



Table des matières

Introduction	11
Chapitre 1 • L'énergie	15
1.1 Les multiples facettes de l'énergie	15
1.2 Symétrie et conservation de l'énergie	16
1.3 Les différentes formes de l'énergie	17
1.4 La consommation d'énergie	18
1.5 Ordres de grandeur	20
1.6 Puissance et énergie	21
1.7 Sources d'énergie	21
1.8 Le défi énergétique français	24
1.9 L'intermittence, le principal problème de l'éolien et du photovoltaïque	25
1.10 L'électricité	26
1.11 Stockage de l'énergie	27
1.12 Pour en savoir plus	30
Chapitre 2 • Thermodynamique	31
2.1 Définitions	32
2.2 Énergie interne	34
2.3 Conventions	36
2.4 Principe numéro zéro	36

2.5	Premier principe	37
2.6	Fonction d'état	37
2.7	Deuxième principe	38
2.8	L'entropie	38
2.9	Loi de Carnot	39
2.10	L'entropie est une fonction d'état	40
2.11	Température, pression et potentiel chimique	41
2.12	Variables conjuguées	41
2.13	Équation d'état	42
2.14	Potentiels thermodynamiques	42
2.15	Pour en savoir plus	43
Chapitre 3 • Physique quantique		45
3.1	Dualité onde corpuscule	46
3.2	D'une approche déterministe à une approche probabiliste	47
3.3	La mesure	48
3.4	Relation d'incertitude de Heisenberg	50
3.5	Quantification	51
3.6	Nombres quantiques	52
3.7	Effet tunnel	52
3.8	Variables purement quantiques	53
3.9	Fermions et bosons	54
3.10	Pour en savoir plus	55
Chapitre 4 • Physique statistique		57
4.1	Micro-états	58
4.2	Particule dans une boîte cubique	58
4.3	Travail et chaleur à l'échelle microscopique	61
4.4	L'espace de phase	62
4.5	Raccordement quantique-classique	63
4.6	Premier postulat	65
4.7	Second postulat (hypothèse ergodique)	65
4.8	Information et entropie	66
4.9	Entropie statistique	66
4.10	L'équilibre thermique	68
4.11	Autres équilibres	70
4.12	Rappel mathématique	70
4.13	L'ensemble microcanonique	71
4.14	L'ensemble canonique	71

4.15	Méthode des multiplicateurs de Lagrange	73
4.16	Intégrales souvent utilisées	74
4.17	Théorème d'équipartition de l'énergie	74
4.18	La distribution de Maxwell	75
4.19	L'ensemble grand canonique	76
4.20	Gaz de Fermi et gaz de Bose	77
4.21	Résumé	78
4.22	Pour en savoir plus	78
Chapitre 5 • Probabilités		79
5.1	Définitions	79
5.2	Propriétés	81
5.3	Probabilités simples	82
5.4	Probabilité conditionnelle	83
5.5	Arbre de probabilité	84
5.6	Pour en savoir plus	85
Chapitre 6 • Information et entropie		87
6.1	Rappel sur les logarithmes	87
6.2	Quantité d'information	89
6.3	L'information	91
6.4	Entropie d'information	91
6.5	Entropie binaire	93
6.6	Processus markoviens	95
6.7	Inégalité de Gibbs	96
6.8	Entropie et information conjointes	97
6.9	Entropie conditionnelle	98
6.10	Entropie mutuelle	99
6.11	Diagramme de Venn	100
6.12	Entropie relative	101
6.13	Pour en savoir plus	102
Chapitre 7 • Transmission d'information		103
7.1	Transmettre de l'information	103
7.2	Pourquoi coder ?	105
7.3	De la source au destinataire	106
7.4	Pour en savoir plus	108

Chapitre 8 • Codage source	109
8.1 Codage	109
8.2 Codes singuliers	111
8.3 Codes non ambigus	111
8.4 Codes sans préfixe	112
8.5 Code instantané	113
8.6 Code à longueur fixe	113
8.7 Code avec séparateur	114
8.8 Le code Morse	114
8.9 Le code ASCII	115
8.10 Codage source	117
8.11 Arbres n -aires	118
8.12 Inégalité de Kraft	121
8.13 Entropie de la source et longueur des mots	122
8.14 Codage par plage	122
8.15 Codage de Shannon-Fano	123
8.16 Codage de Huffman	125
8.17 Pour en savoir plus	127
Chapitre 9 • Codage canal	129
9.1 Matrice canal pour un canal binaire symétrique	129
9.2 Capacité d'un canal	131
9.3 Canal bruité	132
9.4 Erreurs de transmission	132
9.5 L'opérateur XOR	134
9.6 Redondance par itération	135
9.7 Contrôle de parité	135
9.8 Polynômes modulo 2	138
9.9 Les codes cycliques (CRC)	139
9.10 Distance de Hamming	142
9.11 Code de Hamming : exemple	144
9.12 Code de Hamming et diagrammes de Venn	145
9.13 Pour en savoir plus	146
Chapitre 10 • Cryptologie	147
10.1 Cryptographie et cryptanalyse	148
10.2 Principaux problèmes posés	148
10.3 Les principes de Kerckhoffs	149
10.4 Congruence	150

10.5	Le chiffre de César	153
10.6	Chiffrement par substitution	155
10.7	Chiffrement de Vigenère	157
10.8	Le chiffrement de Vernam	158
10.9	La machine Enigma	159
10.10	Le chiffre de Playfair	159
10.11	Chiffrement à clef jetable (<i>One-Time Pad</i>)	160
10.12	Le chiffre de Hill	161
10.13	Complexité	162
10.14	Fonction à sens unique, fonction trappe	163
10.15	Fonction de hachage	164
10.16	Cryptographie symétrique	165
10.17	Un peu d'arithmétique	165
10.18	Cryptographie asymétrique	168
10.19	Le code RSA	168
10.20	Comparaison	171
10.21	L'intrication	172
10.22	Cryptographie quantique	172
10.23	L'ordinateur quantique	173
10.24	Pour en savoir plus	174
Chapitre 11 • Cybersécurité		175
11.1	Menaces	176
11.2	Hackers	177
11.3	Le piratage et la loi	178
11.4	Bases de la sécurité informatique	178
11.5	Vulnérabilités informatiques	180
11.6	Les armes du hacker	181
11.7	Cybersécurité des installations industrielles	186
11.8	Ingénierie sociale (<i>social engineering</i>)	187
11.9	Contre-mesures	188
11.10	Pour en savoir plus	195
Chapitre 12 • Exercices		197
12.1	Énergie	197
12.2	Thermodynamique	199
12.3	Physique quantique	201
12.4	Physique statistique	203
12.5	Probabilités	207

12.6	Information	212
12.7	Cryptographie	218
12.8	Cybersécurité	222
12.9	Révisions mathématiques	223
Chapitre 13 • Solutions		227
13.1	Énergie	227
13.2	Thermodynamique	229
13.3	Physique quantique	233
13.4	Physique statistique	236
13.5	Probabilités	244
13.6	Information	254
13.7	Cryptographie	266
13.8	Cybersécurité	272
13.9	Révisions mathématiques	276
Chapitre 14 • Programmes Python		281
Index		283