

Table des matières

Avant-propos v

Les auteurs vii

Liste des encadrés xiii

1 Mécanique	1
1.1. Lois de composition des vitesses et accélérations	1
1.2. Pendule simple dans un ascenseur	4
1.3. Pendule simple dans un véhicule accéléré	7
1.4. Mouvement d'un anneau sur une tige en rotation	10
1.5. Satellite dans la soute d'une navette	13
1.6. Chute libre dans le référentiel terrestre	18
1.7. Jour solaire et jour sidéral	20
1.8. Champs de pesanteur et de gravitation terrestres	22
1.9. Variation relative de la pesanteur avec l'altitude	25
1.10. Recul d'un canon	26
1.11. Glissement d'un pavé sur un plan incliné	30
2 Transfert thermique	35
2.1. Diffusion thermique dans une barre	35
2.2. Double vitrage	39
2.3. Température du corps humain en plongée	42
2.4. Transfert thermique dans un cylindre creux	45
2.5. Température dans la Terre	47
2.6. Ondes thermiques dans le sol	50
2.7. Coulée de lave	55
3 Systèmes ouverts	59
3.1. Premier principe industriel	59
3.2. Écoulement supersonique	64
3.3. Deuxième principe pour un écoulement	68
3.4. Détente de Joule-Thomson	69

4	Électromagnétisme en régime stationnaire	75
4.1.	Champ créé par un noyau	75
4.2.	Boule uniformément chargée	77
4.3.	Potentiel de Yukawa	79
4.4.	Champ créé par un plan infini chargé	81
4.5.	Champ dans une cavité	84
4.6.	Étude d'une couronne sphérique	86
4.7.	Écrantage de Debye	89
4.8.	Condensateur plan	91
4.9.	Énergie électrostatique	95
4.10.	Condensateur cylindrique	96
4.11.	Dipôle électrostatique	98
4.12.	Vitesse moyenne des électrons dans un fil	102
4.13.	Champ magnétique créé par une nappe de courant	103
4.14.	Champ magnétique dans un câble coaxial	106
4.15.	Supraconductivité – Effet Meissner	109
4.16.	Conductivité électrique – Loi d'Ohm locale	112
4.17.	Résistance électrique d'un câble	114
4.18.	Conductivité électrique et salinité	116
4.19.	Magnétorésistance (effet Corbino)	118
4.20.	Effet Joule	120
4.21.	Bilan énergétique sur un fil électrique	121
5	Électromagnétisme en régime variable	123
5.1.	Courants de conduction et de déplacement	123
5.2.	Neutralité électrique des métaux	123
5.3.	Courant de déplacement	126
5.4.	Énergie dans un solénoïde – Vecteur de Poynting	128
5.5.	Énergie dans un condensateur – Vecteur de Poynting	131
5.6.	Disque dans un solénoïde	134
5.7.	Plaque de cuisson à induction	136
5.8.	Bloc métallique dans un champ magnétique	139
5.9.	Effet de peau dans un câble électrique	141
6	Ondes	145
6.1.	Onde dans un câble coaxial (aspect ligne)	145
6.2.	OPPM dans le vide illimité	149
6.3.	Onde dans un métal	152
6.4.	Onde dans un câble coaxial (aspect champ)	156
6.5.	Système GPS et ionosphère	159
6.6.	Onde hertzienne dans l'eau de mer	162
6.7.	Guide d'onde rectangulaire	164
6.8.	Onde stationnaire dans une cavité cubique	167
6.9.	Loi de Stefan	170
6.10.	Réflexion sur un métal parfait	172
7	Physique quantique	175
7.1.	Expérience de Carnal et Mlynek (1991)	175
7.2.	Théorème d'équipartition du point de vue quantique	178
7.3.	Quantification ou continuum d'énergie ?	180

7.4. Mesure de la vitesse des atomes par effet Doppler	183
7.5. Puits localisé	185
7.6. Effet tunnel	188
8 Physique statistique	195
8.1. Échelles de la physique statistique	195
8.2. Séparation isotopique par centrifugation	198
8.3. Expérience de Jean Perrin (1909)	201
8.4. Modèle microscopique de l'évaporation	205
8.5. Équilibre de rayonnement	208
8.6. Expérience de Kappler (1931)	210
8.7. Loi de Dulong et Petit	213
9 Optique	217
9.1. Détermination d'une différence de chemin optique	217
9.2. Théorème de Malus et principe de retour inverse	218
9.3. Formule de Fresnel et contraste	220
9.4. Interfrange	222
9.5. Mesure de l'indice d'un gaz	224
9.6. Trous de Young et source en dehors de l'axe	225
9.7. Observation de deux étoiles par interférométrie	227
9.8. Élargissement spatial de la source	229
9.9. Trous de Young et lentille d'observation à l'infini	231
9.10. Réseau de fentes de Young	232
9.11. Capacité de stockage d'un disque compact	237
9.12. Interféromètre en lame d'air à faces parallèles	238
9.13. Rayon des franges d'égale inclinaison	241
9.14. Différence de marche dans le cas d'une lame de verre	243
9.15. Interfrange dans le cas d'un coin d'air	244
9.16. Spectre cannelé	246
9.17. Épaisseur d'une lame de verre	246
9.18. Écart de longueur d'onde du doublet du sodium	248
9.19. Largeur spectrale d'un filtre	250
10 Exercices ouverts	253
10.1. Interféromètre de Michelson – Anneaux visibles	253
10.2. Détermination du doublet jaune du mercure	255
10.3. Estimation du nombre d'Avogadro	257
10.4. Frottement de rayonnement	259
10.5. Temps de chute de deux plaques	261
10.6. Mesure de température – Évaluations d'incertitudes	265
10.7. Analyse avancée d'incertitudes expérimentales	272

Annexe A	Analyse vectorielle	275
I	Opérateurs	275
I.1	Coordonnées cartésiennes	275
I.2	Coordonnées cylindriques	275
I.3	Coordonnées sphériques	276
II	Identités vectorielles	276
III	Formules intégrales	276
IV	Double produit vectoriel	277
V	Le symbole nabla	277
Annexe B	Analyse d'ordres de grandeur	279
Index		281