

Table des matières

Préface	v
Avant-propos	xiii
1 Introduction à la physique moderne	1
1.1 Généralités	1
1.2 Pensées anciennes	3
1.3 La mécanique de Newton	5
1.4 Mécanique lagrangienne et mécanique hamiltonienne	6
1.5 L'électromagnétisme de Maxwell	8
1.6 La théorie de la relativité	10
1.7 Mécanique quantique	13
1.8 La théorie des champs quantiques	16
1.9 La gravitation quantique	18
2 Symétries et lois de conservation	21
2.1 Introduction	21
2.2 Motivation pour les énigmes	22
2.3 Symétries	24
2.4 Le théorème de Noether	28
2.5 Supersymétrie	35
2.6 Quasi-cristaux et symétries	37
2.7 Cordes et conservation de la charge	40
2.8 Brisure spontanée de symétrie	43
3 Brisure de symétrie	45
3.1 Introduction	45
3.2 Mouvement de la Terre et brisure de symétrie	47
3.3 Brisure spontanée de symétrie	48
3.4 Aimants et symétries spontanément brisées	52

3.5	L'énigme du carré	55
3.6	Brisure de symétrie et boson de Higgs	58
3.7	La grande unification des forces	61
3.8	Supraconductivité	64
3.9	Rigidité	65
3.10	Chiralité	65
4	La puissance des mathématiques simples et abstraites	69
4.1	Lois et contraintes	69
4.2	Un aperçu sur les nombres complexes	71
4.3	Lentilles gravitationnelles	78
5	Mathématiques contre-intuitives	85
5.1	Preliminaires	85
5.2	Les paradoxes de l'infini	89
5.3	Séries analytiques	92
5.4	Le paradoxe du hall de Monty	96
6	Intuition physique	105
6.1	Physique intuitive	105
6.2	Galilée	106
6.3	Isaac Newton	107
6.4	Intuition physique en mathématiques	109
6.5	L'« Euréka » d'Archimède	114
6.6	Le théorème de Pythagore	116
6.7	Théorie de la relativité restreinte	117
6.8	Mécanique statistique	119
7	Physique contre-intuitive	125
7.1	La portance revisitée	125
7.2	Pourquoi le ciel nocturne est-il sombre ?	127
7.3	Équations de Maxwell	129
7.4	La théorie d'Einstein de la relativité	130
7.5	Paradoxes en physique quantique	132
7.6	Indiscernabilité en physique quantique	136
7.7	Le paradoxe EPR	137
7.8	Trous noirs	139
7.9	Holographie	141

8	Normalité en physique : analyse dimensionnelle	143
8.1	Un moment d'enseignement	143
8.2	Ordres de grandeur	143
8.3	Analyse dimensionnelle	144
8.4	Rayonnement de charges accélérées	145
8.5	Invariance d'échelle et invariance conforme	146
8.6	Unités fondamentales	148
8.7	Trous noirs	152
8.8	Symétrie et nombres naturels	153
9	Anormalité et grands nombres	155
9.1	Nombres « anormaux »	155
9.2	Nombres déraisonnables et système héliocentrique	159
9.3	Théorie des nombres	160
9.4	Composition de l'Univers	161
9.5	La géométrie de l'espace-temps	161
9.6	D'autres questions	164
9.7	Échelles de longueur	165
9.8	Échelles de temps	165
10	Science et religion	167
10.1	Questions fondamentales	168
10.2	Science contre religion	169
10.3	Science et religion	170
10.4	L'origine de l'Univers	171
10.5	Einstein et la religion	172
10.6	Feynman et la religion	173
10.7	Hawking et la religion	174
10.8	Pascal et la religion	176
10.9	Causalité et Dieu	177
11	Dualités	181
11.1	Deux exemples mathématiques	182
11.2	Dualité en mécanique quantique	184
11.3	Théorie de Maxwell	185
11.4	La dualité en théorie des cordes	188
11.5	La T -dualité	189
11.6	Variétés de Calabi-Yau et symétries miroir	191
11.7	Autres dualités : géométrie et forces	195
11.8	Dualité et trous noirs	198

11.9	Holographie	200
11.10	La loi du demi-cercle de Wigner	200
12	En résumé	203
12.1	Symétries et leur brisure	204
12.2	Symétrie de jauge	206
12.3	Mathématiques intuitives	208
12.4	Mathématiques contre-intuitives	209
12.5	Physique intuitive et non intuitive	211
12.6	Normalité	212
12.7	Physique et religion	213
12.8	Dualités	214
	Index	215