

# Sommaire

Avant-propos.....	9
Chapitre I : La métamorphose de la physique.....	11
Un environnement bien tranquille .....	11
Le saut dans l'inconnu .....	13
Chapitre II : Les grands principes et les notions essentielles .....	19
Les principes de conservation de quantités physiques .....	20
Acte I : Énergie .....	20
Acte II : Impulsion.....	21
Acte III : Moment angulaire.....	21
Acte IV : Autres quantités physiques .....	22
Acte V : Intervention d'Emmy Noether .....	22
Acte VI : Le principe de moindre action.....	23
Les notions essentielles .....	24
Champ.....	24
Interaction .....	25
Symétries .....	27
Symétrie de jauge et brisure de symétrie .....	29
Théorie de jauge.....	31
Antimatière .....	32
Une application des antiparticules : le TEPscan hospitalier.....	35
Chapitre III : La montée vers la simplicité.....	37
Prologue : le capharnaüm des interactions à l'aube du XX <sup>e</sup> siècle.....	38
<i>Étape 1 : l'interaction gravitationnelle</i> .....	39
<i>Étape 2 : l'interaction électromagnétique</i> .....	40
Interaction électromagnétique et charges électriques, équations de Maxwell.....	41
Le spectre électromagnétique .....	45
La lumière visible et l'arc-en-ciel .....	46
Le rayonnement électromagnétique et le corps humain .....	48
<i>Étape 3 : l'interaction faible</i> .....	50

La radioactivité .....	50
Un voyage magique et merveilleux vers l'atome .....	51
La désintégration $\beta^-$ .....	53
Une application de la désintégration $\beta^-$ : la datation au Carbone-14 .....	53
La désintégration $\beta^+$ .....	55
Il y a un fantôme dans la désintégration $\beta^-$ ! .....	55
Les neutrinos .....	56
Oscillations et énergies de masse des neutrinos .....	57
Le fonctionnement des étoiles (le soleil) .....	58
<i>Étape 4 : l'interaction électrofaible</i> .....	60
Courants chargés et courant neutre .....	63
<i>Étape 5 : l'interaction forte</i> .....	64
La théorie des quarks .....	64
La chromodynamique quantique ou QCD .....	66
Les gluons .....	68
Une corde .....	70
Le confinement des quarks .....	71
<i>Étape 6 (et dernière) : le modèle standard</i> .....	72
Conservation du nombre leptonique .....	75
Conservation du nombre baryonique .....	76
Conclusion sur le modèle standard .....	78
Le siècle de la physique des particules .....	79
Vers la Grande Unification .....	85
<b>Chapitre IV : La relativité restreinte</b> .....	<b>87</b>
Préambule : un état des lieux des « galiléens » à l'arrivée d'Einstein .....	87
Une histoire de référentiels .....	88
L'expérience décisive : Michelson et Morley .....	91
L'apport d'Einstein en 1905 : un photon dans deux référentiels .....	92
Masse-énergie .....	96
Espace-temps .....	98
Une affaire de métrique .....	99
La métrique de l'espace euclidien .....	99
La métrique de l'espace-temps .....	100
Une nouvelle unité de longueur : la « seconde-lumière » .....	102
(Chrono)géométrie de l'espace-temps, cône de lumière et ligne d'univers... ..	102
<b>Chapitre V : La relativité générale</b> .....	<b>107</b>
Prélude : la relativité restreinte laisse à Einstein un goût amer .....	107
Un ascenseur en chute libre .....	108
Une boîte aux confins de l'univers .....	108
Principe d'équivalence .....	109
Formalisme de la relativité générale .....	110
Notation de Riemann .....	110
Vers l'équation d'Einstein .....	112

Une image gastronomique de l'espace-temps déformé.....	115
Une image mobilière de l'espace-temps déformé.....	116
La théorie d'Einstein confrontée à la réalité expérimentale.....	118
<b>Chapitre VI : Physique quantique : naissance et premiers pas.....</b>	<b>121</b>
Introduction : Qu'est-ce que la physique quantique.....	122
Mécanique quantique : quand ?.....	122
Naissance de la mécanique quantique : la constante de Planck.....	123
La mécanique quantique s'installe : l'effet photoélectrique.....	124
Argument des réticents.....	125
<b>Chapitre VII : Physique quantique : fin de l'adolescence.....</b>	<b>127</b>
Les réticents K.-O.....	127
La mécanique quantique rallie les derniers « refuzniks » : l'effet Compton.....	128
La fin de la controverse : la lumière est une onde et un corpuscule.....	129
Le grand saut : TOUT est onde et corpuscule.....	131
L'apport de Broglie : le triomphe de l'onde.....	131
Représenter une particule : une fonction d'onde.....	132
<b>Chapitre VIII : Physique quantique : la maturité.....</b>	<b>135</b>
L'équation de Schrödinger.....	135
Une application de l'équation de Schrödinger : le microscope à effet tunnel.....	141
<b>Chapitre IX : Physique quantique : la sagesse.....</b>	<b>145</b>
Le modèle de l'atome de Bohr.....	146
Portrait de l'atome.....	150
Électrons.....	151
Noyau.....	153
Retour à l'atome de Bohr.....	153
Une application de l'atome de Bohr : le laser.....	153
Demi-vie ou vie moyenne.....	154
Une autre expérience décisive : Stern et Gerlach.....	155
Le spin.....	157
Principe d'exclusion de Pauli, statistique de Bose-Einstein.....	159
Une application du spin : l'IRM hospitalier.....	160
Précision de la mesure : les incertitudes de Heisenberg.....	161
L'électrodynamique quantique ou QED.....	163
Les diagrammes de Feynman.....	165
Calcul du moment magnétique de l'électron.....	166
Le problème des infinis : la renormalisation.....	168
Fin des controverses.....	169
<b>Conclusion.....</b>	<b>171</b>
<b>Épilogue.....</b>	<b>173</b>

Bibliographie.....	175
<b>Appendice I : Puissances de 10, unités et tailles comparées.....</b>	<b>177</b>
Puissances de 10 et appellations usuelles.....	177
Autres unités d'énergie et de longueur.....	179
Taille comparée de quelques objets.....	180
<b>Appendice II : Les éléments.....</b>	<b>183</b>
Tableau périodique des éléments ou classification périodique.....	183
Utilisation du tableau périodique.....	186
Représentations d'un élément.....	186
Chaîne de L'Uranium-238.....	187
Isotopes.....	187
Configurations électroniques.....	187
Brève histoire de l'univers, naissance des éléments.....	191
<b>Appendice III : Jargon.....</b>	<b>199</b>
Section efficace.....	199
Luminosité.....	201
Nombre d'Avogadro.....	202
Mole.....	202
Distribution angulaire.....	203
Calendrier d'une expérience simple.....	204
<b>Appendice IV : Compléments mathématiques.....</b>	<b>207</b>
Petit rappel des règles mathématiques à respecter.....	207
<b><i>I. Démonstrations diverses</i></b> .....	<b>209</b>
Calcul des paramètres de la collision Compton.....	209
Obtention de la loi de décroissance exponentielle.....	215
Relation entre fréquence et longueur d'onde pour un photon.....	218
La théorie de jauge : des cercles et des ressorts.....	219
<b><i>II. Démonstrations relatives à la relativité</i></b> .....	<b>222</b>
Un photon dans deux référentiels.....	222
Expérience de pensée donnant le facteur de dilatation du temps.....	224
Justification de la contraction des longueurs.....	225
Loi des vitesses avec les transformations de Galilée et de Lorentz-Poincaré... ..	227
La transformation de Galilée est :.....	227
La transformation de Lorentz-Poincaré est :.....	228
Obtention de l'équation d'Einstein $E = mc^2$ .....	229
Notation de Riemann et théorème de Pythagore.....	231
Métrique de l'espace euclidien.....	232
Métrique de l'espace-temps.....	233
Le cône de lumière et les régions de l'espace-temps.....	235

<i>III. Démonstrations relatives à la physique quantique</i> .....	236
Expression d'un minuscule système en unités de h, sa longueur d'onde.....	236
Fonction d'onde de Broglie .....	238
Rayons possibles pour les orbites de l'atome de Bohr.....	240
Petites règles mathématiques pour la suite .....	241
Dérivée seconde, par rapport à l'espace, de la fonction d'onde.....	243
Obtention des deux relations de base de l'équation de Schrödinger .....	244
Première relation :	
variation de la fonction d'onde par rapport au temps .....	244
Deuxième relation :	
variation de la fonction d'onde par rapport à l'espace.....	245
Obtention de l'équation de Schrödinger .....	246
Résolution de l'équation de Schrödinger (cas particulier de l'effet tunnel) ..	247
<b>Appendice V : Listes diverses</b> .....	<b>253</b>
Liste des analogies et des exemples .....	253
Liste des figures.....	255
Liste des scientifiques cités dans cet ouvrage qui ont reçu un prix Nobel ....	256
<b>Glossaire</b> .....	<b>261</b>
<b>Index</b> .....	<b>285</b>