cliché aérien la structure géologique, le relief, les érosions, les stratifications, les modifications du relief terrestre se révèlent ; de même la formation des groupements urbains ou ruraux, le tracé des côtes à haute

et basse marée, l'emplacement des bancs de sable, des bas-fonds, le chenal praticable dans un estuaire, etc...

Le cliché aérien est très utile pour l'exploration coloniale dans des régions difficilement accessibles, ainsi la mission anglaise chargée de vaincre le sommet inviolé du mont Everest se fit précéder par des avions photographiques.

Archéologie. — Grâce à la photo aérienne le Révérend Père Poidebard arracha au désert de Syrie les secrets de son histoire. En effet, la présence des ruines dans le sous-sol, invisibles à l'observateur terrestre, modifie la végétation, les teintes et les reliefs du sol quand on les voit de haut. Ainsi furent relevés les traces de Rome dans le désert. Dans la profondeur des eaux le cliché aérien révéla le tracé des ports anciens.

Météorologie. — Les photos aériennes des nuages sont utilisées pour les recherches sur la nébulosité.

Urbanisme, circulation, publicité, art. — La photo aérienne sert pour établir les plans d'aménagement des villes, le percement des rues, des canaux, etc., etc...

Dans les grandes villes la circulation est étudiée grâce à son enregistrement cinématographique à bord d'une vedette aérienne.

La publicité industrielle se sert des vues aériennes des usines.

L'art, le documentaire utilisent les clichés aériens, etc..., etc...

MATÉRIEL PHOTOGRAPHIQUE

Ce matériel comprend :

Le matériel de prise de vue (c'est-à-dire l'appareil) est utilisé soit à poste fixe dans l'avion, soit à main. L'appareil est beaucoup plus important que les appareils terrestres. Il comprend le « magasin » qui renferme les plaques ou les pellicules, le « cône » qui est la chambre noire, et qui porte « l'objectif » et « l'obturateur », ainsi que le mécanisme de commande.

Il existe des appareils cinématographiques de prises de vues aériennes, ainsi que des appareils pouvant prendre 9 à 10 clichés à la fois.

Le matériel de laboratoire permet le développement, le tirage, le séchage des clichés et des épreuves.

Le matériel d'étude des photographies. — Les photos ne sont que des images de terrain plus ou moins déformées, pour en obtenir un plan ou une carte à l'échelle demandée, on en fait la « restitution » avec un appareil qui s'appelle le « stéréotopographe ».

DIFFÉRENTS TYPES DE PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE

Ce sont les photos :

Verticales, prises alors que l'axe optique de l'appareil est juste à la verticale. La représentation est alors semblable à celle d'un plan ou d'une carte à grande échelle.

Ce genre de photos sert à la cartographie.

Obliques, prises lorsque l'axe optique de l'appareil fait avec le sol un angle plus ou moins grand, habituellement de 30 % par rapport au soleil, à cause des ombres.

Ces vues se rapprochent d'une vue normale prise d'une tour ou d'une montagne.

Panoramiques, prises jusqu'à l'horizon, embrassent un champ beaucoup plus vaste que les autres genres de vues. Elles servent à l'urbanisme, à la géographie physique, à la géologie, à l'urbanisme, à l'hydrographie, à la publicité.

Stéréoscopiques, se composent d'une vue première à l'oblique ou à la verticale, puis, après que l'avion photographique a avancé d'environ 300 ou 500 mètres, on prend une autre vue du même point ; on a ainsi deux vues différentes d'une même partie de terrain, ce genre de vues est utilisé pour la « restitution ».

DERNIERS PROGRÈS PHOTOGRAPHIQUES

Grâce aux progrès de la chimie photographique, on obtient actuellement des photos à des altitudes et à des distances considérables, des photos à travers les nuages et des photos de nuit.

Photos à grande distance et à grande altitude. — La lumière solaire (qui est une lumière blanche, c'est-à-dire complète) passant au travers d'un prisme se décompose en diverses couleurs qui sont celles de l'arc-en-ciel. (Fig. 23).

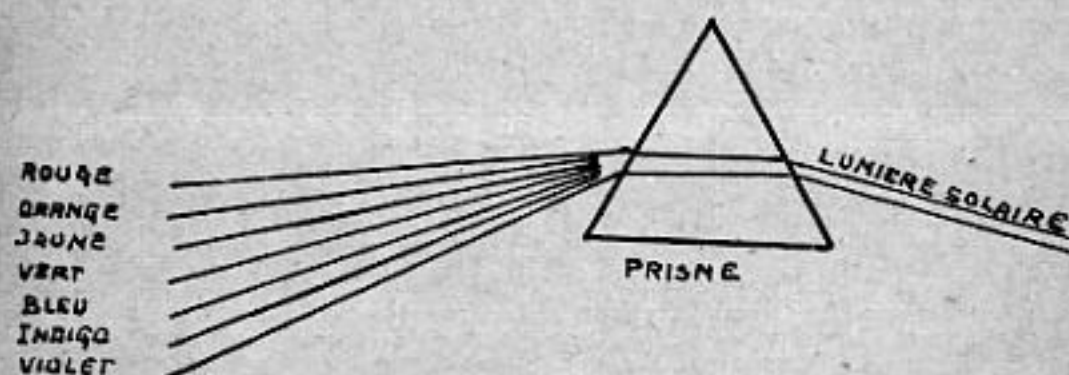


FIG. 23.

Les rayons rouges sont les plus directs donc les plus pénétrants et les plus perceptibles. Vous pouvez en faire l'expérience lorsque vous observez les lointains brumeux avec des lunettes rouges, les détails surgissent. C'est parce que le verre rouge agissant comme un filtre permet aux seuls rayons rouges — les plus pénétrants — d'arriver jusqu'à votre œil.

De même pour photographier à grande distance on se sert de plaques infra-rouges hypersensibles. Ces plaques permettent d'obtenir des photos à une distance minimum de trois fois celle de la visibilité à l'œil.

Photos à travers les nuages. — On se sert des mêmes plaques à l'infra-rouge, les gouttelettes d'eau composant les nuages agissent comme un prisme décomposant la lumière, les rayons rouges de la lumière

du paysage à photographier parviennent donc à la plaque à travers les nuages.

Photo de nuit. — Fut étudiée dès 1925. Pour l'obtenir on jetait du haut de l'avion une bombe éclairante, mais il y avait une grande difficulté à synchroniser l'éclatement lumineux de la bombe et l'ouverture de l'obturateur photographique.

Des appareils modernes permettent d'obtenir automatiquement cette synchronisation. Les photos de nuit ont la même précision que celles de jour. (Fig. 24).

Le matériel se compose de :

- (A) L'appareil de prise de vue.
- (B) La cellule photo-électrique.
- (C) L'assemblage créateur des courants nécessaires.
- (D) La bombe lumineuse.

La prise de vue de nuit se fait lorsque l'avion est en projection verticale au-dessus du point à photographier. En pressant sur un seul bouton électrique tout le mécanisme se déclenche.

D'abord, sous la carlingue, un tube largue une bombe éclairante et son parachute.

Au bout de 5 à 6 secondes le parachute s'ouvre tirant un cordeau tenant une fusée qui s'enflamme à la traction. Cette fusée provoque l'éclatement de la bombe éclairante à un moment pré-déterminé d'avance de façon que l'avion soit hors d'éclat.

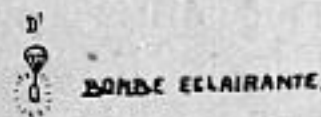


FIG. 24.

- T. — Tube.
- A. — Appareil photographique.
- B. — Assemblage électrique.
- C. — Cellule photo-électrique.
- D. — Bombe larguée.
- D' — Bombe éclairante.

La lumière de la bombe vient impressionner une cellule photo-électrique qui est sous la carlingue

de l'avion. Cette cellule transforme l'impression lumineuse en un faible courant électrique qui, convenablement relayé, actionne l'ouverture de l'obturateur de l'appareil photographique situé également sous la carlingue.

LA MITRAILLEUSE CINÉMATOGRAPHIQUE

est un appareil qui est utilisé pour l'entraînement au tir aérien. Son principe est de remplacer le tir d'une balle par la prise d'une vue. Ceci permet de juger la qualité du tir de chaque élève au cours d'un exercice, le document photographique permettant de chiffrer exactement la valeur du pointage ainsi que la correction habituelle d'un tir.

La mitrailleuse photographique est aussi employée pour l'enregistrement de certains essais aéronautiques comme l'ouverture d'un parachute, le décollage et l'atterrissage d'un avion.

Nota. — L'aviateur de tourisme n'a pas le droit de photographier sans une licence spéciale.

GERMAINE L'HERBIER.

APPENDICE

JEUX POUR LES JEUNES NAVIGATEURS

CHAPITRE PREMIER. — Chaque élève imaginera un voyage de son choix, il choisira les cartes en conséquence, mesurera les distances, établira les points de repère en identifiant les signes conventionnels. Il consultera la météorologie (climatologie et prévision).

CHAPITRE II. — *Les phases de la Lune.* — Un élève de grande taille sera le soleil, il aura une lampe électrique à la main. Un élève de taille moyenne sera la terre. Un élève de petite taille sera la lune. Chacun fera les mouvements respectifs et les mouvements d'ensemble du soleil, de la terre et de la lune. — *Les constellations.* — Sept élèves d'une part et sept élèves d'autre part figureront la Grande et la petite Ourse, et reconstitueront leurs positions respectives dans la sphère céleste.

CHAPITRE IV. — *Les aérodromes.* — Une commission étudie la création d'un aérodrome à grand trafic. La commission est composée de : un géologue, un météorologiste, un architecte, un directeur de compagnie aérienne, le représentant du ministère de l'air. Tous ces rôles tenus par des élèves. Le professeur est Président de la commission et dirige les débats. — *Code de l'Air.* — Les élèves, manœuvrant des modèles réduits, figureront la réglementation aérienne, les feux, etc..., etc.

ERRATA

Page 18 : Lire : FIG. 4. — Alignement d'étoiles.

Page 76 : Lire : Le planeur a :

Un feu rouge visible de partout.

Un ballon libre a :

Un feu rouge pendu à 5 mètres sous la nacelle.

LIBRAIRIE DES SCIENCES AERONAUTIQUES

F.-Louis VIVIEN, Libraire-Editeur, 48, Rue des Ecoles, PARIS (V°)

Téléphone : Odéon 13.98.

C. C. Postaux : Paris 5301

Fondée en 1905, notre Librairie possède le plus grand assortiment d'ouvrages et documents sur toutes les questions de l'Aéronautique. Demandez nos catalogues gratuits

COLLECTION DE MANUELS PRATIQUES D'AERONAUTIQUE

Précis d'aérodynamique , par R.-G. DESGRANDSCHAMPS (3 ^e éd.) ..	12
Manuel pratique de construction des planeurs et des motoplaneurs , par G. SABLIER (2 ^e éd.) ..	12
L'Hélice aérienne, à pas constant et à pas variable , par R. GASTOU,	
Tome I. — Théorie-expérimentation ..	12
Tome II. — Calcul et fabrication ..	12
Précis d'hydraviation , par P. PEPE,	
Tome I. — Définitions, formes de flottaisons, mécanique, tracé des carènes, construction des flotteurs ..	12
Tome II. — Aménagements et particularités, applications numériques, notes complémentaires sur la stabilisation à flot ..	12
Eléments de navigation aérienne pratique , par G.-R. HAMEL, 2 ^e éd.	16
Manuel théorique et pratique de pilotage , par A. LAINE et L. FRUGIER. 2 ^e édition.	
Tome I. — Aérodynamique, instruments de bord (théorie et pratique) ..	12
Tome II. — La préparation à l'envol. — La pratique du vol. — Le voyage. — Code de l'air ..	12

CONSTRUCTION DES AVIONS

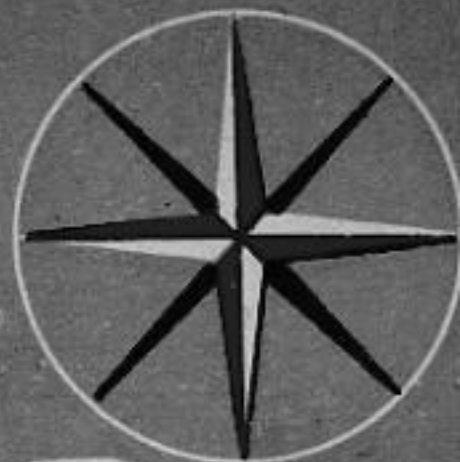
Calcul et construction des avions légers , par DESGRANDSCHAMPS.	
1 ^{re} partie : Calcul aérodynamique. (Nouvelle édition en préparation.)	
2 ^e partie : Calcul des efforts. (Nouvelle édition en préparation.)	
3 ^e partie : Calcul de résistance. Technologie. Construction ..	20
Résistance des fluides parfaits. Calcul des avions , par Jean BOISSONNAS. 1935 ..	15
Plans et construction d'une avionnette monoplace , par SABLIER	6 50
Plans et construction d'une avionnette et planeur biplace , par G. SABLIER ..	6 50

VOL A VOILE

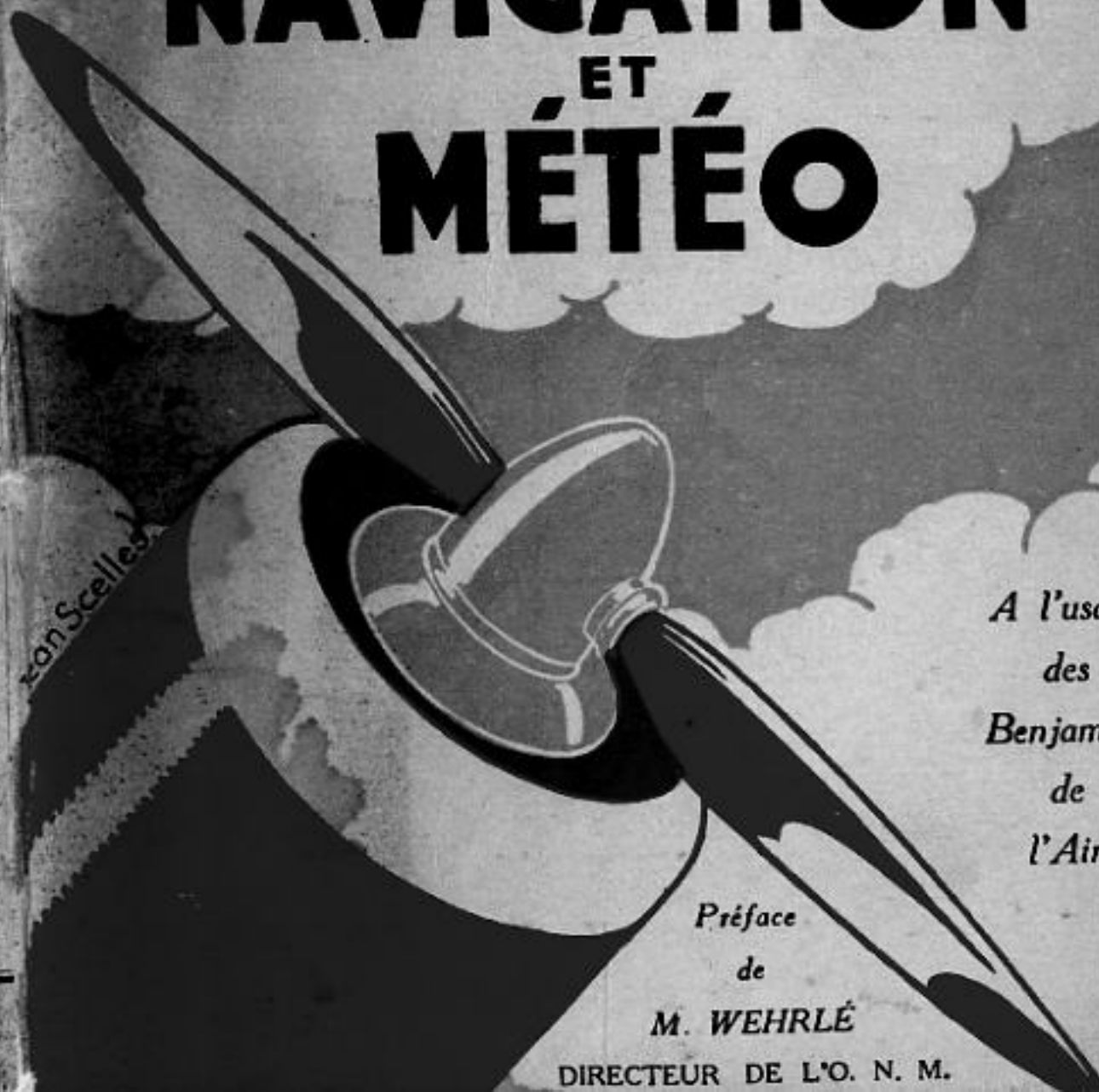
Etudes expérimentales sur le vol à voile , au lieu même d'évolution des grands oiseaux voiliers (Vautours, Albatros, etc.), son application au vol humain, par P. IDRAC ..	15
Le Vol à voile , avec contribution à l'étude expérimentale de la physique et de la mécanique des fluides, par MAGNAN (Dr) ..	30
Plans et construction d'un planeur d'entraînement , par G. SABLIER	6 50
Notions pratiques d'aérodynamique (profils d'ailes), par G. SABLIER.	6 50
Considérations nouvelles sur le vol à voile dynamique , par L. BRÉGUET ..	6 50
Plans et construction d'un planeur de performance et d'un planeur chanute , par G. SABLIER ..	6 50

GERMAINE L'HERBIER

INFIRMIÈRE-PILOTE



NAVIGATION ET MÉTÉO



A l'usage
des
Benjamins
de
l'Air

Préface

de

M. WEHRLÉ

DIRECTEUR DE L'O. N. M.

Prix : 8 fr. 50

NAVIGATION ET MÉTÉO

Germaine L'HERBIER