

SOMMAIRE

AVANT PROPOS	1
SOMMAIRE	3
<u>PARTIE A - RAPPELS ET COMPLEMENTS DE THERMODYNAMIQUE DES GAZ ET DES SYSTEMES</u>	<u>9</u>
Chapitre I – LES OUTILS DE LA THERMODYNAMIQUE	10
1. Relations Fondamentales	10
1.1 Grandeurs thermodynamiques	10
1.2 Les équations de bilan dans les systèmes ouverts	11
2. Les diagrammes thermodynamiques	19
2.1 Le diagramme entropique (TS)	19
2.2 Le diagramme de Mollier (HS)	22
Chapitre II - LES MACHINES THERMIQUES À FLUIDE MOTEUR INERTE	24
1. Machines motrices	24
2. Machines réceptrices	26
Chapitre III - PROBLÈMES DE SYNTHÈSE ASSOCIÉS : THERMODYNAMIQUE GÉNÉRALE	28
1. Gaz parfaits et gaz réels	28
PROBLÈME n°1 (Propriétés générales)	28
PROBLÈME n°2 (Équation d'état)	29
PROBLEME n°3 (Valeurs corrigées)	31
2. Systèmes ouverts	32
PROBLEME n°4 (Modèle des chambres de combustion)	32
3. Tuyères	34
PROBLEME n°5 (Propriété générale)	34
PROBLEME n°6 (Calcul de $\Gamma = \frac{\partial h}{\partial u}_s$)	34
PROBLEME n°7 (Poussée d'un propulseur)	37
PROBLEME n°8 (Caractéristiques d'un accélérateur à poudre)	39
4. Diagrammes	40
PROBLEME n° 9 (Propriété générale du diagramme T-S)	40
PROBLEME n° 10 (Propriété générale du diagramme H-S)	41
PROBLEME n°11 (Utilisation du diagramme T-S)	43
PROBLEME n°12 (Evolutions complexes en diagramme T-S : liquéfaction de l'air par le procédé Claude)	45
PROBLEME n°13 (Evolutions complexes en diagramme T-S : liquéfaction de l'air par le procédé von Linde)	48
PROBLEME n°14 (Utilisation du diagramme H-S)	50
Chapitre IV - PROBLÈMES DE SYNTHÈSE ASSOCIÉS : MACHINES THERMIQUES	56
1. Machines motrices	56
PROBLÈME n°1 (Cycle de Hirm classique avec resurchauffe)	56

PROBLÈME n°2 (Cycle à prélèvements : le concept)	60
PROBLÈME n°3 (Cycle à prélèvements : calcul avec cogénération)	63
PROBLÈME n°4 (Modèle de turbine à gaz)	69
2. Machines réceptrices	73
PROBLÈME n° 5 (Machine frigorifique à compression étagée)	73
PROBLÈME n°6 (Couplage machine motrice-pompe à chaleur)	74
PROBLÈME n°7 (Calcul d'une pompe à chaleur)	82
PROBLÈME n°8 (Calcul d'un dispositif de climatisation à compression bi-étagée)	86
<u>ANNEXE</u> : DIAGRAMMES THERMODYNAMIQUES DES FLUIDES MOTEURS	91
<u>PARTIE B</u> - LES SYSTEMES PROPULSIFS AERONAUTIQUES	97
Chapitre V - LES SYSTEMES PROPULSIFS AEROBIES	98
1. Architecture générale	98
2. Les différentes configurations	100
2.1 Le turboréacteur	100
2.2 Le turboréacteur à double flux avec soufflante	100
2.3 Le statoréacteur	100
2.4 Le turbopropulseur	101
3. Caractérisation des organes	101
3.1 Entrée d'air	101
3.2 Compresseur	101
3.3 Chambre de combustion	101
3.4 Turbine	102
3.5 Tuyère	102
4. Technique de calcul	103
4.1 Notations	103
4.2 Analyse de cycle	103
4.3 Hypothèses de calcul	104
4.4 Détails de calcul par étape du fluide moteur	105
5. Rendement d'un propulseur	108
5.1 Rendement thermique	108
5.2 Rendement propulsif	108
5.3 Rendement global	109
Chapitre VI – LE TURBORÉACTEUR	110
1. Les différentes étapes de l'air	110
2. Analyse du cycle en fonctionnement réel	110
2.1 Expression générale de la poussée	110
2.2 Vitesse d'éjection	111
2.3 Nombre de Mach et pression à l'éjection	112
2.4 Température à l'éjection	112
2.5 Calcul de la dilution	113
2.6 Equilibre turbine-compresseur	113
2.7 Reformulation de la poussée spécifique	114
2.8 Consommation spécifique	114

2.9 Rendements thermique et propulsif	114
2.10 Résumé des données nécessaires au calcul	115
2.11 Cycle réel du turboréacteur	115
3. Analyse du cycle en fonctionnement idéal	116
3.1 Expression générale de la poussée spécifique	116
3.2 Vitesse d'éjection	117
3.3 Nombre de Mach et pression à l'éjection	117
3.4 Température à l'éjection	117
3.5 Calcul de la dilution	118
3.6 Equilibre turbine-compresseur	119
3.7 Reformulation de la poussée	119
3.8 Consommation spécifique	119
3.9 Rendements thermique et propulsif	119
3.10 Résumé des données nécessaires au calcul	120
Chapitre VII – - LE STATOREACTEUR	121
1. Présentation générale	121
2. Analyse du cycle	122
2.1 Expression générale de la poussée	122
2.2 Vitesse d'éjection	122
2.3 Nombre de Mach et pression à l'éjection	122
2.4 Température à l'éjection	123
2.5 Bilan énergétique dans la chambre	124
2.6 Equilibre turbine-compresseur	124
2.7 Reformulation de la poussée	125
2.8 Consommation spécifique	125
2.9 Rendements	125
2.10 Synthèse des données nécessaires au calcul	125
Chapitre VIII - PROBLÈMES DE SYNTHÈSE ASSOCIÉS	126
1. Le turboréacteur	126
PROBLÈME n°1 (Calcul d'un cycle de turboréacteur)	126
PROBLÈME n°2 (Cycle de turboréacteur en haute altitude)	131
PROBLEME n°3 (Comparaison entre cycle idéal et cycle réel)	133
2. Le statoréacteur	138
PROBLÈME n°4 (Régime optimal de vol d'un statoréacteur)	138
PROBLÈME n°5 (Cycle de statoréacteur en conditions réelles de fonctionnement)	140
PROBLÈME n°6 (Comparaison cycles de turboréacteur et statoréacteur en conditions idéales de fonctionnement)	145
PROBLÈME n°7 (Turbine à gaz)	148
<u>PARTIE C – LES MOTEURS ALTERNATIFS À COMBUSTION INTERNE</u>	<u>157</u>
Chapitre IX - CONFIGURATION GÉNÉRALE ET GRANDEURS	158
1. Principe de fonctionnement	158
1.1 Dimensions caractéristiques et relations	158
1.2 Cinématique de l'embellage	160
1.3 Influence des dimensions caractéristiques d'un moteur	161

2. Caractéristiques des moteurs	161
2.1 Le couple	161
2.2 Les forces d'inertie	162
2.3 Le couple total	162
2.4 Lissage du couple	163
2.5 La puissance	163
2.6 La charge d'un moteur	164
2.7 Grandeurs indiquées	164
2.8 Grandeurs effectives	166
2.9 Comparaison entre grandeurs effectives et grandeurs indiquées	167
2.10 Rendements du réservoir à la roue	167
2.11 Performances à pleine charge	169
2.12 Courbes d'iso-consommation spécifique et adaptation au véhicule	169
Chapitre X – MODÉLISATION	171
1. Approche thermodynamique mono-zone	171
2. Modèle de fluide	171
3. Cycle Beau de Rochas	171
3.1 Première étape: compression adiabatique réversible	172
3.2 Deuxième étape: apport de chaleur à volume constant	173
3.3 Troisième étape: détente adiabatique réversible	173
3.4 Quatrième étape: refroidissement isochore	174
3.5 Bilan des différentes étapes	174
4. Cycle Diesel	175
4.1 Première étape: compression adiabatique réversible	176
4.2 Deuxième étape: apport de chaleur à pression constante	177
4.3 Troisième étape: détente adiabatique réversible	177
4.4 Quatrième étape: refroidissement isochore	178
4.5 Bilan des différentes étapes	178
5. Comparaison entre cycle théorique et cycle réel	179
6. Cycle mixte (Sabathé)	180
6.1 Première étape: compression adiabatique réversible	181
6.2 Deuxième étape: apport de chaleur	181
6.3 Troisième étape: détente adiabatique réversible	183
6.4 Bilan des différentes étapes	183
7. Comparaison des cycles théoriques	184
7.1 Comparaison à rapport volumétrique ϵ constant et apport de chaleur constant	184
7.2 Comparaison à pression maximale constante et apport de chaleur constant	185
8. Cycle mixte (Vanné)	186
8.1 Caractéristiques	186
8.2 Cycle à détente prolongée	187
Chapitre XI- PROBLEMES DE SYNTHÈSE ASSOCIÉS	189
PROBLÈME n°1 (Détermination des caractéristiques d'un moteur 4 cylindres)	189

PROBLÈME n°2 (Caractéristiques générales et performances d'un moteur)	193
PROBLÈME n°3 (Cycle Beau de Rochas)	196
PROBLÈME n°4 (Caractéristiques générales et performances d'un moteur Diesel)	199
PROBLÈME n° 5 (Cycle Diesel)	202
PROBLÈME n°6 (Puissance et consommation spécifique d'un moteur)	206
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	208
<u>INDEX</u>	209