

L'étrange
subtilité
quantique

Amaury Mouchet

L'étrange
subtilité
quantique

Préface de Michel Demazure

Nouvelle édition

DUNOD

Conception de la maquette de couverture :
Raphaël Tardif

Illustration de couverture :
© Rahmananda-Fotolia.com

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du

Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2010, 2015

5, rue Laromiguière 75005 Paris
www.dunod.com

ISBN 978-2-10-073832-8

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

De vrai, parce que nous humons les coutumes avec le lait de notre naissance, et que le visage du monde se présente en cet état à notre première vue, il semble que nous soyons nés à la condition de suivre ce train. Et les communes imaginations, que nous trouvons en crédit autour de nous et infuses en notre âme par la semence de nos pères, il semble qu'elles soient générales et naturelles.

Par où il advient que ce qui est hors des gonds de coutume, on le croit hors des gonds de raison.

Michel Eyquem de Montaigne (1580 & 1595)

De la coutume et de ne changer aisément une loi reçue, Essais I.23.

Préface

Le vrai peut quelquefois n'être pas vraisemblable.

Nicolas Boileau (1674)
Art Poétique III, v. 48.

Créée sinon pour rendre compte du moins pour assumer les paradoxes rencontrés par les physiciens de l'infiniment petit, la théorie quantique n'a cessé d'en créer de nouveaux dans sa progression et a continué à défier l'entendement commun. Rappelons que ses précurseurs, Planck et Einstein, n'ont pas accepté l'enfant qu'ils avaient contribué à engendrer. Et pourtant, les preuves de sa validité ont continué à s'accumuler tout au long du XX^e siècle. Il n'y a certes pas de théorie éternelle en science et nul ne sait quels seront les développements futurs. Mais les faits sont définitifs (têtus, disait Lénine) ; comme nous l'explique Amaury Mouchet, les inégalités de Bell sont violées (voir § 11.5) et le retour à une physique déterministe dans le domaine microscopique est exclu.

Par ailleurs, nous baignons dans un environnement technologique où les applications quantiques sont prédominantes et il devient difficile de prétendre par exemple que le laser n'est que l'illusion commune d'un groupe réduit d'étranges théoriciens. Alors, comme à l'habitude dans notre pays, la dénégation prend la forme du contournement par le verbe. Du coup, le « principe d'incertitude » a remplacé le second principe de la thermodynamique comme générateur favori d'élucubrations incertaines. Le chat de Schrödinger, s'il n'est pas assuré d'être bien vivant, continue cependant de faire des petits. Le jargon quantique envahit la publicité et crée de fructueuses occasions d'escroquerie, intellectuelle le plus souvent, mais parfois financière (souvenons-nous de l'épisode des « avions renifleurs » et de leurs « neutrinos de spin 1/3 » où les plus hautes autorités de la République se sont ridiculisées).

La tâche que s'est fixée Amaury Mouchet est difficile : il s'agit de rendre compte des difficultés conceptuelles majeures de la physique quantique et de leur conflit avec nos intuitions macroscopiques (intrication, décohérence, toute cette sorte de choses), en respectant une série de contraintes. D'abord, ne jamais perdre de vue la réalité expérimentale dont il faut rendre compte. Mais ce faisant, éviter l'intervention d'appareils mathématique ou technologique inaccessibles au lecteur. Enfin, ne pas recourir aux images anthropomorphiques usuelles qui, à mon goût tout au moins, sont plus génératrices de confusion que de clarification et qui ne sont pas si innocentes que cela : à « l'électron qui se regarde dans un miroir » du vulgarisateur répond hélas « la mémoire de l'électron » de l'escroc.

PREFACE

De tous ces points de vue, ce petit opuscule est une réussite. Ajoutons qu'il est écrit dans une langue d'une rare qualité et que le plaisir de la lecture s'ajoute au plaisir de comprendre. De comprendre au moins où se situe la frontière entre ce que nos cerveaux macroscopiques peuvent comprendre et ce qu'ils ne comprennent toujours pas de cet étrange univers microscopique.

Les Arcs, sous la neige, 10 mars 2009

Michel Demazure

Mathématicien

Directeur du Palais de la Découverte de 1991 à 1998

Président de la Géode et de la Cité des Sciences

et de l'Industrie de La Villette de 1998 à 2002.

Sommaire

Préface de Michel Demazure	VII
Préambule à la deuxième édition	XIII
1 Aller en d'autres mondes, où règne une autre loi	I
2 Discerner, abandonner, classer et compter	9
3 Atomes	19
4 Ondes	27
5 Existence	37
6 Attributs quantiques	45
Planches en couleur	
7 Superpositions	55
8 Identité	69
9 Créations, annihilations et vides	81
10 Cosmos	91
11 Localité et séparabilité	101
12 Le problème central de l'interprétation : probabilités et unicité des faits	113
Lois de la physique quantique (récapitulatif)	119
Bibliographie	109
Remerciements	133
Index	135

Préambule à la deuxième édition

Rien de plus commun et de plus aisé que d'attribuer à la force ce qui procède de la faiblesse, la violence marque toujours la faiblesse. Les violents en esprit s'arrêtent toujours aux premiers termes des développements de leurs pensées. Les termes délicats, les résonnances fines leur échappent ; et l'on sait que dans cet ordre de finesse se dissimulent les indices les plus précieux et les relations les plus profondes.

Paul Valéry (1960) *Tel Quel I, Moralités, Œuvres II*, p. 536.

Comme toutes les lois physiques fondamentales, celles présentées dans ce livre ont vocation à être infrangibles. Le mieux qu'il puisse leur arriver, à l'instar de celles de la physique Newtonienne, est d'acquérir un domaine de validité au-delà duquel une autre théorie prendrait le relais. À l'heure actuelle nous n'avons aucun signe expérimental qui nous permette de prendre en défaut la physique quantique et nous n'avons, *malheureusement*, aucune idée de ses limites.

En revanche, et cela s'explique en grande partie par la robustesse de ses principes, les découvertes et les applications technologiques de la physique quantique ne cessent de s'étendre très rapidement.