

COURS • ACTIVITÉS • EXERCICES

OBJECTIF BIA

Brevet d'initiation à l'aéronautique

Sous la direction de
N. Cheymol, D. Ducourant
et J.-J. Calliet

J. Alemany • C. André
P. Fabre • L. Falleau
J. Gimenez • T. Gues
V. Louart • J.-M. Pradelles
G. Pujol • J.-P. Ruiz

DUNOD

Conceptions graphiques de la couverture et de la maquette :
Nicolas Wiel – Audrey Bauduin (graphiste)

© Dunod, 2025
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-089036-1

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements des auteurs	V
Préfaces : pourquoi préparer le BIA ?	VI
Bienvenue à bord (<i>Welcome on board</i>) ! Comment utiliser ce livre ?	VIII

DOMAINE 1 Météorologie et aérologie

Fiche 101	L'atmosphère terrestre	1
Fiche 102	L'atmosphère standard	6
Fiche 103	Les phénomènes énergétiques dans l'atmosphère	8
Fiche 104	Masses d'air et champ de pression	11
Fiche 105	Cellule convective à petite et à grande échelle	14
Fiche 106	Vents dominants à l'échelle planétaire, courants-jets	18
Fiche 107	Les vents	21
Fiche 108	Humidité de l'air ; saturation ; formation des brumes et brouillards	26
Fiche 109	Formation des nuages	29
Fiche 110	Classification des nuages et précipitations associées	32
Fiche 111	Structure thermique de l'atmosphère : stabilité/instabilité	36
Fiche 112	Perturbations et fronts aux moyennes latitudes	39

DOMAINE 2 Aérodynamique, aérostatique et principes du vol

Fiche 201	Écoulement de l'air autour d'un profil d'aile	43
Fiche 202	Origine de la sustentation de l'aile ; forces aérodynamiques	45
Fiche 203	Polaire d'un profil d'aile, finesse	49
Fiche 204	Caractéristiques d'une voilure	52
Fiche 205	Assiette, pente et incidence	56
Fiche 206	Étude mécanique du vol motorisé : palier, montée, descente	58
Fiche 207	Le vol plané	62
Fiche 208	Étude mécanique du virage en palier	64
Fiche 209	Effets secondaires associés aux gouvernes	68
Fiche 210	Équilibre, stabilité et maniabilité de l'aéronef	70
Fiche 211	Ballons à air chaud, ballons à gaz et dirigeables	75
Fiche 212	Lanceur, trajectoire de lancement, mise en orbite	78

DOMAINE 3 Étude des aéronefs et des engins spatiaux

Fiche 301	Classification des aéronefs, des engins spatiaux et aérospatiaux.....	81
Fiche 302	Description d'un avion	83
Fiche 303	La cellule d'un avion : structure et matériaux.....	86
Fiche 304	Les commandes de vol	92
Fiche 305	Moteur à combustion interne : principe de fonctionnement	96
Fiche 306	Moteur à combustion interne : circuits associés.....	99
Fiche 307	Propulseurs à réaction et turbomoteurs.....	104
Fiche 308	Principe de fonctionnement de l'hélice.....	108
Fiche 309	L'instrumentation de bord.....	112
Fiche 310	L'altimètre.....	117
Fiche 311	L'anémomètre (ou Badin).....	120
Fiche 312	Le variomètre	122

DOMAINE 4 Navigation, réglementation, sécurité des vols

Fiche 401	Localisation à la surface du globe ; cartes aéronautiques.....	124
Fiche 402	Le temps	128
Fiche 403	Les grands principes de la navigation à l'estime	131
Fiche 404	Les organisations	138
Fiche 405	Contrôle d'un aéronef. Titres aéronautiques	140
Fiche 406	Architecture d'un aéroport – Circuit d'aéroport.....	143
Fiche 407	Organisation de l'espace aérien, navigation aérienne.....	149
Fiche 408	Règles de l'air	158
Fiche 409	Performances humaines et limites : facteurs physiologiques.....	162
Fiche 410	Culture de la sécurité ; rôle des facteurs humains.....	166

DOMAINE 5 Histoire et culture de l'aéronautique et du spatial

Fiche 501	Des précurseurs aux pionniers	167
Fiche 502	L'aviation durant la Première Guerre mondiale	169
Fiche 503	Entre-deux-guerres : grandes traversées et aéro postale.....	172
Fiche 504	L'aviation durant la Seconde Guerre mondiale	176
Fiche 505	De l'après-guerre à nos jours.....	180

Crédits iconographiques	184
-------------------------	-----

REMERCIEMENTS DES AUTEURS

Nous exprimons notre profonde gratitude à Xavier Bertaud, Noémie Vincent, Mathilde Vidal, Jean-Paul Senglat, Stéphane Rabille et Roland Pré, qui ont largement contribué à faire naître cet ouvrage. Nos remerciements vont également à Philippe Perrin, Vincent Vangrevenynge et Christophe Calage pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de le préfacer. Enfin, merci à nos proches pour leur soutien indéfectible, et à notre éditeur, en particulier Aurélie Cauvin et Anthony Volle, pour leur confiance.

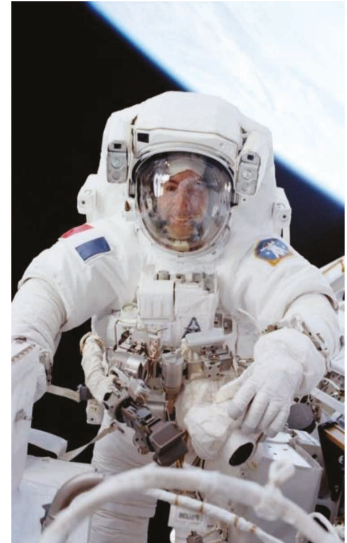
Nous n'oublions pas Laurent Lespiac et Jean Bravo à qui nous dédions ce livre.

PRÉFACES : POURQUOI PRÉPARER LE BIA ?

Je suis né en 1963 à Meknès, au Maroc, dans une famille aimante. Très jeune, j'ai été fasciné par le ciel étoilé des nuits marocaines, qui a éveillé en moi une curiosité insatiable pour l'inconnu. C'est en France, à l'école publique de Saint-Paulet-de-Caisson, puis au collège Georges Ville de Pont-Saint-Esprit, que cette fascination s'est transformée en passion. C'est là que j'ai découvert l'aéronautique grâce au Brevet d'Initiation Aéronautique, le BIA. Ce diplôme, bien plus qu'une simple certification, a été pour moi une révélation, une porte ouverte sur un univers de possibilités infinies. Le BIA a été le catalyseur de mon parcours. Il m'a permis de croire en mes rêves et de me projeter dans un avenir où le ciel ne serait plus une limite, mais un terrain d'exploration. Cette conviction m'a conduit à intégrer l'École polytechnique, à devenir pilote de chasse dans l'Armée de l'air, puis pilote d'essai, avant d'être sélectionné comme spationaute par le CNES. En 2002, j'ai eu l'honneur de participer à la mission STS-111 à bord de la navette spatiale *Endeavour*, durant laquelle j'ai effectué trois sorties extravéhiculaires pour contribuer à l'assemblage de la Station spatiale internationale. Depuis, j'ai poursuivi ma passion pour l'aéronautique en tant que pilote d'essai chez Airbus, travaillant sur des programmes tels que l'A380 et l'A400M. Aujourd'hui, je suis convaincu que le BIA est un formidable levier pour éveiller des vocations, briser les déterminismes et ouvrir les jeunes aux grands défis du monde contemporain. Il incarne l'égalité des possibles et permet à chacun, quel que soit son point de départ, d'imaginer un avenir à la hauteur de ses ambitions.

C'est pourquoi je salue le travail de l'équipe d'auteurs qui a conçu cet ouvrage de préparation au BIA, un guide rigoureux, accessible et inspirant, à la hauteur de l'exigence de cet examen et de l'ambition qu'il porte.

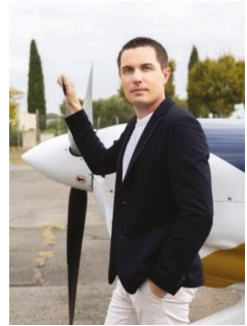
À vous, futurs lauréats du BIA, je souhaite de croire en vos rêves, de les poursuivre avec passion et de garder toujours les yeux tournés vers le ciel. Car parfois, les étoiles ne sont pas si loin. Il suffit d'oser les atteindre.



Philippe Perrin

Pilote de chasse – Spationaute – Pilote d'essai
Auteur de *En Apesanteur* (Michel Lafon, 2024)

Voler est le plus vieux rêve de l'humanité. Ce rêve peut se réaliser dès votre âge, il vous suffit de pousser la porte d'un aéroclub. Le BIA en est le premier passeport. C'est en effet grâce au BIA que bon nombre de jeunes collégien(ne)s et de lycéen(ne)s peuvent s'intéresser aux métiers variés de l'aviation : pilotes, instructeurs, mécaniciens, contrôleurs aériens, ingénieurs, pompiers aéroportuaires, etc. Cet ouvrage Objectif BIA associé à une plateforme interactive et à la chaîne YouTube académique Canal BIA vous permettront d'approfondir vos connaissances et de préparer au mieux l'examen. Pour la seule région Occitanie, en 2024, 460 jeunes auront été aidés et accompagnés par les 67 aéroclubs. D'abord, pour l'obtention du diplôme du BIA ; puis, pour créer des vocations. Je tiens ici à remercier chaleureusement le pôle CAST de l'académie de Montpellier, les professeurs formateurs et titulaires du CAEA, l'ensemble des aéroclubs de l'Occitanie qui œuvrent, inlassablement, pour faire percevoir que ces métiers sont accessibles à toutes et à tous. Avec le Comité régional aéronautique d'Occitanie – Fédération française aéronautique et avec l'aéroclub de l'Hérault Montpellier Occitanie, nous allons continuer, dans les années qui arrivent, à être toujours plus inventifs. Inventifs pour vous accompagner au mieux, inventifs pour les événements que nous réaliserons avec l'ambition de continuer à ouvrir toujours plus nos portes (tel que les journées académiques « Espace et Aéro »). Enfin, dans le processus d'obtention des licences pratiques de pilotes, vous pourrez compter sur l'accompagnement financier de la Fédération française aéronautique. Ce sont des aides qui sont versées sur obtention des licences ou des qualifications. Les aéroclubs sont à votre disposition pour vous informer sur ce sujet. Vous le voyez, des centaines de bénévoles sont à votre écoute, tous attachés à vous aider. Je vous souhaite un bon apprentissage, à vous de jouer !



Christophe Calage

Pilote FI (flight instructor), FE (flight examiner)

Président aéroclub de l'Hérault Montpellier Occitanie

Président comité régional aéronautique d'Occitanie – Fédération française aéronautique

À quoi sert le BIA ? Le Brevet d'Initiation à l'Aéronautique, plus qu'un diplôme, est une porte ouverte vers un monde fascinant, la troisième dimension. Il aborde, à travers une approche concrète, les grandes disciplines scientifiques et techniques – mécanique du vol, aérodynamique, météorologie, navigation, réglementation, histoire de l'aviation – avec une option en anglais aéronautique. Mais ce qu'il offre avant tout, c'est une manière nouvelle de comprendre ce que l'on apprend en classe. Les forces et les lois de la physique prennent soudain sens lorsqu'il s'agit de faire voler un avion en toute sécurité. L'anglais, langue de Shakespeare, devient celle des cockpits et des tours de contrôle, outil vital d'une communication internationale fluide et précise. Grâce au BIA, les savoirs scolaires s'incarnent, s'illuminent, deviennent tangibles. J'ai eu la chance d'enseigner le BIA, mais j'ai surtout eu celle de l'avoir vécu, il y a maintenant trente ans, en tant qu'élève. Ce fut pour moi un déclic. Je n'étais pas particulièrement motivé par les études ; beaucoup de notions me paraissaient lointaines, théoriques. Le BIA leur a donné du sens, une finalité. Il m'a permis de me découvrir une vocation : celle de voler. Aujourd'hui pilote de ligne, je peux affirmer que ce brevet a changé le cours de ma vie. J'ai croisé, au fil des années, des élèves incroyablement curieux, brillants, passionnés. Certains sont devenus pilotes de chasse comme Sébastien, pilotes d'avion combattant le feu comme Joël, pilotes d'avion de ligne comme Pierre, contrôleurs aériens comme Pauline, ingénieurs en aéronautique ou en aérospatiale comme Frédéric. Tous ont puisé dans cette initiation bien plus que des connaissances : un élan, une ambition, un rêve devenu possible. J'ai eu la chance d'être l'élève de certains des auteurs de cet ouvrage. Dominique Ducourant était, par exemple, ma professeure de physique-chimie au collège. Ils sont ensuite devenus mes collègues quand j'ai commencé à enseigner le BIA. J'y ai rencontré Gérard Pujol, Nicolas Cheymol, et des collègues qui sont ensuite devenus des amis.



À qui s'adresse ce livre ? Pour l'élève qui prépare son Brevet d'Initiation Aéronautique, il résume chaque matière de façon très pédagogique et répond aux questions qu'il pourrait se poser. Il est un compagnon qui vous aidera à vous préparer au mieux le jour de l'examen mais aussi dans le futur pour revoir certaines de ces notions ou les approfondir. Les auteurs ont travaillé plusieurs années pour vous fournir cet ouvrage de grande qualité et ils peuvent en être fiers. Pour notre plus grande tristesse, il manque cependant la personne qui nous a, je pense, tous beaucoup influencé et qui a été pour ma part la plus importante dans mon orientation : Laurent Lespiac. Il était à l'époque professeur de physique-chimie et a été mon formateur BIA quand j'étais élève. Sa passion pour l'aviation, sa vivacité d'esprit, sa grande pédagogie, son humour parfois caustique, ont marqué mon année en tant qu'élève. Il restera dans nos cœurs à tous et je pense fréquemment à lui quand le paysage défile sous mon avion. Bonne lecture, et bon vol.

Vincent Vangrenyng

Formateur BIA – Pilote de ligne – Commandant de bord chez Transavia

BIENVENUE À BORD (*WELCOME ON BOARD*) !

COMMENT UTILISER CE LIVRE ?

Ce livre a été conçu pour vous accompagner dans la préparation du Brevet d'Initiation Aéronautique (BIA), que vous soyez candidat (en formation ou en autonomie) ou formateur (débutant ou confirmé). Il s'adresse aussi aux curieux, passionnés ou autodidactes, qui souhaitent explorer plus largement le monde aéronautique. Ce manuel est structuré en cinq chapitres, correspondant aux cinq domaines du programme officiel du BIA :

- ▶ Chapitre 1 : météorologie et aérologie.
- ▶ Chapitre 2 : aérodynamique, aérostatique et principes du vol.
- ▶ Chapitre 3 : étude des aéronefs et des engins spatiaux.
- ▶ Chapitre 4 : navigation, réglementation, sécurité des vols.
- ▶ Chapitre 5 : histoire et culture de l'aéronautique et du spatial.

Chaque chapitre est composé de fiches. Chacune des fiches aborde un savoir associé au programme de l'examen. Chaque fiche comporte plusieurs activités progressives à compléter ainsi qu'une rubrique « s'entraîner » comprenant plusieurs QCM issues des annales de l'examen. Ce manuel est conçu comme un outil d'apprentissage dynamique et interactif, où les apprenants ne se limitent pas à la lecture, mais construisent activement leurs connaissances au travers des activités. Ce n'est pas un manuel de cours classique, c'est un manuel d'activités, que vous allez remplir, annoter, vous approprier, favorisant un apprentissage autonome et concret des concepts en lien avec l'aéronautique et le spatial. L'idée forte de ce livre : ancrer les notions de manière active, en les reconstruisant petit à petit.

Chaque fiche peut être utilisée :

- ▶ Comme support de séance en classe ou en atelier
- ▶ Comme ressource en autonomie pour les candidats libres.
- ▶ Comme base de travail souple pour les formateurs, qui peuvent y piocher librement selon leurs besoins.

Des compléments en ligne associés à chaque fiche et accessibles via le QR code ci-contre enrichissent le livre :



- ▶ des corrigés détaillés ;
- ▶ des liens vers des documents, vidéos ou animations interactives, exploitation du logiciel GéoGebra ;
- ▶ des activités d'approfondissement intitulées « T'as du temps ce week-end ?! », pour aller plus loin, façon BIA+.

Certains choix pédagogiques doivent être précisés dès à présent :

- ▶ Pas de chapitre dédié à l'option « anglais aéronautique » : nous avons préféré intégrer les termes essentiels directement dans les fiches, aux côtés des notions en français (comme dans le titre de cette notice), afin de rendre leur usage plus naturel et contextualisé. En complément en ligne vous retrouverez des QCM issus des annales de l'option anglais de l'examen afin de vous préparer à l'épreuve.
- ▶ L'histoire et la culture de l'aéronautique et du spatial se retrouvent dans le chapitre 5 mais elles sont aussi imbriquées dans les autres chapitres : au-delà des fiches spécifiques du chapitre 5, vous trouverez des repères historiques disséminés dans l'ensemble de l'ouvrage, car les progrès techniques et l'histoire aéronautique sont indissociables.
- ▶ Le nombre de fiches (51) est volontairement restreint pour être intégré dans le volume horaire habituel d'une formation (environ 40 heures). Il s'agit également, pour les formateurs, d'une banque d'activités modulables, qui leur permet de bâtir leur propre progression pédagogique.

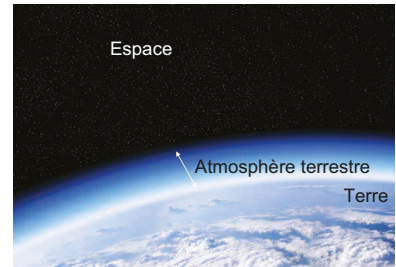
Attention ! Les extraits de cartes sont utilisés à des fins pédagogiques uniquement et ne doivent pas servir à la préparation d'un vol réel. Les expériences présentées ne doivent pas être reproduites sans encadrement compétent. En complément de cet ouvrage, vous pouvez consulter les différentes vidéos de la chaîne YouTube « CanalBIA » que nous avons réalisées au sein de l'académie de Montpellier pour vous accompagner dans votre découverte de l'aéronautique et du spatial.

101 • L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE

L'atmosphère : composition, pression atmosphérique, température, masse volumique, instruments de mesure

L'**atmosphère terrestre** (*atmosphere*) est constituée d'une **fine enveloppe de gaz** qui entoure la Terre, appelée **air**. L'air enveloppe la Terre comme un liquide occupe l'espace d'un récipient : sans laisser de vide. Il n'existe donc pas de « trous d'air ».

Le « contenant » de l'atmosphère a un fond, la surface terrestre. De forme sphérique, elle n'a ni paroi ni couvercle. Notons que la limite supérieure de l'atmosphère est difficile à définir : l'air se raréfie progressivement jusqu'au vide complet. C'est la gravité qui retient l'atmosphère terrestre. L'atmosphère réchauffe notre environnement par la rétention de chaleur (effet de serre) et réduit les écarts de température entre le jour et la nuit. L'atmosphère, en absorbant une partie du rayonnement solaire ultraviolet, permet la vie sur Terre.



Activité 1. L'atmosphère et sa composition

L'air atmosphérique est un mélange de gaz incolores dont la composition chimique est donnée ci-dessous.

Constituants	Pourcentage en volume
Diazote (N_2)	78,08
Dioxygène (O_2)	20,95
Argon (Ar)	0,93
Dioxyde de carbone (CO_2)	0,04
Vapeur d'eau (H_2O)	Variable (0,1 à 5)
Néon (Ne)	0,0018
Hélium (He)	0,0005
Méthane (CH_4)	0,0002
Krypton (Kr)	0,0001

1. Quels sont les deux principaux constituants de l'air sec (air sans vapeur d'eau), donner leur pourcentage :

.....
.....
.....

2. Quelle espèce chimique est présente dans l'air atmosphérique à l'état gazeux, liquide et parfois solide ?

.....

LE SAVIEZ-VOUS ?

- ▶ L'atmosphère est un mélange gazeux dont la composition chimique est relativement homogène jusqu'à une altitude de 100 km. Ainsi, la proportion de dioxygène ne change pas avec l'altitude. Toutefois, la quantité de dioxygène disponible diminue, l'air se raréfiant en altitude – d'où la nécessité de disposer d'une cabine pressurisée (avion de ligne) ou de masque à oxygène (avion de chasse, planeur) au-delà d'une certaine altitude.
- ▶ La masse de l'atmosphère est de $5,5 \times 10^{18}$ kg. 90 % de cette masse est à l'intérieur d'une couche comprise entre la surface océanique et 16 km d'altitude environ.
- ▶ La présence de la vapeur d'eau dans l'air joue un rôle capital dans la plupart des phénomènes atmosphériques. C'est pourquoi on considère souvent l'air atmosphérique comme un mélange d'air sec et de vapeur d'eau.

Activité 2. La température de l'air, stratification de l'atmosphère

À l'échelle microscopique, les particules qui composent l'air sont en agitation permanente, se déplacent à grande vitesse et s'entrechoquent sans cesse. La température de l'air est une grandeur physique qui caractérise l'état d'agitation de ces particules. Elle est proportionnelle à l'énergie cinétique moyenne associée aux mouvements désordonnés des particules qui composent l'air. L'unité de la température dans le système international (unité SI) est le **kelvin** (K), on parle de **température absolue**. En météorologie, on utilise fréquemment le degré Celsius (°C). La relation entre ces deux unités est la suivante : $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$.

LE SAVIEZ-VOUS ? La mesure directe de la température de l'air est très sensible à l'environnement de l'instrument. Pour que la température mesurée par un thermomètre soit représentative de celle de l'air, il faut qu'il existe un équilibre thermique entre l'appareil de mesure et l'air ambiant. Thermomètres et capteurs de température doivent donc être protégés des rayonnements solaire et terrestre ainsi que des précipitations. La mesure de la température au voisinage du sol se fait à l'intérieur d'un abri blanc bien ventilé.

Les mesures de la température réalisées à l'aide de ballon-sonde mettent en évidence la **stratification de l'atmosphère** en différentes couches variant en fonction de l'altitude. Leur répartition a été fixée en fonction des discontinuités des variations de température. En allant de la surface vers l'espace, on trouve :

- La **troposphère** (*troposphere*) est la couche de l'atmosphère située au contact de la surface terrestre. En moyenne la troposphère est trois fois plus épaisse à l'équateur qu'aux pôles (17 à 20 km à l'équateur, 11 km à la latitude du 45° N et 6 km aux pôles). C'est dans la troposphère, qui contient 100 % de la vapeur d'eau, qu'ont lieu les phénomènes météorologiques. Les premières centaines de mètres de la troposphère, dites **couche limite atmosphérique**, sont le lieu de nombreux échanges de matière et de transfert d'énergie avec les surfaces continentales et océaniques.
- La **tropopause** (*tropopause*) sépare la troposphère de la stratosphère. Limite théorique de la troposphère, elle se situe où l'on observe la première cassure dans le profil de température. La tropopause a pour particularité un arrêt de la décroissance (« pause » !) de la température avec l'altitude. Son altitude et sa température varient en fonction de la latitude (−45 °C aux pôles, −55 °C à la latitude de 45° et −75 °C à l'équateur), de la situation météorologique et des saisons (elle est plus élevée en été qu'en hiver dans les régions tempérées).
- C'est dans la **stratosphère** que l'on trouve l'ozone (O_3) qui absorbe le rayonnement UV (ultraviolet) du Soleil. Cette absorption libère de l'énergie responsable de l'augmentation de température.
- Au-dessus, on trouve la **mésosphère**, la **thermosphère** et enfin l'**exosphère**.

1. À l'aide des informations fournies dans le texte, compléter le schéma de droite ci-dessous.

2. Compléter le schéma de gauche en indiquant le **pôle Nord**, l'**équateur géographique**, la **tropopause**, la **stratosphère**, la **troposphère** et en précisant les épaisseurs et les températures de la troposphère aux latitudes 0°, 45° N et 90° N.

