

Table des matières

Préface	1
Serge ZANINOTTI	
Introduction	3
Chapitre 1. Utilisation des forces aérodynamiques pour le contrôle de la trajectoire d'un aéronef	7
1.1. Définitions	7
1.1.1. Portance	10
1.1.2. Traînée	11
1.1.3. Équilibre en vol horizontal	13
1.1.4. Moments aérodynamiques	14
1.1.5. Centre de gravité	15
1.1.6. Foyer aérodynamique	16
1.1.7. Centre de poussée	16
1.1.8. Centrage et stabilité	16
1.1.9. Stabilité latérale	17
1.1.10. Virage et roulis	18
1.1.11. Facteur de charge	19
1.2. Le contrôle du tangage	19
1.3. Le contrôle du lacet	21
1.4. Le contrôle du roulis	23
1.5. Le Mach : vitesses subsonique, transsonique et supersonique	24

Chapitre 2. Forces, moments aérodynamiques et leurs dérivées	27
2.1. Définitions	27
2.2. Forces aérodynamiques	28
2.2.1. Expression de la traînée	28
2.2.2. Expression de la portance latérale.	30
2.2.3. Expression de la portance.	30
2.3. Moments aérodynamiques.	31
2.4. Dérivées aérodynamiques majeures.	32
Chapitre 3. Soufflerie	33
3.1. Description des essais en soufflerie	33
3.2. Décrochage	34
3.3. Calcul de la contrainte maximum s'appliquant sur une aile d'aéronef dans une soufflerie.	36
3.3.1. Définition du coefficient de traînée à partir des tables d'écoulement.	36
3.3.2. Calcul de la contrainte maximum s'appliquant sur une aile d'aéronef dans une soufflerie.	37
Chapitre 4. Trièdre	39
4.1. Convention d'écriture	39
4.2. Définition des trièdres	39
4.2.1. Définition d'un trièdre ou référentiel.	39
4.2.2. Trièdre galiléen	40
4.2.3. Trièdre absolu	40
4.2.4. Trièdre géographique local	41
4.2.5. Trièdre terrestre	41
4.2.6. Trièdre aéronef	41
4.2.7. Trièdre vitesse aérodynamique de l'aéronef $(G, X_{vae}, Y_{vae}, Z_{vae})$	42
4.2.8. Trièdre balance	42
4.3. Changement de repère	42
4.4. Relation entre les trièdres	45

4.4.1. Trièdre aéronef (G, X_1, Y_1, Z_1) par rapport au trièdre de référence (G, X_0, Y_0, Z_0)	45
4.4.2. Trièdre aérodynamique de l'aéronef ($G, X_{va}, Y_{va}, Z_{va}$) par rapport au trièdre aéronef (G, X_e, Y_e, Z_e).	46
4.5. Position relative des divers trièdres	46
4.5.1. Position du trièdre aéronef par rapport au trièdre géographique local.	46
4.5.2. Position du trièdre aérodynamique par rapport au trièdre terrestre.	49
4.5.3. Position du trièdre aéronef par rapport au trièdre vitesse aérodynamique	52
4.5.4. Position du trièdre aéronef par rapport au trièdre balance	54
4.5.5. Position du trièdre terrestre par rapport au trièdre géographique local.	56

Chapitre 5. Mouvement d'un solide 59

5.1. Rotation d'un solide autour d'un point fixe	59
5.2. Cinématique du solide	63
5.3. Référentiel.	66
5.3.1. Repère absolu	66
5.3.2. Repère relatif.	66
5.3.3. Mouvement d'entraînement	67
5.3.4. But	67
5.3.5. Changement de référentiel	67
5.3.5.1. Le mouvement de (R_1) par rapport à (R)	68
5.3.5.2. Dérivation composée d'un vecteur.	68
5.3.5.3. Vecteur vitesse d'un point par rapport à (R) et à (R_1)	69
5.3.5.4. Vecteur accélération d'un point par rapport à (R) et à (R_1)	71
5.3.6. Changement de référentiel : conclusion et résumé	73
5.4. Composantes du vecteur vitesse instantanée du repère aéronef (O, i_e, j_e, k_e) _E par rapport au repère géographique local ($O, i_{tgl}, j_{tgl}, k_{tgl}$) _{TGL} dans le repère aéronef	76

5.5. Équations des accélérations et des forces dans le repère aéronef $(O, i_e, j_e, k_e)_E$	80
5.6. Détermination des facteurs de charge dans le repère aéronef $(O, i_e, j_e, k_e)_E$	83
5.7. Cas où les vitesses et les accélérations sont fournies en un point autre que G	83
5.8. Coordonnées de la vitesse aérodynamique en axes aéronef . . .	85
5.9. Équations des moments dans le repère aéronef $(O, i_e, j_e, k_e)_E$	86
5.10. Forces et moments s'appliquant sur l'aéronef.	91
5.10.1. Force de pesanteur	91
5.10.2. Forces et moments de propulsion	92
5.10.3. Forces et moments aérodynamiques	92
5.10.4. Forces et couples d'inertie	92
Chapitre 6. Caractéristiques des aéronefs	93
6.1. Problèmes d'aérodynamique posés par les aéronefs.	93
6.1.1. Traînée	93
6.1.2. Portance	95
6.1.3. Nombre de Reynolds.	96
6.1.4. Vitesse de l'écoulement	97
6.1.5. Stabilité d'un aéronef	98
6.1.6. Résistance des structures	99
6.1.7. Dimensionnement d'un aéronef	99
6.2. Facteur de charge	100
6.2.1. Définition du facteur de charge	100
6.2.2. Définition du besoin en termes de facteur de charge	100
Chapitre 7. Modèle de simulation aéronef	101
7.1. Modèle de simulation de l'atmosphère	102
7.2. Coefficients propulsifs	102
7.3. Coefficients massiques	102
7.4. Coefficients aérodynamiques	103
7.5. Équations du mouvement	104
7.6. Introduction d'un vent	110

Chapitre 8. Traitement des informations de trajectographie	113
8.1. Paramètres télémésurés	113
8.2. Lissage, dérivation première, dérivation seconde	113
8.3. Calcul des performances	114
8.3.1. Changement de coordonnées pour passer du trièdre (O, X _c , Y _c , Z _c) au trièdre (O, X ₀ , Y ₀ , Z ₀).	114
8.3.2. Vitesse de l'aéronef par rapport au sol.	115
8.3.3. Vitesse aérodynamique et nombre de Mach	115
8.4. Route et pente aérodynamique	117
8.5. Détermination de l'angle ψ	120
8.6. Facteurs de charge dans le trièdre aérodynamique (O, X _a , Y _{af} , Z _r)	120
8.7. Traitement des données issues de la centrale inertielle (dans le repère aéronef)	122
8.7.1. Conversion du facteur de charge	123
8.7.2. Calcul des accélérations au centre de gravité.	124
8.7.3. Conversion de la vitesse.	124
8.7.4. Calcul de Ψ	126
8.7.5. Recomposition de la trajectoire	126
8.8. Détermination de quelques paramètres aérodynamiques.	126
8.8.1. Détermination de l'incidence α et du dérapage β	126
8.8.2. Détermination de ψ_{ac}	127
8.8.2.1. Passage du trièdre (O, X _a , Y _a , Z _a) au trièdre (O, X _{af} , Y _{af} , Z _{af})	127
8.8.2.2. Réduction de l'équation.	130
8.8.3. Détermination de θ	134
8.9. Détermination des facteurs de charge (n_{x1} , n_{y1} , n_{z1}) dans le trièdre aéronef	135
8.10. Détermination de C _Y et de C _Z	137
8.11. Détermination de l'incidence totale	138
8.12. Détermination de l'assiette longitudinale par rapport au plan horizontal local	138
8.13. Détermination des coefficients de traînée	142
8.14. Détermination de la force de poussée	143

Chapitre 9. Méthode des quaternions	145
9.1. Objectif	145
9.2. Rappel des formules des changements d'axes utilisant les angles d'Euler	146
9.3. Formules d'Olinde-Rodrigues : définition des quaternions . . .	146
Glossaire	167
Liste des abréviations	171
Bibliographie.	175
Index	177