

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1 • INTRODUCTION À L'ÉNERGÉTIQUE ET AUX TRANSFERTS	1
1.1 Quelques définitions nécessaires	1
1.1.1 Le système étudié	1
1.1.2 L'énergie	3
1.1.3 La nécessaire complémentarité entre thermodynamique et thermique	6
1.2 La notion de température et la température d'un corps	7
1.2.1 L'équilibre thermique	7
1.2.2 L'étalonnage	8
1.3 Les chaleurs spécifiques	8
1.4 Le premier principe de la thermodynamique	10
1.4.1 Le système et les variables thermodynamiques associées	10
1.4.2 L'énergie interne	11
1.4.3 Énoncé du premier principe	11
1.4.4 Référence aux énergies mécaniques	12
1.5 Le changement de phase et le diagramme de phase	14
1.5.1 Diagramme d'équilibre	15
1.5.2 Chaleur latente de changement de phase	15
1.6 Quelques bases sur les différents modes de transfert thermique	16
1.6.1 Conduction	16
1.6.2 Convection	17
1.6.3 Rayonnement	17
1.6.4 Les principales notations et grandeurs du transfert thermique	17
1.6.5 Les problèmes les plus courants	18
1.6.6 La densité de flux	18
1.7 Quelques éléments sur le régime transitoire	19
1.7.1 Conduction en régime transitoire : méthode de la capacité thermique	19
Exercices	21
Solutions des exercices	24

Table des matières

CHAPITRE 2 • CONDUCTION DE LA CHALEUR	31
2.1 La conduction à l'échelle atomique	31
2.1.1 Structure des matériaux solides	31
2.1.2 Équilibre thermique et température dans les solides	33
2.1.3 Diffusion de la chaleur dans les structures solides	35
2.2 Modélisation de la diffusion	37
2.2.1 Loi de Fourier	37
2.2.2 Conductivité thermique	39
2.2.3 Lien entre chaleur spécifique et conductivité thermique	41
2.2.4 Expression de la loi de Fourier dans diverses configurations géométriques ..	42
2.3 La diffusivité thermique	43
2.3.1 Rappel sur la capacité thermique	43
2.3.2 La diffusivité thermique	44
2.4 Équation de diffusion de la chaleur	45
2.5 Notion de régime permanent et transitoire	47
2.6 Conditions initiales et conditions aux limites	49
2.6.1 Conditions initiales	49
2.6.2 Conditions aux limites en thermique	50
2.7 L'accommodation thermique	51
2.7.1 Nombre de Biot	51
2.7.2 Accommodation thermique partielle en géométrie variable	53
2.8 Transfert de chaleur aux interfaces solide - solide	54
2.9 Analogie électrique	56
2.10 Références	60
Exercices	61
Solutions des exercices	72
CHAPITRE 3 • TRANSFERT DE CHALEUR PAR CONVECTION	91
3.1 Introduction	91
3.1.1 Modélisation du transfert de chaleur par convection	92
3.2 Couches limites en transfert par convection	94
3.2.1 Couche limite hydrodynamique	95
3.2.2 Couche limite thermique	96

Table des matières

3.2.3	Écoulement laminaire et turbulent	97
3.3	Bilans de masse, de quantité de mouvement et de chaleur dans la couche limite	99
3.3.1	Bilan de masse	100
3.3.2	Bilan de quantité mouvement	101
3.3.3	Bilan thermique	102
3.4	Analyse Dimensionnelle — Principe de la méthode	103
3.5	Convection Forcée	105
3.5.1	Application de l’analyse dimensionnelle en convection forcée avec écoulement interne	105
3.5.2	Expressions du coefficient de convection h en convection forcée	109
3.6	Convection naturelle	114
3.6.1	Application de l’analyse dimensionnelle en convection naturelle	114
3.6.2	Régime turbulent en convection naturelle	116
3.6.3	Expressions du coefficient de convection h en convection naturelle	117
3.7	Méthodologie pour le calcul de transferts par convection en utilisant les corrélations expérimentales	121
3.8	Convection avec changement de phase	121
3.8.1	Convection lors de la condensation	121
3.8.2	Convection lors de l’ébullition	125
3.9	Références	129
	Exercices	129
	Solutions des exercices	135
	CHAPITRE 4 • RAYONNEMENT THERMIQUE	149
4.1	Le processus physique de rayonnement thermique	149
4.1.1	Démonstration de son existence à partir d’une expérience	149
4.1.2	Le spectre électromagnétique	151
4.1.3	Explication physique simple de l’interaction photon–atome	152
4.1.4	Les corps noirs	159
4.1.5	Loi de Planck	160
4.1.6	Les notions géométriques essentielles	162
4.2	Grandeurs physiques	164
4.2.1	Grandeurs liées à l’émission	164
4.2.2	Grandeurs liées au récepteur	165

Table des matières

4.3	Rayonnement des corps noirs	167
4.3.1	Luminance des corps noirs	167
4.3.2	Lois de Wien	170
4.3.3	Loi de Stefan–Boltzmann	171
4.3.4	Émission spectrale du corps noir	171
4.4	Rayonnement des corps réels	173
4.4.1	Émissivité des corps réels	173
4.4.2	Absorption, réflexion et transmission des corps réels	175
4.4.3	La loi de Kirchhoff	178
4.4.4	Les corps gris	179
4.5	Références	180
	Exercices	181
	Solutions des exercices	185
	CHAPITRE 5 • TRANSFERT PAR RAYONNEMENT ENTRE CORPS	195
5.1	Définitions des outils géométriques	195
5.1.1	Facteur de forme	195
5.1.2	Relation de réciprocité	198
5.1.3	Cas particulier de la cavité	199
5.1.4	Quelques valeurs du facteur de forme	201
5.2	Échanges radiatifs entre corps noirs	204
5.2.1	Échanges entre 2 corps noirs	204
5.2.2	Échanges entre corps noirs dans une cavité	205
5.3	Échanges entre corps gris dans une cavité	206
5.3.1	Expression du flux net échangé	206
5.3.2	Influence d’un milieu participatif	209
5.3.3	Utilisation de l’analogie électrique	210
5.3.4	Résolution numérique	213
5.3.5	Boucliers radiatifs	214
5.4	Références	215
	Exercices	216
	Solutions des exercices	220