

Christopher Poizot
Gérard Pujol

FORMATION   L'AÉRO NAUTIQUE

TOUT LE PROGRAMME DU **BIA**,
PRÉPARATION AU **LAPL** ET AU **PPL**

2  édition

DUNOD

Ce manuel d'apprentissage ne prétend pas se substituer à la réglementation en vigueur. L'auteur et l'éditeur ne peuvent être tenus responsables des évolutions de réglementation qui ne figureraient pas dans cet ouvrage.

Direction artistique : Elizabeth Hébert
Conception graphique couverture : Pierre-André Gualino
Mise en page : Belle Page

© Dunod, 2018, 2019, 2020
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com

ISBN 978-2-10-080216-6

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

INTRODUCTION	2
CHAPITRE 1 – MÉTÉOROLOGIE ET AÉROLOGIE	3
1 Notre atmosphère	3
1.1 La composition	3
1.2 La température	4
1.3 La pression	5
1.4 L'humidité	6
1.5 Les échanges de chaleur	7
1.6 Les variations de température des masses d'air	8
1.7 La stabilité et l'instabilité	9
2 Les fronts	10
2.1 La circulation atmosphérique et les masses d'air	10
2.2 Les fronts	13
2.3 Naissance et évolution des ondulations du front polaire : les perturbations	14
3 Les nuages	16
3.1 Étude détaillée de la formation des nuages	16
3.2 La formation des deux familles de nuage	18
3.3 La constitution des nuages	19
3.4 La répartition verticale des nuages	21
3.5 Le classement des nuages	21
3.6 La nébulosité du ciel	26
4 Les précipitations	27
4.1 La formation des précipitations	27
4.2 Les différents types de précipitations et codification	29
5 Les vents et brises	30
5.1 Vent et champ de pression	30
5.2 Direction, vitesse et observation du vent	33
5.3 Les vents locaux	34
5.4 Les brises	35
6 Les nuages liés au front	36
6.1 Les fronts chauds	36

6.2 Les fronts froids	37
6.3 Les fronts occlus ou occlusion	38
6.4 La traîne	39
6.5 La répartition des vents au niveau des fronts	40
6.6 Une particularité en haute altitude : le jet stream ou courant-jet	40
7 Les phénomènes dangereux pour l'aviation	41
7.1 Les phénomènes réduisant la visibilité	41
7.2 Les turbulences	43
7.3 Le givrage	44
7.4 Le cas particulier des cellules orageuses	47
8 L'organisation météorologique	49
8.1 L'information météorologique	49
8.2 Le dossier météorologique	50
8.3 La carte des fronts	51
8.4 Carte TEMSI / WINTEN	51
8.5 Le METAR et le TAF	54
8.6 SIGMET	57

— CHAPITRE 2 – AÉRODYNAMIQUE, AÉROSTATIQUE ET PRINCIPES DU VOL — 59

1 Aérodynamique et mécanique du vol	59
1.1 Notions de physique	59
1.2 L'aérodynamique	62
1.3 Les écoulements	64
2 L'aérodynamique d'une aile	65
2.1 Les caractéristiques d'une aile	65
2.2 La force exercée sur une aile	68
2.3 Les caractéristiques dynamiques d'une aile	68
2.4 La polaire	69
3 La mécanique du vol	70
3.1 La montée, la descente et le vol stabilisé	70
3.2 Les axes de rotation de l'avion	71
3.3 Les angles associés au vol	74
3.4 Vol en virage	75
3.5 Comprendre la mécanique du vol	76
3.6 Les dispositifs hypersustentateurs	80
3.7 Les spoilers et aérofreins	82
4 Application au vol	84
4.1 Le décollage et l'atterrissage face au vent	84
4.2 La turbulence de sillage	85
4.3 Le centrage	85
4.4 Les compensateurs	87

CHAPITRE 3 – CONNAISSANCE DES AÉRONEFS

89

1 Les familles d'aéronefs	89
1.1 Les aérostats	89
1.2 Les aérodynes	90
2 La composition d'un avion	94
2.1 Rappels de mécanique	94
2.2 Composition	95
2.3 Les ailes	95
2.4 L'empennage	99
2.5 Le fuselage	100
2.6 Le train d'atterrissage	101
2.7 Le groupe motopropulseur	102
2.8 L'hélice	110
2.9 Les instruments de bord	113
3 Les fusées et les engins spatiaux	127
3.1 Principe de fonctionnement d'une fusée	128
3.2 Les technologies de propulsion	128
3.3 Guidage et pilotage	129
3.4 Les conditions de lancement	129
3.5 Les différentes phases de vol	130
4 Les hélicoptères	131
4.1 Description générale	131
4.2 La boîte de transmission principale	131
4.3 Les commandes de pilotage	132
4.4 Le rotor	132
4.5 Le plateau cyclique	133
4.6 Les instruments de bord	134
4.7 Le rotor anti-couple	134

CHAPITRE 4 – NAVIGATION, SÉCURITÉ ET RÉGLEMENTATION

135

1 Préambule à la navigation et à la sécurité	135
1.1 Se repérer sur le globe terrestre	135
1.2 S'orienter sur le globe terrestre	137
1.3 Mesurer le temps et les distances	139
2 Les principes de la navigation	140
2.1 Les bases	140
2.2 Les cartes de navigation	142
2.3 L'aérodrome	144
3 La circulation aérienne	147
3.1 L'organisation administrative	147
3.2 Les règles de circulation aérienne	149
3.3 Division de l'espace aérien	151

3.4 Le calage altimétrique	153
3.5 Les conditions de vol	154
4 La navigation	156
4.1 La navigation par cheminement	156
4.2 La navigation à l'estime	156
5 La sécurité et les facteurs humains	158
5.1 La médecine aéronautique	159
5.2 Les licences de pilotage	160
5.3 Les fédérations	161
5.4 La sécurité	161

CHAPITRE 5 – HISTOIRE DE L'AVIATION 163

1 Du rêve aux premières tentatives	163
2 Les aéronefs plus légers que l'air : les aérostats	164
2.1 Les ballons à air chaud ou montgolfières	164
2.2 Les ballons à gaz	165
2.3 Les ballons dirigeables	166
3 Les pionniers : 1856-1910	168
4 Les premiers vols et les premiers records	170
5 La Première Guerre mondiale : 1914-1918	176
5.1 L'arme aérienne en début de guerre	176
5.2 Les forces en présence	177
5.3 Les missions aériennes	177
5.4 Les « as »	178
6 L'entre-deux-guerres : 1919-1939	179
6.1 L'époque des « grandes premières »	180
6.2 Développement de l'aviation civile commerciale	186
6.3 Les grands noms	187
7 La Seconde Guerre mondiale : 1939-1944	190
7.1 La préparation à la guerre	190
7.2 Les succès de la Luftwaffe (1939-1940)	191
7.3 Le rééquilibrage des forces : 1940-1941	191
7.4 L'assaut de l'aviation américano-britannique sur l'Europe : 1942-1945	192
7.5 La guerre aérienne dans le Pacifique	194
8 De 1945 à nos jours	195
8.1 Les progrès	195
8.2 Les avions à réaction	196
8.3 Le mur du son	197
8.4 Les avions de transport	198
8.5 La compétition technique	201
8.6 Une particularité française : Dassault	206

9 Les hélicoptères	208
10 La conquête de l'espace	209
11 Les aéronefs expérimentaux	217

CHAPITRE 6 – L'ANGLAIS POUR L'AÉRONAUTIQUE 219

1 La conjugaison	219
1.1 L'impératif	219
1.2 Le présent	220
1.3 Le passé ou prétérit	220
1.4 Le futur simple	221
2 Le vocabulaire de l'aéronautique	221
2.1 La piste	221
2.2 Connaissance des aéronefs	222
2.3 Le tableau de bord	223
2.4 La motorisation des aéronefs	224
2.5 La météorologie	225
2.6 Le circuit de piste	226
2.7 Les axes de rotation	227
2.8 La navigation	227
3 Le vocabulaire nécessaire au BIA	228
3.1 Français/anglais	228
3.2 Anglais/français	231
4 Exemples de mise en situation	234
4.1 Vol fictif : tour de piste	234
4.2 Vol fictif : navigation La Vèze-Dole	236

BIBLIOGRAPHIE 239

CRÉDITS ICONOGRAPHIQUES 241

INDEX 243

Remerciements

Remerciements de Christopher Poizot

Je tiens tout d'abord à remercier mon adorable femme Valérie qui, avec grand cœur, m'a inscrit aux cours du samedi matin de l'école d'aviation de l'aérodrome de Besançon-La Vèze et qui m'a accompagné durant plusieurs mois avant l'obtention de la licence privée de pilotage (PPL) et de mon examen d'enseignant aéronautique (CAEA).

Je remercie aussi ma fille, Sarah, qui fut mon premier passager après l'obtention de ma licence de pilotage.

Je remercie l'aéroclub de l'aérodrome de Besançon-La Vèze et notamment Claude Domergue et Adriana son épouse ainsi qu'Yvan Torreadrado, Sylvain Dousse et les instructeurs, pour la transmission de leur passion et de leurs précieuses connaissances durant les cours du samedi et pour le partage de leurs riches anecdotes aéronautiques.

Je remercie aussi M. Lemarchand, responsable du Ciras de Franche-Comté, pour m'avoir permis de transmettre à mon tour les connaissances aéronautiques dans des établissements scolaires du Doubs, M. Philippe Rouillier, proviseur adjoint du lycée Jules Haag, et M. Christian Boucard, principal du collège Entre Deux Velles.

Je remercie aussi mon beau-père Christian pour les clichés qu'il m'a transmis pour agrémenter et illustrer ce livre.

Remerciements de Gérard Pujol

Ma passion pour l'aéronautique a débuté au-dessus de Rodez, dans un Jodel piloté par mon oncle Jean. Mes premiers modèles réduits suivront rapidement grâce au club de Pierre Corbières. Ces avions en balsa ne feront que du vol circulaire... mais cette fois, je tiens les commandes !

Je dois mes premières évolutions sur Piper PA 28 à Robert Marignol, un instructeur bénévole qui aura consacré toute sa vie à former les autres. Grâce à lui, j'obtiendrai mon brevet de pilote en 1983 à bord d'Alpha Zoulou.

Je dois surtout remercier mon complice depuis 25 ans, Laurent Lespiac, qui m'a impliqué dans la formation aéronautique de l'académie de Montpellier. À deux, on s'attaque à tout : ateliers BIA, formation des collègues au CAEA, innovation avec introduction de l'anglais au BIA, écriture pour les sujets nationaux BIA/CAEA. Il m'encourage à écrire des supports de

cours pour nos stagiaires (CAEA) et mes élèves (BIA), même si cela se fait bénévolement sur mon temps libre.

C'est Frédéric Willot qui va publier ces textes sur le site du CIRAS de Lille. La visibilité créée par Frédéric va diffuser ce travail dans toutes les académies et m'ouvrir de nouvelles portes pour de nouveaux challenges. J'ai été récompensé par des rencontres riches, passionnantes, et des expériences inoubliables. Merci à Pierre Olivier pour son invitation et mes rencontres avec les étudiants de la prestigieuse École des mines, merci à Nathalie grâce à qui j'ai pu écrire « Montpellier avec deux ailes », merci à Jean Pierre qui m'a transformé en conférencier pour la 3AF.

Un grand merci à tous ceux qui m'ont accompagné dans cette passion... et surtout à ma famille, mon épouse Marie José et mes enfants Audrey, Jean-Philippe et Céline.

Introduction

Que ce soit pour le plaisir d'apprendre ou de découvrir ou pour initier un projet, ce manuel vous apportera les connaissances de base en aéronautique. Il s'adresse à ceux qui souhaitent passer le brevet d'initiation aéronautique, diplôme délivré par l'Éducation nationale qui valide une formation théorique (météorologie, mécanique du vol, aérodynamisme, histoire de l'aéronautique et de l'espace et anglais) dispensée dans les établissements scolaires de toutes les académies (collèges et lycées). Cet ouvrage constitue également un premier pas dans l'apprentissage en vue de valider les licences de pilotes d'avion LAPL (*Light Aircraft Pilot Licence*) ou PPL (*Private Pilot Licence*).

Le livre que vous allez parcourir se décompose en six chapitres permettant d'acquérir les notions de base à l'aéronautique :

- **Météorologie et aérologie.** L'environnement dans lequel évolue un aéronef nécessite une bonne connaissance de la météorologie et de l'aérologie. La météorologie a pour objet l'étude de la formation et de l'évolution de phénomènes atmosphériques.
- **Aérodynamique, aérostatique et principes du vol.** Des phénomènes physiques permettent à un aéronef de voler. Grâce à l'étude des actions et des réactions de l'air en mouvement sur un corps, nous allons étudier les forces s'appliquant à un aéronef en vol.
- **Connaissance des aéronefs.** Des dispositifs permettent à un aéronef d'atteindre sa vitesse et de vaincre la traînée aérodynamique, notamment les forces de traction des systèmes propulsifs arrimés à la cellule (fuselage, ailes et empennages).
- **Navigation, sécurité et réglementation.** La liberté d'évolution dans l'air, un espace à trois dimensions, est différente du déplacement dans un espace à deux dimensions comme le sol.
- **Histoire de l'aéronautique.** La grande épopée de l'aviation, des premiers balbutiements à la conquête de l'espace : le rêve de l'homme-oiseau.
- **L'anglais pour l'aéronautique.** Les échanges et navigations internationales imposent une communication commune.

Chapitre 1

Météorologie et aérologie

1 Notre atmosphère

L'atmosphère est la mince couche gazeuse qui entoure la Terre. C'est le milieu dans lequel évoluent les aéronefs et il est important de bien connaître ses caractéristiques : sa composition, sa température, sa pression et son degré d'humidité. Ces paramètres sont étudiés par des observations et à l'aide d'instruments.

1.1 La composition

Un mélange d'air sec et de vapeur d'eau (quelques grammes par kilogramme d'air sec) constitue l'air atmosphérique. L'air sec est composé d'un mélange de nombreux gaz dont la proportion est pratiquement constante dans la couche inférieure appelée troposphère (seule la pression partielle de chaque constituant diminue avec l'altitude).

En plus du diazote et du dioxygène qui représentent 99 % des gaz de l'atmosphère, on trouve surtout un gaz noble : l'argon.

On rencontre aussi des particules solides : des poussières diverses (suie volcanique, cristaux de sable, cristaux de sel marin arrachés aux embruns par le vent, combustions industrielles, pollution...) constituent des impuretés qui servent de déclencheurs à la condensation de la vapeur d'eau. Celles-ci sont appelées « noyaux de condensation » et jouent un rôle essentiel dans la formation des nuages.

Tableau 1.1 – Composition volumétrique de l'air sec

Élément	Proportions
Diazote	78 %
Dioxygène	21 %
Argon	0,9 %
Hélium	Traces
Ozone	Traces (concentrées entre 10 et 50 km)
Gaz carbonique (dioxyde de carbone)	Traces
Dihydrogène	Traces
Poussières	Traces

1.2 La température

♦ Définition

La température est une grandeur physique. C'est une mesure indirecte du degré d'agitation microscopique des particules. En thermodynamique, elle est aussi définie à partir de l'énergie totale d'un système. On parle alors de température thermodynamique, qui se mesure en kelvins et dont le minimum est le zéro absolu ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$).

♦ Instrument de mesure

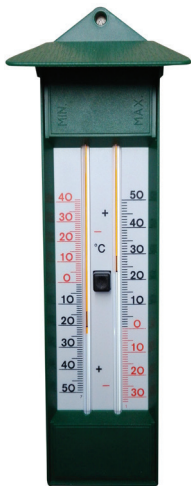


Figure 1.1

Un thermomètre (du grec *thermós*, chaud, et *métron*, mesure) est un appareil qui sert à mesurer et à afficher la valeur de la température. La mesure est fondée sur la dilatation et la pression des corps, qui varient en fonction de la température. Il en existe plusieurs types : à gaz, à cadran, à cristaux liquides, à liquides (alcool, mercure) (Fig. 1.1), électronique et magnétique.

De la combinaison des effets du soleil, de l'effet de serre et de la chaleur de la terre résulte la température de l'atmosphère. La température au niveau du sol est nettement influencée par la constitution du sol local, l'alternance des jours et des nuits et l'altitude, et les fluctuations sont plus marquées que celles de la pression. De plus, la température en surface décroît généralement lorsque la latitude augmente. Cela est dû à l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au soleil.

Au cours d'une journée, la température passe par une valeur minimale (une demi-heure après le lever du soleil) et par un maximum (deux heures après le passage du soleil au zénith). La différence entre ces deux mesures correspond à l'amplitude de variation journalière.

♦ Variation de la température selon les couches

La variation de la température (Fig. 1.2) avec l'altitude permet de diviser l'atmosphère en quatre grandes couches : la **troposphère**, la décroissance de la température est d'environ $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ tous les $1\ 000\text{ m}$ jusqu'à la tropopause soit, en unités aéronautiques, **$2\text{ }^{\circ}\text{C}$ tous les $1\ 000\text{ ft}$** ($1\text{ ft} = 1\text{ foot}$ en anglais = un pied = 30 cm environ) – les longs courriers volent à la limite supérieure de cette zone (tropopause) afin d'optimiser les performances de l'appareil ; la **stratosphère** ; la **mésosphère** ; la **thermosphère**.

On désigne par tropopause la surface de séparation entre la troposphère et la stratosphère. Elle est plus basse et moins froide dans les régions polaires (8 km et $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$), plus élevée et plus froide dans la région équatoriale (17 km et $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$). La **stratosphère** est la couche qui nous intéresse car il s'agit de :