

SCIENCES  ET PLUS

Valerio Scarani

Initiation à la physique quantique

La matière et ses phénomènes



Préface de Jean-Marc Lévy-leblond

Vuibert

Table des matières

Préface	XI
Prologue	XV
Invitation	XVII

Partie 1

INTERFÉRENCES QUANTIQUES

Chapitre 1

Au cœur du problème	3
Fribourg, mai 1997	3
Premières observations	5
Miroirs semi-transparents	5
Première expérience	6
Deuxième expérience	8
L'interféromètre	9
L'observation initiale	9
De plus en plus étonnant	11
Principe d'indiscernabilité	13
Fin du premier cours	14

Chapitre 2

Prenons du recul	17
Questions et propriétés	17
Voitures indiscernables	17

Questions de tous les jours	18
Questions quantiques	20
Ondes et corpuscules	23
Brève histoire des particules	24
Brève histoire des interférences	28
Pourquoi « quantique » ?	32
Suite du programme	34

Chapitre 3

Dimensions et frontières	35
Des expériences réelles	35
L'interférométrie de neutrons	36
Une particule à la fois	36
Source et interféromètre	38
Les différences entre les chemins	42
Les dimensions de l'interféromètre de Rauch	45
Interférométrie de grandes molécules	47
La carrière d'un étudiant de Rauch	47
À la recherche des frontières	47
L'expérience réalisée à Vienne	50
Football quantique	52

Chapitre 4

L'autorité contredite	55
Le mécanisme d'Heisenberg	55
Constance, 1998	55
Au-delà des principes, un mécanisme ?	56
Le mécanisme d'Heisenberg au laboratoire	58
Dessiner une expérience	58
L'interférométrie d'atomes	60
La portée du résultat de Constance	63
Complémentarité et incertitude	64

Chapitre 5

Une belle idée	67
Bangalore, décembre 1984	67
Cryptographie	68
La naissance d'une science	68
Le one-time pad, ou code de Vernam	69
Distribution quantique de la clé	71
Résumé	71
Le montage et le protocole	72
L'espion ne passe pas inaperçu	75
Les fruits d'une idée	77
De Bangalore au Léman	77
Changement de perspective	78

Partie 2

CORRÉLATIONS QUANTIQUES

Chapitre 6

Indiscernabilité à distance	83
Saint-Michel, deuxième exposé	83
(In)discernabilité à deux particules	85
L'interféromètre de Franson	85
Le phénomène d'interférence	87
Première exploration des conséquences	89
Le principe et l'étonnement	89
Trois explications (au moins)	91
Envoyer un message ?	93
Suite du programme	94

Chapitre 7

Sur l'origine des corrélations	97
Le théorème de Bell	97
Arbitres, pâtisseries et particules	98
Le théorème de Bell : notions préalables.....	99
Le théorème de Bell : énoncé.....	102
Commentaires sur le théorème de Bell	104
Brève histoire des corrélations quantiques.....	107
Einstein-Podolski-Rosen et la non-localité	107
Schrödinger et la non-séparabilité	109
Trente ans aux oubliettes	110
La personnalité de John Bell.....	113
Retour aux phénomènes	113

Chapitre 8

Le verdict du laboratoire	115
Les expériences d'Aspect (1981-1982)	115
Les premières expériences	116
L'échappatoire de localité.....	116
Deux autres expériences, en 1998.....	119
L'expérience d'Aspect portée à sa perfection.....	119
Corrélations à 10 km	120
Un argument curieux.....	121
« Métaphysique expérimentale ».....	124

Chapitre 9

Tentatives d'explication	125
À la source de l'étonnement	125
L'approche orthodoxe.....	127
Une approche satisfaisante	127
La vision de Bohr	128
La vision d'Everett	129

Autres fondements	131
L'interprétation mécaniste des ondes vides	133
Quelques réflexions encore	135
Hasard et déterminisme	135
Ma position	137
Regard vers le futur	138
Épilogue	141
Appendice mathématique	143
Interférences à une particule	144
Formalisme et calcul	144
Remarques	146
Idées d'exercices	149
Interférences à deux particules : corrélations quantiques	150
Formalisme et calcul	150
Inégalités de Bell	153
Remarques	154
Idées d'exercices	155
Repères ultérieurs	157