

Frédéric Ayela

Thermodynamique

Applications aux cycles moteurs
et récepteurs

Cours, exercices
et problèmes commentés



TABLE DES MATIÈRES

Chapitre 1 NOTIONS GÉNÉRALES	9
1. Force, puissance et énergie	9
2. Paramètres thermodynamiques	12
3. La pression	15
4. La température	17
5. Les différentes transformations thermodynamiques	20
6. Exercices du chapitre 1	24
Chapitre 2 ÉNERGIE THERMIQUE CALORIMÉTRIE.....	27
1. Énergie thermique (ou calorifique)	28
2. Transformation isochore	29
3. Transformation isobare	30
4. Capacité thermique – Source de chaleur	32
5. Calorimétrie.....	34
6. Puissance calorifique.....	35
7. Exercices du chapitre 2	36
Chapitre 3 LE MODÈLE DU GAZ PARFAIT	39
1. Les expériences de Boyle, Mariotte et Gay-Lussac	39
2. La loi des gaz parfaits	42
3. Énergie interne d'un gaz parfait	45
4. Mélange de gaz parfaits et pression partielle	46
5. Transformation adiabatique réversible d'un gaz parfait	47
6. Le diagramme P(V) de Clapeyron	49
7. Gaz parfait et gaz réel	53
8. Exercices du chapitre 3	54
Chapitre 4 ÉNERGIE MÉCANIQUE ET PREMIER PRINCIPE	
1 ^{ère} PARTIE : SYSTÈMES FERMÉS.....	63
1. Travail exercé par les forces extérieures	63

2. Représentation du travail sur un diagramme de Clapeyron P(V)	65
3. Premier principe de la thermodynamique et conséquences	66
4. Cas du gaz parfait	67
5. Exercices du chapitre 4	75
Chapitre 5 LE CYCLE DE CARNOT ET LES CYCLES MOTEURS	81
1. Le cycle de Carnot	81
2. Cycles moteurs quelconques	88
3. Le cycle de Stirling	89
4. Le cycle d'Ericsson	93
5. Le cycle de Joule-Brayton	94
6. Le cycle de Lenoir	97
7. Le cycle d'Otto-Beau de Rochas	99
8. Le cycle de Diesel	103
9. Exercices du chapitre 5	105
Chapitre 6 LE CYCLE DE CARNOT ET LE SECOND PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE	111
1. Le second principe	111
2. Retour sur le cycle de Carnot	111
3. L'entropie	114
4. Calculs de variations d'entropie pour des transformations monophasiques	117
5. Transformation réversible et transformation quasi statique	122
6. Diagramme entropique	124
7. Exercices du chapitre 6	128
Chapitre 7 MACHINES THERMIQUES 1 ^{ère} PARTIE	133
1. Cycles récepteurs	133
2. Cycle de Carnot récepteur	135
3. Exemple commenté d'un cycle récepteur	137
4. Conclusion	140
5. Exercices du chapitre 7	142

Chapitre 8 ÉNERGIE MÉCANIQUE ET PREMIER PRINCIPE	
2 nd e PARTIE : SYSTÈMES OUVERTS	147
1. La détente de Joule Thomson.....	147
2. Variation d'enthalpie d'un gaz parfait	149
3. Travail échangé avec un opérateur extérieur	150
4. Importance de la fonction enthalpie	153
5. Travail échangé avec un opérateur extérieur lors des transformations usuelles et cycliques ; cas du gaz parfait	154
6. Exemple.....	158
7. Turbines à gaz	159
8. Exercices du chapitre 8	166
Chapitre 9 CHANGEMENTS DE PHASE D'UN CORPS PUR	169
1. Définitions.....	169
2. Diagrammes d'équilibre.....	170
3. Chaleurs latentes de changement de phase	174
4. Relation de Clapeyron.....	174
5. Variation d'entropie au cours d'un changement de phase	176
6. Diagramme entropique diphasique	177
7. Des formules numériques utiles	178
8. Exercices commentés	180
9. Tableaux de données et leur utilisation.....	186
10. Exercices du chapitre 9	193
Chapitre 10 MACHINES THERMIQUES : 2 nd e PARTIE	203
1. Le cycle de Rankine	203
2. Le cycle de Hirn	210
3. Problème commenté : étude des cycles de Rankine et de Hirn parcourus par de l'eau.....	213
4. Variantes du cycle de Hirn : cycle à double surchauffe et cycle à soutirage.....	218
5. Diagramme de Mollier h(s).....	224

6. Cycle récepteur.....	225
7. Fluides frigorigènes.....	227
8. Diagramme de Mollier $\ln P(h)$	229
9. Exercice commenté : machine frigorifique avec échangeur	236
10. Pompe à chaleur	238
11. Machine frigorifique à absorption.....	238
12. Exercice commenté : machine frigorifique à absorption	241
13. Conclusion.....	243
14. Exercices du chapitre 10	243
ANNEXES.....	257
1. Rappels mathématiques.....	257
2. Tables des propriétés de l'eau	262
3. Diagrammes thermodynamiques.....	270
4. Réponses des exercices	277
BIBLIOGRAPHIE	289
INDEX.....	291