

# TABLE DES MATIERES

<b>Introduction</b> .....	5
<b>Chapitre I - Variables aléatoires</b> .....	7
I.1. Fluctuations de la somme de plusieurs variables aléatoires.....	7
I.2. Loi binomiale .....	8
I.3. Loi binomiale et loi de Poisson .....	11
I.4. Source radioactive .....	12
I.5. Approche de la distribution gaussienne à partir de la loi de Poisson .....	13
I.6. Marche aléatoire à deux dimensions.....	15
I.7. Population bactérienne dans un milieu biologique.....	15
I.8. Marche aléatoire à une dimension (sauts d'égale longueur).....	17
I.9. Marche aléatoire à une dimension (cas continu).....	20
I.10. Marche aléatoire à une dimension (cas général) - Théorème central.....	22
I.11. Résonance d'une molécule d'eau.....	24
<b>Chapitre II - Dynamique analytique - Espace des phases</b> .....	27
II.1. Théorème du Viriel .....	27
II.2. Crochets de Poisson .....	29
II.3. Modes de vibration d'une molécule triatomique rectangulaire .....	31
II.4. Oscillateurs classiques et théorème de Liouville.....	36
II.5. Equation de transport de Boltzmann .....	38
<b>Chapitre III - Thermodynamique - Premier et second principes</b> .....	41
III.1. Gaz parfait bidimensionnel.....	41
III.2. Transformation polytropicque .....	43
III.3. Variation d'entropie de l'Univers dans un processus irréversible.....	45
III.4. Appareil à air conditionné.....	48
III.5. Chaleur de vaporisation de la glace.....	49
III.6. Liquéfaction de l'Hélium par un processus adiabatique .....	50
III.7. Travail pour liquéfier l'Hélium avec un cycle de Carnot.....	52

III.8. Propriétés thermodynamiques d'un sel paramagnétique.....	54
III.9. Solidification de l' $^3\text{He}$ liquide sous pression a basse température.....	58
III.10. Phénomènes convectifs dans une atmosphère en équilibre isentropique	61
<b>Chapitre IV - Ensemble microcanonique</b> .....	65
IV.1. Entropie et température d'un gaz parfait dans l'ensemble microcanonique	65
IV.2. Température d'un système paramagnétique.....	66
IV.3. Elasticité des polymères.....	67
IV.4. Equilibre d'un ensemble d'oscillateurs dans l'ensemble microcanonique	70
IV.5. Températures négatives.....	74
IV.6. Chaîne de N spins dans le modèle d'Ising .....	76
<b>Chapitre V - Distribution de Boltzman - Ensemble canonique</b> .....	83
V.1. Variation d'entropie d'un ensemble de systèmes à deux niveaux .....	83
V.2. Fluctuations de l'énergie d'un gaz parfait.....	84
V.3. Concentration quantique .....	85
V.4. Sites interstitiels dans un solide .....	86
V.5. Systèmes à trois niveaux dans l'ensemble canonique .....	88
V.6. Chaleur spécifique d'un réseau unidimensionnel.....	90
V.7. Effet Overhauser .....	93
V.8. Mélange isotherme de deux gaz parfaits .....	95
V.9. Système à trois états dans les diverses statistiques.....	97
V.10. Comparaison des diverses statistiques pour des particules ayant des niveaux individuels dégénérés .....	99
V.11. Refroidissement par désaimantation adiabatique d'un cristal.....	102
V.12. Système de trois spins 1/2 couplés par un échange de type Ising .....	104
V.13. Entropie d'un gaz parfait unidimensionnel .....	108
V.14. Fonctions thermodynamiques d'un gaz de van der Waals.....	109
V.15. Susceptibilité d'ions magnétiques en présence de potentiel cristallin...	110
V.16. Elasticité de la laine .....	114
V.17. Susceptibilité d'un système de deux ions couplés .....	119
V.18. Réponse linéaire, fluctuations et susceptibilité.....	124
V.19. Température d'un petit système.....	128
V.20. Modèle simplifié du débobinage de deux molécules d'ADN.....	131
V.21. Particules dans un puits harmonique dans les diverses statistiques.....	134

<b>Chapitre VI - Mécanique statistique classique - Distribution de Maxwell ....</b>	<b>139</b>
VI.1. Oscillateur harmonique classique .....	139
VI.2. Oscillateur anharmonique classique.....	140
VI.3. Chaleur spécifique d'un gaz parfait soumis à la pesanteur .....	142
VI.4. Centrifugation d'un gaz.....	143
VI.5. Vitesse relative des molécules d'un gaz.....	144
VI.6. Taux de collisions moléculaires dans un mélange gazeux.....	147
VI.7. Distribution de la projection sur un plan de la vitesse des molécules d'un gaz.....	149
VI.8. Taux d'absorption des molécules d'un gaz par une surface.....	150
VI.9. Vitesses de translation et de rotation des molécules d'hydrogène.....	151
VI.10. Largeur Doppler des raies d'émission d'un gaz.....	152
VI.11. Distribution de l'énergie dans l'ensemble canonique.....	155
VI.12. Polarisation électrique.....	159
VI.13. Interaction dipolaire à haute température.....	161
VI.14. Modèle simplifié du caoutchouc.....	163
VI.15. Flux de fuite d'un gaz à travers un trou.....	168
VI.16. Intensité d'un jet moléculaire.....	170
VI.17. Baisse de pression d'un gaz due à une fuite.....	171
VI.18. Taux de fuite d'un mélange de gaz à travers un trou.....	173
VI.19. Taux de fuite dans un potentiel anharmonique à deux dimensions ....	174
VI.20. Gaz parfait ultrarelativiste .....	176
VI.21. Equation d'état d'un gaz de molécules sphériques impénétrables .....	178
VI.22. Energie interne d'un système de points matériels soumis à un potentiel répulsif.....	181
VI.23. Diamagnétisme de particules chargées dans un champ magnétique (niveaux de Landau).....	184
<b>Chapitre VII - Propriétés thermodynamiques des molécules diatomiques ....</b>	<b>189</b>
VII.1. Chaleurs spécifiques de la molécule d'hydrogène.....	189
VII.2. Chaleur spécifique et entropie de rotation de molécules diatomiques hétéronucléaires.....	191
VII.3. Chaleur spécifique rotationnelle d'une molécule homonucléaire.....	193
VII.4. Proportions d'ortho et parahydrogène en fonction de la température..	196
VII.5. Energie interne de l'hydrogène moléculaire .....	198

VII.6. Chaleur spécifique rotationnelle de la molécule d'hydrogène à basse température.....	199
VII.7. Chaleur spécifique de l'ammoniac à l'état gazeux.....	202
<b>Chapitre VIII - Distribution de Gibbs - Ensemble canonique généralisé.....</b>	<b>205</b>
VIII.1. Gaz parfait avec des degrés de liberté internes .....	205
VIII.2. Surface adsorbante.....	207
VIII.3. Adsorption d'un gaz parfait sur une surface.....	209
VIII.4. Empoisonnement par le monoxyde de carbone.....	211
VIII.5. Formation d'hydrogène dans l'Univers primordial .....	213
VIII.6. Ionisation de l'hydrogène au voisinage d'un métal.....	214
VIII.7. Densité de positrons dans l'hydrogène ionisé .....	218
VIII.8. Croissance d'un biopolymère .....	220
VIII.9. Enthalpie libre de réaction et constante d'équilibre .....	223
<b>Chapitre IX - Statistiques de Fermi et de Bose-Einstein .....</b>	<b>227</b>
IX.1. Densité quantique et gaz de fermions .....	227
IX.2. Fluctuations de l'occupation d'un état pour un gaz de fermions .....	228
IX.3. Pression et entropie d'un gaz de Fermi dégénéré .....	230
IX.4. Energie de Fermi et chaleur spécifique électronique du Sodium.....	232
IX.5. Densité d'états pour des gaz d'électrons unidimensionnels et bidimensionnels .....	233
IX.6. Coefficient de compressibilité isotherme d'un gaz de Fermi à température nulle.....	236
IX.7. Equation d'état d'un gaz parfait ultrarelativiste.....	237
IX.8. Equilibre électron-trou dans un semiconducteur.....	239
IX.9. Potentiel chimique pour un système à deux bandes d'énergie (semiconducteur).....	240
IX.10. Potentiel chimique dans un semiconducteur de type n.....	243
IX.11. Paramagnétisme de Pauli.....	247
IX.12. Densité de neutrons dans une étoile à neutrons .....	253
IX.13. Masse volumique minimale d'une étoile à neutrons .....	255
IX.14. Energies de Fermi dans une naine blanche et dans un pulsar.....	256
IX.15. Densité électronique et pression dans une naine blanche.....	257
IX.16. Masse critique d'effondrement d'une étoile à température nulle .....	258
IX.17. Bosons et limite classique.....	260
IX.18. Gaz de bosons à une et deux dimensions .....	263

IX.19. Fluctuations dans un gaz de bosons .....	265
IX.20. Système de bosons avec deux états d'énergie.....	267
IX.21. Potentiel chimique et énergie interne d'un gaz de bosons.....	268
IX.22. Modèle de Debye de la capacité calorifique d'un réseau .....	273
IX.23. Concentration en impuretés magnétiques pour un refroidissement par désaimantation adiabatique.....	275
<b>Chapitre X - Corps noir - Rayonnement isotherme.....</b>	<b>279</b>
X.1. Rendement d'une lampe .....	279
X.2. Thermocolorimètre.....	280
X.3. Expansion adiabatique du volume d'un corps noir .....	281
X.4. Cycle de Carnot avec un gaz de photons.....	282
X.5. Rayonnement du corps noir et laser.....	285
X.6. Fluctuation du nombre de photons dans une cavité.....	286
X.7. Ecrans de rayonnement.....	287
X.8. Température moyenne à l'intérieur du Soleil .....	289
X.9. Durée de rayonnement du Soleil.....	290
X.10. Energie du rayonnement cosmique de l'Univers.....	291
X.11. Détente adiabatique d'un gaz de photons.....	292
X.12. Rayonnement du corps noir dans un univers à n dimensions.....	295
<b>Chapitre XI - Diffusion et phénomènes de transport.....</b>	<b>297</b>
XI.1. Equation de diffusion .....	297
XI.2. Coefficient de diffusion relatif.....	298
XI.3. Libre parcours moyen des molécules d'un gaz.....	300
XI.4. Coefficient de diffusion d'un gaz.....	302
XI.5. Libre parcours moyen d'un proton cosmique dans l'atmosphère.....	304
XI.6. Libre parcours moyen des électrons dans un métal.....	305
XI.7. Fuites d'un gaz à travers un trou et libres parcours moyens des molécules	306
XI.8. Fuite d'hydrogène hors de l'atmosphère.....	308
XI.9. Propriétés d'un jet atomique.....	310
XI.10. Diffusion d'un atome d'hélium dans l'air.....	313
XI.11. Diffusion d'une particule dans un liquide .....	314
XI.12. Mouvement d'une particule dans un fluide.....	316
XI.13. Conductibilité thermique d'un gaz.....	319
XI.14. Coefficient de conductibilité thermique d'un métal.....	321

XI.15. Diffusion de la chaleur avec des sources internes.....	322
XI.16. Viscosité d'un gaz.....	324
XI.17. Flux d'un liquide à travers un tube fin.....	327
XI.18. Mobilité de particules chargées dans un champ électrique.....	328
XI.19. Coefficient de diffusion et conductivité électrique d'un métal.....	329
XI.20. Conductivité électrique d'un métal pur à basse température.....	331
XI.21. Equation de transport de Boltzmann et coefficient de diffusion d'un gaz	332
<b>Chapitre XII - Changements de phase</b> .....	337
XII.1. Equilibre gaz-solide.....	337
XII.2. Température de Curie d'un ferromagnétique dans l'approximation du champ moyen.....	338
XII.3. Susceptibilité d'un ferromagnétique à haute température (approximation du champ moyen).....	341
XII.4. Modèle du champ moyen pour un ferromagnétique de type Ising.....	342
XII.5. Transition du premier ordre dans un cristal.....	347
<b>Appendices</b> .....	351
1. Intégrales eulériennes .....	351
1. La fonction factorielle et la fonction $\Gamma$ .....	351
2. La fonction $\beta$ .....	352
3. Relation entre les fonctions $\beta$ et $\Gamma$ .....	354
4. Applications aux integrales gaussiennes .....	356
2. Formule de Stirling.....	357
3. La fonction d'erreur .....	359
4. Les nombres de Bernoulli -Série d'Euler-Maclaurin - Fonction Zéta de Riemann.....	362
1. Les nombres de Bernoulli.....	362
2. Développement de $\cotg z$ en série de fractions.....	363
3. Série $\zeta(p)$ de Riemann .....	364
4. Intégrales se ramenant aux nombres de Bernoulli.....	365
5. Formule d'Euler - Maclaurin.....	366
Constantes fondamentales .....	371
<b>Références et bibliographie</b> .....	373
<b>Index</b> .....	375
<b>Table des matières</b> .....	391