

Table des matières

Préface	1
Guillaume FAURY	
Avant-propos	3
Introduction. Problématiques énergétiques de la motorisation des moyens de transport	7
Chapitre 1. Motorisation et réflexion sur un moteur idéal	39
1.1. Motorisation d'un aéronef	39
1.1.1. Cas de l'hélicoptère	39
1.1.1.1. Détermination de la puissance en vol stationnaire	39
1.1.1.2. Détermination de la puissance en vol d'avancement en palier	52
1.1.1.3. Particularité de l'effet de sol	55
1.1.1.4. Notion d'autorotation – Introduction de la panne moteur	56
1.1.2. Cas de l'avion	59
1.1.3. Cas des formules combinées hélicoptères dites <i>compound</i>	61
1.2. Motorisation d'une automobile	64
1.2.1. Détermination de l'effort de traction et de la puissance utile	65
1.2.2. Définition d'une motorisation idéale.	70
1.3. Conclusion	74
Chapitre 2. Technologies des moteurs	75
2.1. Introduction.	75
2.2. Turbines à gaz	76

2.2.1. Principes généraux de fonctionnement	76
2.2.1.1. Turbine à un seul arbre et turbine à deux arbres.	79
2.2.1.2. Représentation du cycle thermodynamique des turbines à gaz.	81
2.2.1.3. Rendement thermique des turbines à gaz.	83
2.2.1.4. Mise en œuvre des turbines à gaz	91
2.2.2. Amélioration des turbines à gaz	121
2.2.2.1. Récupération de chaleur des gaz d'échappement	121
2.2.2.2. Hybridation d'un turbomoteur	124
2.3. Motorisations électriques.	129
2.3.1. Introduction aux moteurs électriques	129
2.3.2. Utilisation des moteurs électriques et profil de mission	135
2.3.2.1. Cas de la voiture	135
2.3.2.2. Cas de l'hélicoptère	138
2.3.2.3. Cas de l'avion.	141
2.3.3. Technologies des moteurs électriques pour la propulsion	143
2.3.3.1. Moteur synchrone	143
2.3.3.2. Moteur asynchrone.	144
2.3.3.3. Moteur à réluctance variable (MSRV)	145
2.3.3.4. Les convertisseurs	146
2.3.4. Exemples de motorisations et d'applications spécifiques.	147
2.3.4.1. Cas de la voiture	147
2.3.4.2. Exemples d'application dans l'aéronautique.	150
2.3.4.3. Exemples de voilures tournantes électriques.	152
2.4. Moteurs thermiques à pistons	153
2.4.1. Cycles thermodynamiques théoriques	153
2.4.1.1. Rappel : cycle thermodynamique moteur/cycle fermé	153
2.4.1.2. Comparaison essence/diesel	158
2.4.2. Cycles réels	171
2.4.2.1. Comparaison des moteurs.	172
2.4.2.2. Courbes de puissance et de couple.	172
2.4.2.3. Limitations des moteurs thermiques.	176
2.4.2.4. <i>Downsizing</i> des moteurs.	178
2.4.2.5. Dépollution des moteurs thermiques	180
2.5. Conclusion	186
Chapitre 3. Éléments de transmission de puissance.	187
3.1. Système de transmission pour les voilures tournantes.	187
3.1.1. Cas des hélicoptères conventionnels.	187

3.1.2. Cas des structures multirotors	193
3.2. Système de transmission pour les avions	194
3.2.1. Cas des avions à hélice	194
3.2.2. Cas des avions à turboréacteur	195
3.3. Système de transmission pour l'automobile	196
3.3.1. Cas des moteurs thermiques essence ou diesel	196
3.3.1.1. De la nécessité d'une boîte de vitesses	196
3.3.1.2. Règles d'étagement d'une boîte de vitesses automobile	197
3.3.1.3. Comparaison de boîte automobile – Notion de V1000	202
3.3.1.4. Exemples de technologies des boîtes de vitesses	203
3.3.2. Cas des motorisations électriques	209
3.4. Conclusion	210
Chapitre 4. Stockage de l'énergie	213
4.1. Classification des sources énergétiques	213
4.1.1. Sources d'énergie primaire	213
4.1.2. Notion de vecteur d'énergie	215
4.1.3. Utilisation des différentes sources d'énergie dans le transport automobile et aéronautique	216
4.2. Stockage d'énergie pour le transport	220
4.2.1. Différentes formes de stockage d'énergie	220
4.2.2. Différentes technologies de stockage de l'énergie	222
4.2.2.1. Technologies des batteries électrochimiques	222
4.2.2.2. Technologies des supercondensateurs	227
4.2.2.3. Technologies de stockage sous forme d'hydrogène	228
4.3. Formes de stockage de l'hydrogène	229
4.3.1. Stockage sous forme gazeuse	230
4.3.2. Stockage sous forme liquide	231
4.3.3. Stockage sous forme solide	232
4.3.3.1. Pile à combustible	232
4.3.3.2. Technologies des stockeurs à gaz ou à air comprimé	238
4.3.3.3. Système Hybrid Air	239
4.3.3.4. Système à air comprimé	244
4.3.3.5. Technologies des systèmes à volant d'inertie	250
4.3.3.6. Stockage d'énergie sous forme thermique	255
4.3.4. Comparaison des réservoirs gasoil et des batteries pour l'automobile	257
4.4. Conclusion	261

Chapitre 5. Hybridation	265
5.1. Hybridation des moteurs électriques : prolongateur d'autonomie	267
5.1.1. Exemples d'application pour l'automobile	268
5.1.1.1. Cas d'une propulsion 100 % électrique	271
5.1.1.2. Cas d'une propulsion 100 % thermique	272
5.1.1.3. Cas d'une propulsion électrique avec prolongateur d'autonomie	273
5.1.1.4. Synthèse	275
5.1.2. Exemples d'application pour l'aéronautique	275
5.2. Hybridation des moteurs thermiques : amélioration de l'efficacité énergétique	278
5.2.1. Intérêt de l'hybridation parallèle	278
5.2.1.1. Cas de l'automobile	278
5.2.1.2. Cas de l'aéronautique	280
5.2.2. Classification de l'hybridation électrique : cas de l'automobile	281
5.2.2.1. Différents types d'hybridation	281
5.2.2.2. Exemples d'architectures hybrides en parallèle	284
5.2.3. Mise en œuvre de l'hybridation pour le cas de l'automobile	302
5.2.3.1. Principes généraux	302
5.2.3.2. Quelle chaîne de traction choisir ?	304
5.3. Conclusion	310
Bibliographie	313
Index	317