

## Préface

Lorsque Gilles m'a proposé de préfacer son livre portant sur la mécanique du vol des systèmes, j'ai immédiatement accepté. Mon intérêt à l'égard de son travail résulte, certes, de notre collaboration sur de multiples sujets et projets techniques effectuée au cours de ces douze dernières années professionnelles mais il repose principalement sur la manière d'avoir traité le sujet.

Ce livre n'est pas simplement une collecte de formules mathématiques, il est le fruit de l'expérience associée à une aptitude à conceptualiser. Suivant un fil conducteur général, chaque étape est décrite dans les moindres détails, avec un maximum d'exemples concrets où viennent se rajouter les formulations mathématiques. Ces dernières étant bien entendu les éléments fondamentaux aboutissant aux dimensionnements et à l'optimisation des systèmes.

Les mathématiques utilisées dans le cadre de cette problématique ne sont pas accessibles sans un investissement préalable. C'est donc par esprit pédagogique que Gilles, dans un premier temps, a repris toutes les définitions des éléments mathématiques : portance, traînée, foyer aérodynamique, et j'en passe.

En conclusion, ce livre donne une vision globale de ce qu'est la mécanique de vol et présente donc un grand intérêt pour tous les ingénieurs et scientifiques qui sont amenés à s'investir dans ce domaine.

Serge ZANINOTTI

## Introduction

Ce qui caractérise la mécanique du vol par rapport à d'autres branches de la mécanique rationnelle c'est que, parmi les différentes forces en présence, interviennent les forces aérodynamiques qui elles-mêmes résultent du mouvement relatif de l'aéronef par rapport à l'atmosphère environnante. Il est donc indispensable de définir les caractéristiques de l'atmosphère.

La notion d'atmosphère standard répond à ce besoin. L'air est considéré comme un gaz parfait, représenté par les trois paramètres d'état (pression, masse volumique et température), pesant et immobile.

De même qu'il a été nécessaire de définir dans quelle atmosphère l'avion se déplace, de même il faut être capable de mesurer la vitesse à bord de l'aéronef, tout particulièrement la vitesse par rapport à l'air.

La vitesse d'un aéronef est souvent donnée en nombre de Mach. Cette valeur est le rapport en un point précis entre la vitesse de l'écoulement  $V$  et la vitesse du son en ce point. On appelle nombre de Mach « aéronef » le rapport  $M_0$  entre la vitesse aérodynamique  $V_0$  (vitesse relative de l'avion par rapport à l'air, supposé par exemple immobile à l'infini) et la vitesse du son à l'infini amont  $a_0$ .

La mécanique du vol fait immédiatement penser à la trajectoire des aéronefs et aux conséquences catastrophiques que des erreurs humaines ou issues des calculs informatiques peuvent avoir sur la sécurité des vols. À ce titre, le crash des Boeing 737 Max de l'Indonésien Lion Air (octobre 2018) et celui d'Ethiopian Airlines (mars 2019) sont à l'origine du décès de 346 personnes

innocentes et d'un arrêt d'exploitation d'environ 800 aéronefs de ce type à travers le monde.

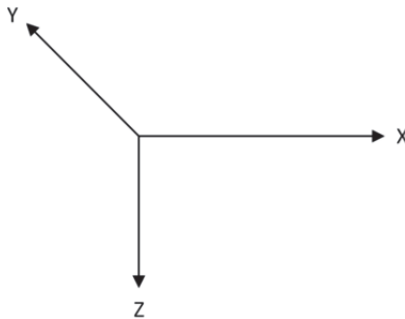
Le rapport du congrès américain met en avant la forte pression financière mise sur Boeing et le programme du 737 Max pour devancer la sortie du nouvel aéronef d'Airbus, l'A320 Neo. Le document blâme les hypothèses faites par Boeing sur des technologies essentielles de l'aéronef, dont le logiciel antidécrochage MCAS mis en cause dans les deux accidents, ainsi que la culture de dissimulation qui prévaut chez le constructeur et l'a empêché de partager les informations cruciales avec les autorités, ses clients et les pilotes du 737 Max.

Nous devons tirer les conséquences de ces catastrophes afin d'éviter qu'elles ne se reproduisent et les ingénieurs ont un rôle majeur à jouer, en ce sens qu'ils sont les garants de la sécurité et de la fiabilité des aéronefs fabriqués et qu'ils doivent tout mettre en œuvre pour gérer les risques afin de minimiser la survenue de telles catastrophes.

**AVERTISSEMENT AUX LECTEURS.** Les unités utilisées dans cet ouvrage sont celles du système métrique international.

## I.1. Définition des axes

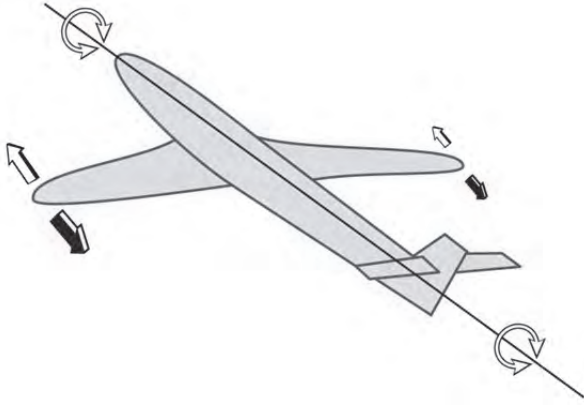
Soit le trièdre direct défini en figure I.1.



**Figure I.1.** *Trièdre direct*

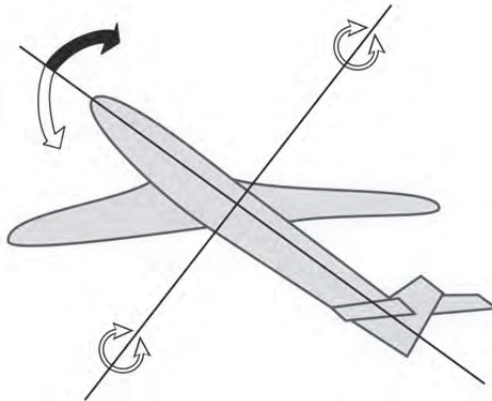
Alors les axes de tangage, roulis et lacet sont définis ci-après.

### I.1.1. Axe de roulis



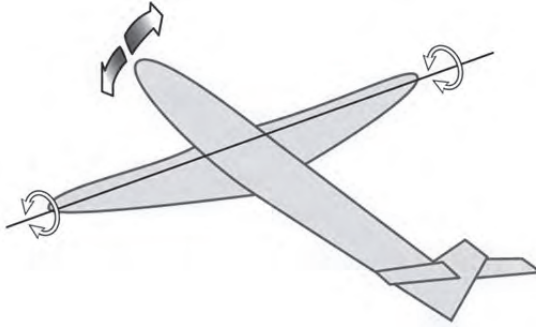
**Figure I.2.** Axe de roulis (rotation autour de l'axe X)

### I.1.2. Axe de lacet



**Figure I.3.** Axe de lacet (rotation autour de l'axe Z)

### I.1.3. Axe de tangage



**Figure I.4.** Axe de tangage (rotation autour de l'axe Y)