

MICHEL BITBOL

# PHILOSOPHIE QUANTIQUE

Le monde est-il extérieur ?

## SOMMAIRE

INTRODUCTION : UNE « RÉVOLUTION QUANTIQUE EN PHILOSOPHIE » ?	15
Théorie quantique et art du vingtième siècle	18
Une révolution philosophique ?	19
Conceptions « réaliste » et « antiréaliste » de la théorie quantique	22
Peut-on réfuter le « réalisme scientifique » par des expériences sur/dans le réel ?	27
Les origines du débat entre le « réalisme » et l'« antiréalisme » en physique quantique (1) la critique des « images des atomes »	28
Les origines du débat entre le « réalisme » et l'« antiréalisme » en physique quantique (2) l'attrait persistant des images	30
Trois nouveaux défis au « réalisme »	33
Une physique de l'information (I)	34
La théorie quantique des choix humains (II)	36
Une physique des questions, et des paris sur les réponses (III)	40
Chapitre après chapitre	41
PROLOGUE : AUX SOURCES DE LA PHILOSOPHIE QUANTIQUE, D'HÉRACLITE À BOHR ET RETOUR	45
En tête : genèse du projet scientifique	46
Les présupposés de la science naissante	48
Le compromis de Platon et d'Aristote	53
Le dépassement des apparences, de la métaphysique aux sciences physiques	56
La retraite du rêve de tout expliquer, en quatre étapes	59
Aristote, la cause première, et l'essence des choses : échos quantiques	61
Du mécanisme cartésien aux diagrammes de Feynman	69
Des lois de Newton aux lois de la physique quantique	76

Le règne des probabilités pures	80
Sur une victoire posthume d'Héraclite et de Protagoras	83

## CHAPITRE 1 : BRÈVE HISTOIRE PHILOSOPHIQUE

DE LA PHYSIQUE QUANTIQUE	91
Qu'est-ce que la révolution quantique ? Quatre conceptions	95
Les « sauts quantiques » selon Emmanuel Kant	98
Quantification des choses, ou quantification de notre approche des choses ?	100
Le « rayonnement du corps noir » et son spectre	101
La loi du rayonnement du corps noir et l'hypothèse de la quantification	103
Qu'a découvert Max Planck ?	104
Einstein et ses photons	106
L'atome de Bohr et le bricolage du continu et du discontinu	108
La crise de l'ancienne théorie des quanta	110
Succès de la quantification et éclatement de la représentation de l'atome	112
Y-a-t-il des expériences qui prouvent l'existence de photons corpusculaires ?	114
Une théorie bien corroborée peut-elle prouver l'existence de corpuscules ou de discontinuités ?	116
Une théorie mathématiquement discontinue : la mécanique matricielle de Heisenberg	117
Existe-t-il pour autant des « sauts quantiques » ?	119
Post-scriptum aux « sauts quantiques »	121
Les débuts de la dualité onde-corpuscule	123
La mécanique ondulatoire de Schrödinger	126
La postérité des théories ondulatoires	127
Mais les ondes de de Broglie et de Schrödinger existent-elles vraiment ?	131
Sous l'image de l'onde : le concept et le fait de la contextualité	133
La physique quantique et l'aléatoire	134
Naissance de l'indéterminisme	136
Peut-il y avoir un déterminisme caché ?	139
Sous le déterminisme et l'indéterminisme : l'atomisme	141
Changer d'univers de pensée	142

L'indétermination quantique découle de l'intrication du connaissant et du connu	144
Le principe des principes	147
Redresser l'ordre des priorités : du connaître au connu	148
CHAPITRE 2 : RETOUR AUX AXIOMES :	
UNE PRÉSENTATION RÉFLEXIVE DE LA THÉORIE QUANTIQUE	151
La mécanique quantique dans les manuels d'enseignement : une « omelette » conceptuelle ?	152
Les axiomes de la mécanique quantique et l'« omelette » conceptuelle	155
Axiome 1 : l'objet hypothétique de la physique et son espace de représentation	157
Axiome 2 : l'expression mathématique de l'activité expérimentale	164
Axiomes 1 et 2 : une relecture non-dualiste	169
Axiome 3 : l'estimation quantitative des probabilités	175
Axiome 4 : l'évolution des « états », et des probabilités, au cours du temps	179
Axiome 5 : sur une étrange anti-règle de transformation des « états », et des probabilités	183
Une conséquence de l'axiome 5 : le problème de la mesure et le chat de Schrödinger	185
Essais de solutions du problème de la mesure, et du paradoxe du chat : dualisme ou monisme physicaliste ?	189
Un essai à part pour « résoudre » le problème de la mesure : la décohérence	195
Critique philosophique de la « solution » du problème de la mesure par la décohérence	200
Un débat sur la nature des probabilités quantiques	205
Une autre « révolution copernicienne »	208
Rapatriment dans le « monde de la vie » : la réduction phénoménologique et l'épochè	212
CHAPITRE 3 : LA THÉORIE QUANTIQUE VUE DE QUELQUE PART	217
Le trouble du rejet de soi	219
La théorie peut-elle inclure sa propre métathéorie ?	220

Une physique pour l'être vivant et agissant	224
Bohr en dépit de la décohérence	225
Prémices et développements de l'autre révolution copernicienne (1) Schrödinger 1935 et sa critique d'une représentation floue	228
Prémices et développements de l'autre révolution copernicienne (2) Peres 1982 et sa critique de la totalisation théorique	233
Prémices et développements de l'autre révolution copernicienne (3) Peres 1995 et son retour aux choses concrètes du laboratoire	238
Critique opératoire du « système »	240
En deçà du « système », le phénomène	243
Critique opératoire de l'« état »	250
Au-delà des systèmes et des états	251
Une physique à usage humain	253
Épistémologie d'abord : reconstructions « coperniciennes » de la théorie quantique	255
Limites et signification des reconstructions « coperniciennes » de la théorie quantique	262
Une combinatoire d'axiomes pour la théorie quantique	265
Transition vers le QBism (Quantum Bayesianism) : les expériences à choix retardé	267
S'installer fermement dans la « révolution copernicienne » : la conception subjectiviste des probabilités	274
Le QBism, interprétation subjectiviste de la mécanique quantique	279
Le QBism et l'expérience, Bohr et l'expérimentation	281
L'agent dans le monde, le monde dans l'agent	284
Comment l'agent se distingue de son monde	290
L'agent et ses prothèses instrumentales	293
L'appareil et le corps propre, de Bohr au QBism	298
Le lieu incertain de la mesure accomplie : de la décohérence à l'expérience vécue	304
Une phénoménologie hésitante	308
Le monde n'est pas extérieur (1) : l'opinion en-deçà de l'être et de la connaissance	313

Le monde n'est pas extérieur (2) :	
lui qui nous résiste sans nous être étranger	318
Une cosmologie pour l'habitant du cosmos	320
Les événements virtuels et leurs probabilités actuelles	322
Un autre aspect de la tentation réaliste du QBism	325
La règle de Born comme norme,	
et le « principe de cohérence contre le Dutch-book »	327
La règle de Born et son supplément de réel	329
La règle de Born comme lien entre diverses situations-dans-le-monde	332
Le QBism : une esquisse d'épistémologie transcendantale au sens de Kant ? (1) Le synthétique a priori	335
Le QBism : une esquisse d'épistémologie transcendantale au sens de Kant ? (2) L'unité des lois	337
Objectivité ou réalité de la règle de Born ?	340
Quatre relativités	348
L'auto-dissolution d'un monde relationnel : Carlo Rovelli	351
Sur le contexte dans lequel on peut parler de « contextes » :	
Alexia Auffèves et Philippe Grangier	362
Expériences possibles plutôt que mondes possibles :	
le Solipsisme Convivial d'Hervé Zwirn	368
Un surcroît d'objectivité : l'interprétation « pragmatiste » de Richard Healey	381
Que signifie « expliquer », dans l'interprétation pragmatiste de la théorie quantique ?	385
La trace du sujet dans le pragmatisme objectiviste de Richard Healey	387
CHAPITRE 4 : LES PARADOXES FINISSENT DÈS LEUR COMMENCEMENT	391
La théorie quantique sans les deux ombres du sujet et du monde	392
La réduction de l'état comme mise à jour des prédictions (1) James Hartle 1968, Erwin Schrödinger 1935	393
La réduction de l'état comme mise à jour des prédictions (2) QBism et pragmatisme	395
La réduction de l'état comme mise à jour des prédictions (3) le défi de la décohérence	397
La fin du « paradoxe » du chat de Schrödinger	399

Le « paradoxe » de l'ami de Wigner : exposé	402
Le « paradoxe » de l'ami de Wigner : dissolution et fin de partie	403
Le « paradoxe » de l'ami de Wigner : une perspective phénoménologique	407
Deux amis de Wigner en interaction : l'expérience de pensée de Frauchiger et Renner	412
Quelques dissolutions du paradoxe de Frauchiger et Renner	416
Premières questions sur la non-localité	419
Peut-on téléporter un atome ?	423
Un mode d'emploi de la téléportation quantique	425
La téléportation sans non-localité	427
Un événement pré-vu avec une probabilité 1 n'est pas un événement vu	431
La physique quantique et ses interprétations non-locales	432
La physique quantique sans non-localité	436
Une corrélation « à distance » existe-t-elle si personne ne l'a observée ?	443
Une physique sans événements et sans corrélations intrinsèques	445
Contestations du retour à la localité (1) : faut-il vraiment renoncer au « réalisme » ?	447
Contestations du retour à la localité (2) : à quel « réalisme » faut-il donc renoncer ?	451
Contestations du retour à la localité (3) : une accusation de solipsisme	457
La fin du rêve d'ubiquité ?	462
La fin du rêve d'un effet de l'esprit sur la matière ?	462
La fin du rêve de la transmission instantanée ?	464
Qu'avons-nous perdu en gagnant en sobriété ?	466
Un inventaire à la Prévert du « merveilleux quantique »	467
Petite psychanalyse du rêve d'ubiquité	470
Retour là où l'on est	474
Sur la merveille inaperçue	477
À l'état natif	479

CHAPITRE 5 : SUR UN USAGE CONTRÔLÉ DES IMAGES DU MONDE	485
Sur l'utilité pratique des « images du monde »	486
Un nouvel inventaire des ingrédients	
de l'« omelette conceptuelle »	492
Premier ingrédient : les mots du technicien et de l'expérimentateur	494
Deuxième ingrédient : les mots du mathématicien	
et du physicien théoricien	497
Troisième ingrédient : le mot « probabilité »,	
qui unit l'expérimentateur au théoricien	500
Quatrième ingrédient : les mots du métaphysicien,	
du visionnaire, ou du candide	502
Le trouble est jeté sur les mots du visionnaire :	
le flou s'étend sur les trajectoires d'atomes et de photons	506
CHAPITRE 6 : QUELLE ONTOLOGIE APRÈS L'ÉPOCHÈ ?	
UNE APPROCHE PHÉNOMÉNOLOGIQUE DE LA PHYSIQUE QUANTIQUE	513
La chair et le monde	517
De l'endo-ontologie au réalisme participatif	520
Audace et modestie du réalisme participatif	524
Merleau-Ponty et la physique quantique (1) :	
Par-delà le paradigme classique	526
Merleau-Ponty et la physique quantique (2) :	
Incarnation et probabilités	532
L'incarnation comme paradigme de l'appartenance	543
Du monde à l'in-mondation de l'expérience	545
De la chair du monde à l'appartenance	548
Le monde au sens de la phénoménologie	550
De l'in-mondation de l'expérience à l'in-expérienciation du monde	554
In-expériencier, in-monder : deux gestes concordants	
de réduction des dualités épistémologiques	557
Marques d'in-mondation lisibles dans le QBism (1) :	
L'être-situé	559
Marques d'in-mondation lisibles	
dans le QBism (2 et 3) : la dualité sans dualisme de l'origine	
et du thème de l'attention	562



Marques d'in-mondation lisibles dans le QBism (4) :	
le présupposé du libre-arbitre de l'agent	566
Le libre arbitre du physicien quantique	569
L'envers et l'endroit de l'événement créateur	574
L'endroit et l'envers de la Totalité	578
Un « nouveau réalisme » contextuel	580
Holisme et réalisme contextuel	583
Le réalisme contextuel et la norme de l'action dans le monde	585
Entre empirisme radical et réalisme	587
Sur la réalité de l'empirique	588
Retour à l'in-expérienciation du monde	591
ÉPILOGUE : DU MONDE SANS NOUS À L'INDISSOCIABLE NOUS-MONDE	593
Des « découvertes philosophiques négatives »	594
Ce qu'il y a n'est pas un objet	596
Attrait et limites du « réel voilé »	599
Au-delà, ou en-deçà, du réel voilé ?	605
Lee Smolin et le regret de l'échec multiforme du « réalisme »	
en physique quantique	607
Un nouveau « réalisme » post-quantique est-il possible ?	613
Un réalisme relationnel	615
Le réalisme relationnel est-il un réalisme réel ?	617
CONCLUSION : FIN DE LA THÉORIE, OU ÉCO-THÉORIE ?	623
La surabondance des données et l'Intelligence Artificielle	624
Un retour en force de l'empirisme... ?	626
... Ou un biais empiriste introduit a priori ?	628
Bref portrait de l'apprentissage profond :	
la fin de la théorie est-elle pour bientôt ?	632
Critique de l'Intelligence Artificielle par apprentissage profond :	
la fin de la fin de la théorie ?	636
La valeur ajoutée de la théorisation QBist	646
L'archétype « naturaliste » et son dépassement	650
De l'éco-conscience à l'éco-physique	652
BIBLIOGRAPHIE	657