

mini Manuel

de

Thermodynamique

Jean-Noël Foussard
Stéphane Mathé



→ L1/L2

**Cours
+ EXOS**

DUNOD

Table des matières

1	Notions fondamentales	1
1.1	La thermodynamique	1
1.2	La notion de système	2
	Définition	2
	Les différents types de systèmes	3
	Description de l'état d'un système	5
	Homogénéité et hétérogénéité d'un système	9
1.3	Évolution d'un système	10
	État de repos et état d'équilibre d'un système	10
	La notion de transformation	11
1.4	Fonction d'état et grandeur de transformation	14
1.5	Les systèmes thermoélastiques physiques	16
	Équations d'état	17
	Les coefficients thermoélastiques	18
1.6	Le modèle du gaz parfait	18
	Approche expérimentale du gaz parfait	19
	Définition du gaz parfait	19
	Mélange de gaz parfaits	21
	Points clefs	26
	Exercices	27
	Solutions	28
2	Travail et chaleur	30
2.1	L'échange de travail avec l'extérieur	30
	Les travaux mécaniques	31
	Les autres travaux	35
2.2	L'échange de chaleur avec l'extérieur	36
	La notion de chaleur	36

provoquant une
livres et de
même pour
des œuvres
re éditer cor-
lui menacé.
enc que toute
lle ou totale,
lication est
orisation de
diteur ou du
xploitation du
0, rue des
aris).

es de l'article
ons strictement
ion collective »
it d'exemple et
partielle faite
ants cause est

soit, constitue-
et suivants du

L'échange de chaleur	37
Coefficients calorimétriques, capacités calorifiques	38
La notion de source thermique	42
Points clefs	43
Exercices	44
Solutions	45
3 Le premier principe	50
3.1 Le premier principe et l'énergie interne	50
Énoncé du premier principe	51
Premier principe et transformation ouverte	51
Conséquence du premier principe	51
L'énergie interne d'un système, fonction d'état	52
3.2 Application au gaz parfait	54
La loi de joule	55
Conséquences pour le gaz parfait	56
Points clefs	60
Exercices	62
Solutions	63
4 La fonction enthalpie	67
4.1 Cas des systèmes fermés	68
Intérêt de la fonction enthalpie	68
Cas d'un système thermoélastique physique homogène	68
Cas particulier du gaz parfait	69
4.2 Introduction aux systèmes ouverts	72
Bases de l'étude d'un écoulement	72
La notion de bilan	73
Le travail de transvasement	74
Le bilan énergétique	75
La détente de Joule et Thomson	78
Points clefs	82
Exercices	83
Solutions	85

37			
38			
42			
43			
44			
45			
50			
50			
51			
51			
51			
52			
54			
55			
56			
60			
62			
63			
67			
68			
68			
69			
72			
72			
73			
74			
75			
78			
82			
83			
85			
	5	Le deuxième principe	87
		5.1 Les insuffisances du premier principe	88
		Transformation cyclique monotherme	88
		La notion de qualité de l'énergie	89
		Le niveau de transfert de la chaleur	89
		5.2 Le deuxième principe	90
		Relation de définition de l'entropie	90
		Bilan entropique et deuxième principe	92
		Conséquences du deuxième principe	93
		Spontanéité d'une transformation	94
		5.3 Entropie et système thermoélastique	95
		L'équation fondamentale de Gibbs	95
		Entropie et variables d'état	96
		Qu'est ce que l'entropie ?	97
		5.4 Les fonctions dérivées de l'entropie	100
		Énergie libre et enthalpie libre	100
		Énergie libre par rapport à l'ambiance	102
		Enthalpie libre par rapport à l'ambiance	103
		Points clefs	105
		Exercices	107
		Solutions	108
	6	Grandeurs de réaction	110
		6.1 Notions préliminaires	110
		La notion d'équation bilan	111
		Conditions d'étude des échanges d'énergie	112
		La notion d'avancement de réaction	113
		Grandeurs de réaction	115
		6.2 Enthalpie et énergie interne de réaction	117
		Réactions isothermes et isobares	117
		Enthalpie de réaction et température	118
		Réactions isothermes et isochores	120
		Relation entre les deux grandeurs de réaction	121

6.3 Détermination des grandeurs de réaction	123
La notion d'état standard	123
La notion d'enthalpie standard de formation	125
Combinaison de réactions, la loi de Hess	125
Points clefs	132
Exercices	137
Solutions	139
7 Thermodynamique du corps pur	144
7.1 Notions de base sur le corps pur	144
Changements d'état d'un corps pur	145
Le phénomène de vaporisation	147
Le phénomène de l'ébullition	150
Enthalpie libre molaire d'un corps pur	151
Entropie absolue d'un corps pur	152
7.2 Aspect thermodynamique	155
Évolution et équilibre	155
La notion de variance	157
La relation fondamentale de Clapeyron	160
Représentation graphique	165
Les retards aux transitions de phase	168
Points clefs	170
Exercices	172
Solutions	173
8 Les fluides réels	177
8.1 Les isothermes d'Andrews	177
Évolution isotherme d'un fluide réel	177
La règle des moments	179
8.2 Équation d'état des fluides réels	181
L'équation de Van der Waals	181
L'équation de Redlich-Kwong	182
L'équation de Peng-Robinson	185
8.3 Calcul des fonctions thermodynamiques des fluides réels	188
La notion de grandeur résiduelle	189

123	Expression des grandeurs résiduelles	190
123	Équations d'état et grandeurs résiduelles	192
125	8.4 Les diagrammes thermodynamiques	193
125	Grandeurs relatives à un fluide homogène	193
132	Les diagrammes entropique et enthalpique	196
137	Points clefs	198
139	Exercices	200
144	Solutions	201
144	9 Les machines thermiques	208
145	9.1 Les différents types de machines dithermes	208
147	Les machines motrices	209
150	Les machines réceptrices	211
151	9.2 Étude des machines dithermes motrices	211
152	Machine motrice à combustion externe	211
155	La machine de référence de Carnot	213
155	Améliorations de la machine de Carnot	216
157	La notion de rendement isentropique	218
160	9.3 Étude des machines dithermes réceptrices	220
165	Points clefs	224
168	Exercice	225
170	Solution	227
172		
173		
177		
177		
177		
179		
181		
181		
182		
185		
des réels 188		
189		

MINI MANUEL

Jean-Noël FOUSSARD
Stéphane MATHÉ

Mini Manuel de Thermodynamique

Comment aller à l'essentiel, comprendre les méthodes et les raisonnements avant de les mettre en application ?

Conçus pour faciliter aussi bien l'apprentissage que la révision, les Mini Manuels proposent un **cours concis et richement illustré** pour vous accompagner jusqu'à l'examen. Des **exemples**, des **mis en garde**, des **méthodes** et des **exercices corrigés** complètent le cours.

Les auteurs pour faciliter ce premier contact avec la thermodynamique s'appuient sur des phénomènes concrets et familiers.

Ce Mini Manuel rassemble les connaissances essentielles à tout étudiant en L1/L2 (Sciences de la Vie, Sciences de la Matière ou Santé) qui veut comprendre et maîtriser les concepts fondamentaux de la thermodynamique.

Contenu :

- Travail et chaleur
- Premier et deuxième principes
- Fonction enthalpie
- Grandeurs de réaction
- Corps pur
- Fluides réels
- Machines thermiques



9 782100 529230

6676944

ISBN 978-2-10-052923-0

www.dunod.com

JEAN-NOËL FOUSSARD
Maître de conférences
à l'INSA de Toulouse.

STÉPHANE MATHÉ
Professeur agrégé
de chimie à l'INSA
de Toulouse.

Public :

- ◆ L1/L2
Sciences de la
Vie, Sciences
de la Matière
et Santé

