

# Table des matières

Avant-propos	v
Les auteurs	vii
<b>Partie I Signaux physiques</b>	<b>1</b>
<b>1 Oscillateur harmonique</b>	<b>3</b>
I Introduction, définitions . . . . .	3
I.1 Exemple . . . . .	3
I.2 Caractérisation du mouvement . . . . .	3
II Oscillateur harmonique masse-ressort . . . . .	5
II.1 Loi de Hooke . . . . .	6
II.2 Mise en équation de l'oscillateur . . . . .	8
II.3 Résolution de l'équation différentielle . . . . .	10
II.4 Conservation de l'énergie . . . . .	10
III Exercices . . . . .	12
<b>2 Propagation d'un signal</b>	<b>13</b>
I Quelques définitions . . . . .	13
II Propriétés générales des ondes mécaniques . . . . .	14
II.1 Direction de propagation . . . . .	14
II.2 Propriété d'une onde progressive monodimensionnelle . . . . .	15
II.3 Superposition de deux ondes progressives . . . . .	18
III Ondes sinusoïdales progressives . . . . .	19
III.1 Propriétés générales . . . . .	19
III.2 Double périodicité . . . . .	19
IV Interférences à deux ondes . . . . .	21
IV.1 Front d'onde - Onde plane . . . . .	21
IV.2 Interférences . . . . .	22
V Ondes stationnaires . . . . .	27
V.1 Réflexion d'une onde progressive . . . . .	27
V.2 Conditions aux limites : onde stationnaire . . . . .	28
V.3 Corde fixée à ses deux extrémités : modes de vibration . . . . .	29
VI Diffraction d'une onde . . . . .	32
VI.1 Phénomène de diffraction . . . . .	32
VI.2 Fentes de Young en lumière monochromatique . . . . .	34
VII Exercices . . . . .	38

<b>3</b>	<b>Optique géométrique</b>	<b>43</b>
I	Cadre de l'étude . . . . .	43
I.1	Onde lumineuse . . . . .	43
I.2	Approximation de l'optique géométrique, rayon lumineux . . . . .	45
I.3	Sources de lumière . . . . .	46
II	Lois de Snell-Descartes . . . . .	49
II.1	Réflexion . . . . .	49
II.2	Réfraction . . . . .	50
II.3	Conséquences immédiates . . . . .	52
III	Formation des images ; conditions de Gauss . . . . .	54
III.1	Stigmatisme rigoureux . . . . .	54
III.2	Objet et image ; nature réelle ou virtuelle . . . . .	55
III.3	Stigmatisme approché des systèmes centrés, aplanétisme . . . . .	57
III.4	Aberrations . . . . .	58
IV	Lentilles minces . . . . .	60
IV.1	Définitions . . . . .	60
IV.2	Relations de conjugaison, grandissements . . . . .	62
IV.3	Constructions géométriques pour les lentilles . . . . .	63
IV.4	Correspondance objet-image . . . . .	66
IV.5	Présentation rudimentaire du fonctionnement de l'œil . . . . .	70
IV.6	Quelques notions sur l'appareil photographique . . . . .	71
V	Exercices . . . . .	72
<b>4</b>	<b>Introduction au monde quantique</b>	<b>83</b>
I	Physique classique et physique quantique . . . . .	83
II	L'effet photoélectrique . . . . .	86
II.1	Description de l'expérience . . . . .	86
II.2	Face à l'expérience . . . . .	87
II.3	Les incohérences de l'interprétation classique . . . . .	88
II.4	L'hypothèse d'Einstein sur la quantification du rayonnement . . . . .	88
II.5	La nature singulière du photon . . . . .	89
III	Expériences à une particule . . . . .	92
III.1	Les outils d'observation . . . . .	92
III.2	Expériences préliminaires . . . . .	92
III.3	Expériences interférométriques . . . . .	94
III.4	Un début de modèle mathématique . . . . .	97
IV	Inégalités de Heisenberg spatiales . . . . .	100
IV.1	Dispositif des trous de Young . . . . .	100
IV.2	Principe d'indétermination de Heisenberg . . . . .	102
IV.3	Application à l'oscillateur harmonique quantique . . . . .	104
V	Confinement d'une particule libre . . . . .	106
V.1	Étude d'une particule libre . . . . .	106
V.2	Confinement de la particule . . . . .	107
VI	Exercices . . . . .	109
<b>5</b>	<b>Circuits électriques dans l'ARQS</b>	<b>111</b>
I	Courant électrique . . . . .	111
I.1	Courant électrique et porteurs de charges . . . . .	111
I.2	Intensité du courant électrique . . . . .	112
II	Tension et potentiel . . . . .	113

III	Lois de Kirchhoff, ARQS . . . . .	114
III.1	Réseau . . . . .	114
III.2	Loi des nœuds, ARQS . . . . .	115
III.3	Loi des mailles . . . . .	117
IV	Puissance et conventions pour les dipôles . . . . .	118
IV.1	Puissance reçue - Convention récepteur . . . . .	118
IV.2	Convention générateur . . . . .	119
V	Dipôles linéaires classiques . . . . .	119
V.1	Résistance . . . . .	120
V.2	Condensateur . . . . .	121
V.3	Bobine . . . . .	123
VI	Association de résistances . . . . .	124
VI.1	Lois d'associations de résistances . . . . .	124
VI.2	Diviseurs de tension et de courant . . . . .	126
VII	Modélisation linéaire d'une source . . . . .	128
VII.1	Sources idéales de tension et de courant . . . . .	128
VII.2	Sources réelles de tension et de courant . . . . .	129
VII.3	Représentation équivalente de Thévenin . . . . .	130
VIII	Point de fonctionnement . . . . .	132
VIII.1	Caractéristique courant-tension d'un dipôle . . . . .	132
VIII.2	Dipôles symétriques et polarisés . . . . .	133
VIII.3	Point de fonctionnement d'un dipôle non linéaire . . . . .	133
IX	Exercices . . . . .	134
<b>6</b>	<b>Circuit linéaire du premier ordre</b>	<b>139</b>
I	Échelon de tension, notion de régime transitoire . . . . .	139
I.1	Définition d'un échelon . . . . .	139
I.2	Étude qualitative de deux circuits . . . . .	139
II	Étude analytique du circuit $RC$ . . . . .	142
II.1	Tension aux bornes du condensateur . . . . .	142
II.2	Courant électrique dans le circuit . . . . .	143
II.3	Bilan énergétique . . . . .	144
III	Étude analytique du circuit $RL$ . . . . .	146
III.1	Tension aux bornes de la bobine et courant . . . . .	146
III.2	Aspects énergétiques . . . . .	147
IV	Exercices . . . . .	148
<b>7</b>	<b>Oscillateurs amortis</b>	<b>151</b>
I	Régime transitoire d'un oscillateur amorti . . . . .	151
I.1	Analogies entre oscillateurs électrique et mécanique . . . . .	151
I.2	Régime libre d'un oscillateur amorti . . . . .	155
I.3	Étude analytique d'un oscillateur soumis à un échelon . . . . .	158
II	Régime sinusoïdal forcé, impédances complexes . . . . .	164
II.1	Signaux sinusoïdaux . . . . .	164
II.2	Représentation de Fresnel . . . . .	168
II.3	Représentation complexe . . . . .	170
II.4	Impédance et admittance complexes . . . . .	172

III	Excitation sinusoïdale d'un oscillateur . . . . .	176
III.1	Présentation . . . . .	176
III.2	Résonance en tension . . . . .	177
III.3	Résonance en intensité . . . . .	181
III.4	Étude de la phase . . . . .	184
IV	Exercices . . . . .	185
<b>8</b>	<b>Filtrage linéaire</b> . . . . .	<b>195</b>
I	Signaux périodiques . . . . .	195
I.1	Décomposition en série de Fourier . . . . .	195
I.2	Analyse harmonique - Spectre . . . . .	198
II	Quadripôle linéaire, filtrage . . . . .	200
II.1	Fonction de transfert d'un quadripôle linéaire . . . . .	200
II.2	Modélisation de l'entrée et de la sortie d'un quadripôle . . . . .	202
II.3	Filtres linéaires . . . . .	204
III	Filtres linéaires passifs d'ordres un et deux . . . . .	209
III.1	Filtre passe-bas d'ordre un . . . . .	210
III.2	Filtre passe-haut d'ordre un . . . . .	212
III.3	Filtre passe-bas d'ordre deux . . . . .	214
III.4	Filtre passe-bande . . . . .	216
IV	Filtrage d'un signal périodique . . . . .	220
IV.1	Principe . . . . .	220
IV.2	Exemple du filtrage d'un signal créneau pour obtenir une tension continue de valeur variable . . . . .	221
IV.3	Illustrations . . . . .	223
V	Exercices . . . . .	224
	<b>Formulaire sur les signaux</b> . . . . .	<b>229</b>
	<b>Partie II Mécanique</b> . . . . .	<b>241</b>
<b>9</b>	<b>Cinématique du point et du solide indéformable</b> . . . . .	<b>243</b>
I	Mouvement d'un point dans un référentiel . . . . .	243
I.1	Instant d'un événement . . . . .	243
I.2	Repérage d'un point . . . . .	244
I.3	Lois horaires et trajectoire . . . . .	245
I.4	Relativité du mouvement . . . . .	246
I.5	Repérages classiques - Approche constructive du vecteur vitesse . . . . .	247
II	Vecteurs vitesse et accélération . . . . .	253
II.1	Dérivation temporelle d'un vecteur . . . . .	253
II.2	Définition du vecteur vitesse . . . . .	256
II.3	Définition du vecteur accélération . . . . .	257
III	Exemples de mouvements simples . . . . .	259
III.1	Mouvement rectiligne d'un point . . . . .	260
III.2	Mouvement d'un point soumis à accélération constante . . . . .	260
III.3	Mouvement de translation d'un solide . . . . .	262
III.4	Mouvement circulaire d'un point . . . . .	263
III.5	Mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe . . . . .	265
IV	Exercices . . . . .	266

<b>10</b>	<b>Dynamique du point</b>	<b>271</b>
I	Lois de Newton . . . . .	271
I.1	Principe d'inertie . . . . .	271
I.2	Principe fondamental de la dynamique . . . . .	273
I.3	Principe des actions réciproques . . . . .	274
II	Lois de force . . . . .	274
II.1	Lois d'interaction . . . . .	274
II.2	Forces de gravitation . . . . .	275
II.3	Forces élastiques . . . . .	279
II.4	Liaisons et frottements . . . . .	282
II.5	Forces électromagnétiques . . . . .	285
III	Exercices . . . . .	286
<b>11</b>	<b>Travail, puissance et énergie</b>	<b>291</b>
I	Puissance et travail . . . . .	292
I.1	Puissance . . . . .	292
I.2	Travail . . . . .	293
II	Théorème de l'énergie cinétique . . . . .	294
II.1	Théorème de la puissance cinétique . . . . .	294
II.2	Théorème de l'énergie cinétique . . . . .	295
III	Énergie mécanique . . . . .	296
III.1	Forces conservatives . . . . .	296
III.2	Théorème de l'énergie mécanique . . . . .	298
III.3	Exemples de forces conservatives . . . . .	300
IV	Mouvements unidimensionnels . . . . .	302
IV.1	Définition et exemples . . . . .	302
IV.2	Équilibre d'un système conservatif unidimensionnel . . . . .	303
IV.3	Mouvement autour d'un équilibre . . . . .	305
V	Exercices . . . . .	308
<b>12</b>	<b>Particules chargées dans des champs électrique et magnétique</b>	<b>313</b>
I	Force de Lorentz . . . . .	313
I.1	Force électrique . . . . .	313
I.2	Force magnétique . . . . .	314
I.3	Force électromagnétique de Lorentz . . . . .	314
I.4	Force électromagnétique <i>vs</i> poids . . . . .	315
I.5	Puissance et travail de la force de Lorentz . . . . .	316
II	Particule chargée dans un champ électrique uniforme et permanent . . . . .	317
II.1	Étude du mouvement . . . . .	317
II.2	Utilisation pratique des champs électrostatiques . . . . .	319
III	Particule dans un champ magnétique uniforme . . . . .	324
III.1	Étude du mouvement . . . . .	324
III.2	Applications physiques des champs magnétiques uniformes . . . . .	326
IV	Exercices . . . . .	329

<b>13 Moment cinétique et applications</b>	<b>335</b>
I Théorème du moment cinétique . . . . .	335
I.1 Notion de moment . . . . .	335
I.2 Théorème du moment cinétique . . . . .	339
I.3 Applications . . . . .	340
II Mouvements à force centrale . . . . .	342
II.1 Forces centrales . . . . .	342
II.2 Propriétés des mouvements à force centrale . . . . .	343
III Forces centrales conservatives . . . . .	345
III.1 Force centrale et énergie potentielle . . . . .	345
III.2 Mouvements et forces centrales conservatives . . . . .	347
IV Trajectoires dans un champ newtonien . . . . .	349
IV.1 Définition et exemples . . . . .	350
IV.2 Point soumis à une force newtonienne attractive, cas d'une trajectoire circulaire . . . . .	351
IV.3 Lois de Kepler . . . . .	354
IV.4 Trajectoire elliptique en astronomie . . . . .	356
V Moment cinétique d'un système de points . . . . .	357
V.1 Moment cinétique par rapport à un point . . . . .	357
V.2 Théorèmes du moment cinétique d'un système de points . . . . .	358
V.3 Notion de couple . . . . .	361
V.4 Cas d'un solide indéformable . . . . .	362
VI Exercices . . . . .	367
<b>Formulaire de mécanique</b>	<b>373</b>
<b>Partie III Thermodynamique</b>	<b>377</b>
<b>14 Description d'un système à l'équilibre</b>	<b>379</b>
I Les différentes échelles de description . . . . .	379
I.1 Échelle microscopique, libre parcours moyen . . . . .	379
I.2 Échelle macroscopique . . . . .	380
I.3 Échelle mésoscopique . . . . .	380
II Théorie cinétique du gaz parfait . . . . .	380
II.1 Distribution des vitesses moléculaires d'un gaz . . . . .	381
II.2 Pression cinétique . . . . .	382
II.3 Température cinétique . . . . .	384
III Description d'un système thermodynamique . . . . .	385
III.1 Système thermodynamique . . . . .	385
III.2 Grandeur extensive, grandeur intensive . . . . .	386
III.3 Construction d'une grandeur intensive . . . . .	387
III.4 Bilan d'une grandeur extensive . . . . .	388
IV Équation d'état . . . . .	390
IV.1 Équation d'état d'un fluide homogène . . . . .	390
IV.2 Exemple du gaz parfait . . . . .	390
IV.3 Exemple d'une phase condensée indilatable et incompressible . . . . .	391

V	Énergie interne d'un système . . . . .	391
	V.1 Définition . . . . .	391
	V.2 Cas du gaz parfait monoatomique . . . . .	392
	V.3 Cas d'une phase condensée indilatable et incompressible . . . . .	395
VI	Les fluides réels . . . . .	396
	VI.1 Approximation des phases condensées peu compressibles et peu dilatables . . . . .	396
	VI.2 Du gaz réel au gaz parfait . . . . .	398
VII	Corps pur diphasé en équilibre . . . . .	399
	VII.1 Corps pur sous plusieurs phases . . . . .	399
	VII.2 Les états de la matière . . . . .	399
	VII.3 Diagramme de phases $(p, T)$ . . . . .	400
	VII.4 Cas de l'équilibre liquide-vapeur . . . . .	403
VIII	Équilibre liquide-vapeur de l'eau en présence d'une atmosphère inerte	410
IX	Exercices . . . . .	415
<b>15</b>	<b>Échanges d'énergie au cours d'une transformation</b>	<b>421</b>
I	Transformation thermodynamique subie par un système . . . . .	421
	I.1 Introduction . . . . .	421
	I.2 Détermination de l'état d'équilibre final . . . . .	423
	I.3 Quelques transformations particulières . . . . .	424
II	Échange d'énergie mécanique avec l'extérieur : travail des forces de pression . . . . .	425
	II.1 Travail mécanique . . . . .	425
	II.2 Travail des forces de pression lors d'une évolution élémentaire . . . . .	425
	II.3 Travail des forces de pression lors d'une évolution non élémentaire : cas particuliers . . . . .	427
	II.4 Principe du calcul du travail pour une transformation quasi stationnaire . . . . .	428
	II.5 Lien avec le diagramme de Clapeyron . . . . .	431
	II.6 Cas d'une transformation cyclique . . . . .	432
III	Échange thermique d'énergie avec l'extérieur : transfert thermique . . . . .	434
	III.1 Notion de transfert thermique . . . . .	434
	III.2 Les différents types de transferts thermiques . . . . .	435
	III.3 Transformation adiabatique . . . . .	436
	III.4 Thermostat . . . . .	436
	III.5 Transformation monotherme . . . . .	438
	III.6 Transformation isotherme . . . . .	438
IV	Exercices . . . . .	439
<b>16</b>	<b>Premier principe. Bilans d'énergie</b>	<b>443</b>
I	Le premier principe de la thermodynamique . . . . .	443
	I.1 Conservation de l'énergie . . . . .	443
	I.2 Énoncé du premier principe . . . . .	444

II	Enthalpie d'un système . . . . .	452
II.1	Définition . . . . .	452
II.2	Cas du gaz parfait . . . . .	452
II.3	Cas d'une phase condensée incompressible et indilatable . . . . .	452
II.4	Capacité thermique à pression constante . . . . .	453
II.5	Cas particulier du premier principe : bilan d'enthalpie pour une transformation monobare . . . . .	455
III	Étude de détente de gaz . . . . .	456
III.1	Détente de Joule et Gay-Lussac . . . . .	456
III.2	Détente de Joule-Thomson . . . . .	458
IV	Application aux transitions de phase . . . . .	462
IV.1	Enthalpie associée à une transition de phase . . . . .	462
IV.2	Bilans énergétiques en présence de transitions de phases . . . . .	465
V	Calorimétrie . . . . .	468
V.1	Mesure de la capacité thermique d'un solide : méthode des mélanges . . . . .	469
V.2	Mesure de la capacité thermique d'un liquide : méthode électrique . . . . .	471
VI	Exercices . . . . .	471
<b>17</b>	<b>Deuxième principe. Bilans d'entropie</b>	<b>475</b>
I	Le deuxième principe de la thermodynamique . . . . .	475
I.1	Insuffisance du premier principe . . . . .	475
I.2	Énoncé du deuxième principe . . . . .	477
II	Interprétation statistique de l'entropie . . . . .	480
III	Bilan d'entropie . . . . .	484
III.1	Terme d'échange d'entropie . . . . .	484
III.2	Variation d'entropie d'un système . . . . .	484
III.3	Exemples . . . . .	490
IV	Loi de Laplace . . . . .	494
V	Cas particulier d'une transition de phase . . . . .	497
VI	Exercices . . . . .	500
<b>18</b>	<b>Machines thermiques</b>	<b>505</b>
I	Machines thermiques . . . . .	505
I.1	Machines thermiques cycliques . . . . .	505
I.2	Irréversibilité et inégalité de Clausius . . . . .	505
II	Machines thermiques cycliques dithermes . . . . .	507
II.1	Moteur cyclique ditherme . . . . .	507
II.2	Réfrigérateur . . . . .	509
II.3	Pompe à chaleur . . . . .	511
II.4	Rendement et efficacité . . . . .	512
III	Évolutions dans une machine réelle : modélisation du moteur à combustion interne . . . . .	513
IV	Machines thermiques à écoulement de fluide permanent . . . . .	516
IV.1	Premier principe de la thermodynamique pour un écoulement permanent . . . . .	516
IV.2	Diagrammes thermodynamiques . . . . .	521
V	Exercices . . . . .	523
VI	Problèmes . . . . .	525



<b>19 Statique des fluides (PCSI)</b>	<b>535</b>
I Modèle du milieu continu . . . . .	535
I.1 Les différentes échelles de description d'un fluide . . . . .	535
I.2 Pression dans un fluide . . . . .	536
I.3 Champs de grandeurs intensives locales . . . . .	537
II Statique des fluides dans le champ de pesanteur uniforme . . . . .	537
II.1 Champ de pression dans un liquide (hydrostatique) . . . . .	539
II.2 Modèle isotherme de l'atmosphère . . . . .	541
III Le facteur de Boltzmann . . . . .	545
III.1 Construction du facteur de Boltzmann . . . . .	545
III.2 Utilisation du facteur de Boltzmann . . . . .	546
IV Actions de pression . . . . .	547
IV.1 Résultante d'actions de pression . . . . .	547
IV.2 Poussée d'Archimède . . . . .	549
V Équation locale de la statique des fluides . . . . .	551
V.1 Équivalent volumique des actions de pression . . . . .	551
V.2 Relation fondamentale de la statique des fluides . . . . .	553
VI Exercices . . . . .	554
<b>Formulaire de thermodynamique</b>	<b>559</b>
<b>Partie IV Induction et forces de Laplace</b>	<b>565</b>
<b>20 Le champ magnétique</b>	<b>567</b>
I Sources et cartes du champ magnétique . . . . .	567
I.1 Aimant droit . . . . .	567
I.2 Champs magnétiques créés par des courants . . . . .	569
II Intensité du champ magnétique . . . . .	570
II.1 Lien entre intensité et carte du champ magnétique . . . . .	571
II.2 Lien entre courant et champ magnétique . . . . .	572
II.3 Principe de superposition des champs magnétiques . . . . .	574
III Moment magnétique . . . . .	575
IV Exercices . . . . .	578
<b>21 Actions d'un champ magnétique</b>	<b>579</b>
I Forces de Laplace . . . . .	579
II Actions de Laplace sur une spire ou un aimant . . . . .	582
III Effet moteur d'un champ magnétique tournant . . . . .	585
IV Exercices . . . . .	586
<b>22 Lois de l'induction</b>	<b>591</b>
I Aspect expérimental de l'induction . . . . .	591
II Formalisation des lois de l'induction . . . . .	591
III Exercices . . . . .	594

<b>23 Circuit fixe dans un champ magnétique dépendant du temps</b>	<b>597</b>
I Phénomène d'auto-induction . . . . .	597
I.1 Flux propre et inductance propre . . . . .	597
I.2 Auto-induction et loi de modulation de Lenz . . . . .	601
I.3 Aspect énergétique de l'auto-induction . . . . .	602
II Bobines en interaction . . . . .	604
II.1 Inductance mutuelle entre deux bobines . . . . .	604
II.2 Circuits couplés par induction mutuelle . . . . .	605
II.3 Exemples d'applications des circuits couplés . . . . .	606
II.4 Bilan énergétique pour deux circuits couplés . . . . .	607
II.5 Transformateur de tension . . . . .	608
III Exercices . . . . .	610
<b>24 Circuit mobile dans un champ magnétique stationnaire</b>	<b>613</b>
I Conversion de puissance mécanique en puissance électrique . . . . .	613
I.1 Dispositif des rails de Laplace . . . . .	613
I.2 Freinage électromagnétique . . . . .	617
I.3 Circuit en rotation dans un champ magnétique uniforme . . . . .	619
II Conversion de puissance électrique en puissance mécanique . . . . .	621
II.1 Moteur à courant continu à entrefer plan . . . . .	621
II.2 Haut-parleur électrodynamique . . . . .	623
III Exercices . . . . .	625
<b>Formulaire sur l'induction</b>	<b>629</b>
<b>Annexes</b>	<b>631</b>
<b>A Mesures et incertitudes</b>	<b>631</b>
I Mesure physique et erreurs . . . . .	631
I.1 Variabilité des mesures . . . . .	631
I.2 Erreur systématique . . . . .	632
I.3 Valeur vraie, erreur aléatoire . . . . .	632
I.4 Fidélité et justesse . . . . .	633
I.5 Évaluation de l'incertitude, incertitude type . . . . .	633
II Évaluation de type A de l'incertitude . . . . .	634
II.1 Généralités . . . . .	634
II.2 Lois de distribution . . . . .	636
II.3 Intervalle de confiance . . . . .	637
III Évaluation de type B de l'incertitude . . . . .	639
III.1 Informations constructeur . . . . .	639
III.2 Encadrement expérimental . . . . .	640
IV Incertitude type composée . . . . .	640
IV.1 Propagation des erreurs . . . . .	640
IV.2 Exemples . . . . .	641
IV.3 Intervalle de confiance . . . . .	642
V Régression linéaire, moindres carrés . . . . .	642
V.1 Détermination graphique . . . . .	643
V.2 Méthode des moindres carrés . . . . .	643

<b>B</b>	<b>Résolution des équations différentielles</b>	<b>645</b>
I	Équations différentielles homogènes . . . . .	645
I.1	Équation différentielle homogène du premier ordre . . . . .	645
I.2	Équation différentielle homogène du deuxième ordre . . . . .	646
II	Commentaires . . . . .	648
II.1	Forme canonique . . . . .	648
II.2	Linéarité . . . . .	648
II.3	Stabilité . . . . .	648
III	Filtre . . . . .	649
III.1	Définitions . . . . .	649
III.2	Conséquences . . . . .	649
III.3	Fonction de transfert . . . . .	649
<b>C</b>	<b>Système international d'unités de mesure</b>	<b>651</b>
I	Unités de base . . . . .	651
II	Unités dérivées cohérentes . . . . .	652
	 <b>Partie V Solutions des exercices</b>	 <b>655</b>
	 <b>Index</b>	 <b>795</b>