

# Table des matières

<b>Préface</b>	<b>7</b>
<b>Avant-propos</b>	<b>11</b>
<b>1 Un principe qui dérange</b>	<b>17</b>
1.1 Les ondes de la physique classique . . . . .	18
1.2 L'interféromètre de Mach-Zehnder . . . . .	21
1.3 Photons . . . . .	23
1.4 Photons dans l'interféromètre de Mach-Zehnder . . . . .	29
1.5 L'interféromètre de Mach-Zehnder revisité . . . . .	31
1.6 Particules quantiques . . . . .	33
1.7 Choix retardé et mesure « sans interaction » . . . . .	38
1.8 Bibliographie . . . . .	41
<b>2 Des transmissions sécurisées</b>	<b>43</b>
2.1 La cryptographie classique : clé secrète et clé publique . . . . .	43
2.2 Polarisation de la lumière . . . . .	46
2.3 Polarisation d'un photon . . . . .	49
2.4 Le protocole BB84 pour la cryptographie quantique . . . . .	52
2.5 Bibliographie . . . . .	56
<b>3 Einstein, Bohr et la physique quantique</b>	<b>57</b>
3.1 Des communications supraluminales ? . . . . .	58
3.2 Une inégalité remarquable . . . . .	59
3.3 Et la physique quantique ? . . . . .	61
3.4 L'expérience d'Aspect . . . . .	64
3.5 Bibliographie . . . . .	69

<b>4</b>	<b>Atomes, lumière, lasers</b>	<b>71</b>
4.1	Particules et ondes classiques sur une droite . . . . .	72
4.2	Particule quantique dans un puits de potentiel . . . . .	75
4.3	Inégalités de Heisenberg et niveaux d'énergie . . . . .	77
4.4	Atomes . . . . .	81
4.5	Lasers . . . . .	83
4.6	Bibliographie . . . . .	89
<b>5</b>	<b>Des atomes très froids</b>	<b>91</b>
5.1	Qu'est-ce que la température ? . . . . .	91
5.2	Refroidir les atomes . . . . .	95
5.3	Condensats de Bose-Einstein . . . . .	105
5.4	Bibliographie . . . . .	111
<b>6</b>	<b>Le règne des semi-conducteurs</b>	<b>113</b>
6.1	Conducteurs et isolants . . . . .	113
6.2	Semi-conducteurs . . . . .	119
6.3	Interaction avec un champ électromagnétique . . . . .	123
6.4	Hétérostructures et diodes laser . . . . .	124
6.5	Bibliographie . . . . .	129
<b>7</b>	<b>Physique quantique et relativités</b>	<b>131</b>
7.1	Théorie relativiste des champs quantiques . . . . .	131
7.2	Le modèle standard de la physique des particules . . . . .	139
7.3	La gravitation quantique . . . . .	144
7.4	Bibliographie . . . . .	149
<b>8</b>	<b>Vers l'ordinateur quantique ?</b>	<b>151</b>
8.1	Bits et portes logiques quantiques . . . . .	152
8.2	Algorithmes quantiques . . . . .	157
8.3	Algorithmes quantiques et complexité algorithmique . . . . .	162
8.4	Réalisations physiques . . . . .	163
8.5	Bibliographie . . . . .	165
<b>9</b>	<b>L'environnement surveille</b>	<b>167</b>
9.1	La décohérence : un exemple élémentaire . . . . .	167
9.2	Décohérence environnementale . . . . .	172
9.3	Bibliographie . . . . .	177

<b>10 Interprétations</b>	<b>179</b>
10.1 L'interprétation de Copenhague . . . . .	180
10.2 La théorie de von Neumann . . . . .	186
10.3 L'appareil de mesure est macroscopique . . . . .	190
10.4 Interprétations non standard . . . . .	194
10.5 Conclusion . . . . .	196
10.6 Bibliographie . . . . .	198
<b>11 Annexes</b>	<b>199</b>
<b>Index</b>	<b>223</b>