

ROGER PENROSE

L'ESPRIT,
L'ORDINATEUR
ET
LES
LOIS
DE LA
PHYSIQUE



InterEditions

Table des matières

Préface	XI
Note au lecteur	XV
Prologue : Le roi est-il nu ?	1
1. Un ordinateur peut-il avoir un esprit ?	3
Introduction	3
Le test de Turing	6
L'intelligence artificielle	12
L'approche de l'IA au problème du « plaisir » et de la « douleur »	15
L'IA forte. La chambre chinoise de Searle	18
Matériel et logiciel	25
2. Algorithmes et machines de Turing	33
Les antécédents du concept d'algorithme	33
Le concept de Turing	38
L'encodage binaire des données numériques	46
La thèse de Church-Turing	51
Les nombres autres que les nombres naturels	54
La machine de Turing universelle	56
L'insolubilité du problème de Hilbert	63
Comment battre un algorithme	70
Le lambda-calcul de Church	72
3. Mathématiques et réalité	79
Le pays de Tor'Bled-Nam	79
Les nombres réels	85
Combien y a-t-il de nombres réels ?	88
La « réalité » des nombres réels	91
Les nombres complexes	93
Construction de l'ensemble de Mandelbrot	99
Réalité platonicienne ou concepts mathématiques ?	101
4. Vérité, démonstration et intuition	105
Le programme de Hilbert pour les mathématiques	105
Les systèmes mathématiques formels	109
Le théorème de Gödel	112
L'intuition mathématique	115
Platonisme ou intuitionnisme ?	120

Théorèmes du type de celui de Gödel issus du résultat de Turing	124
Les ensembles récursivement énumérables	127
L'ensemble de Mandelbrot est-il récursif ?	134
Quelques exemples de mathématiques non récursives	139
L'ensemble de Mandelbrot est-il comme les mathématiques non récursives ?	148
La théorie de la complexité	151
Complexité et calculabilité dans le monde physique	156
 5. Le monde classique	 158
Le statut de la théorie physique	158
La géométrie euclidienne	166
La dynamique de Galilée et Newton	172
Le monde mécanique de la dynamique newtonienne	179
La vie dans un monde de boules de billard est-elle calculable ?	182
La mécanique hamiltonienne	186
L'espace des phases	189
L'électromagnétisme de Maxwell	198
Calculabilité et équation de propagation	202
L'équation de Lorentz ; particules « en cavale »	203
La relativité restreinte d'Einstein et Poincaré	206
La relativité générale d'Einstein	218
Causalité relativiste et déterminisme	229
Le point sur la calculabilité en physique classique	234
Masse, matière et réalité	235
 6. Mystère et magie quantiques	 241
Faut-il que les philosophes apprennent la théorie quantique ?	241
Les insuffisances de la théorie classique	244
Les débuts de la théorie quantique	246
L'expérience des fentes de Young	248
Les amplitudes de probabilité	254
L'état quantique d'une particule	261
Le principe d'incertitude	268
Les procédures d'évolution U et R	270
Des particules dans deux endroits à la fois ?	272
L'espace de Hilbert	277
Les règles de la mesure	282
Le spin et la sphère de Riemann des états	285
Objectivité et mesurabilité des états quantiques	290
La duplication des états quantiques	292
Le spin du photon	293
Objets de spin élevé	296
Systèmes comportant plusieurs particules	298
Le « paradoxe » EPR	303

Les expériences portant sur des photons et la relativité	311
L'équation de Schrödinger et celle de Dirac	313
La théorie quantique des champs	315
Le chat de Schrödinger	316
Diverses attitudes face à la théorie quantique existante	319
Et maintenant, où en sommes-nous ?	323
7. Cosmologie et flèche du temps	327
L'écoulement du temps	327
L'inexorable accroissement de l'entropie	330
Qu'est-ce que l'entropie ?	335
Le deuxième principe en action	340
D'où vient la faible entropie de l'Univers ?	345
Cosmologie et Big Bang	351
La boule de feu primordiale	356
Le Big Bang explique-t-il le second principe ?	358
Les trous noirs	359
La structure des singularités de l'espace-temps	366
Qu'a donc eu le Big Bang de si extraordinaire ?	371
8. À la recherche de la gravitation quantique	378
La gravitation quantique, pour quoi faire ?	378
Qu'y a-t-il derrière l'hypothèse sur la courbure de Weyl ?	381
Renversement dans le temps et réduction du vecteur d'état	385
De la boîte de Hawking à l'hypothèse sur la courbure de Weyl	391
Quand le vecteur d'état subit-il une réduction ?	400
9. Cerveaux réels et modèles du cerveau	406
À quoi ressemble réellement le cerveau ?	406
Où est le siège de la conscience ?	413
Les expériences de section du corps calleux	417
La vision aveugle	420
Le traitement de l'information dans le cortex visuel	421
Comment fonctionnent les signaux neuronaux ?	422
Les modèles informatiques	426
La plasticité cérébrale	431
Les ordinateurs parallèles et l'« unicité » de la conscience	433
La mécanique quantique peut-elle avoir un rôle dans l'activité cérébrale ?	434
Les ordinateurs quantiques	436
Au-delà de la théorie quantique ?	437
10. Où réside la physique de l'esprit ?	440
À quoi sert l'esprit ?	440

Que fait réellement la conscience ?	445
Une sélection naturelle des algorithmes ?	450
La nature non algorithmique de l'intuition mathématique	453
Inspiration, intuition et originalité	455
Le caractère non verbal de la pensée	461
Une conscience animale ?	463
Le contact avec le monde de Platon	464
Une conception de la réalité physique	467
Déterminisme et déterminisme fort	469
Le principe anthropique	471
Pavages et quasi-cristaux	473
En quoi tout ceci peut éclairer la question de la plasticité cérébrale	477
Les retards de la conscience	478
L'étrange rôle du temps dans la perception consciente	482
Conclusion : l'avis d'un enfant	487
Épilogue	491
Notes	492
Remerciements	511
Bibliographie	512
Crédit des illustrations	523
Index	524

ROGER PENROSE

L'ESPRIT, L'ORDINATEUR ET LES LOIS DE LA PHYSIQUE

Préface de Martin Gardner

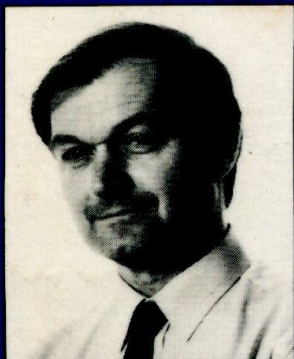
Traduit de l'anglais par Françoise Balibar et Claudine Tiercelin

Les lois de la matière et celles de l'esprit seront-elles un jour unifiées ? L'ordinateur est-il la porte ouverte sur ce nouveau monde de la conscience et de la connaissance ?

Face à ces questions nées du progrès des sciences et à la vision réductionniste de certains défenseurs de l'intelligence artificielle, un grand physicien et mathématicien ose proclamer que le roi est nu : il soutient que la physique est encore loin de pouvoir apporter le moindre élément de réponse et que le problème se situe tout autant du côté de la théorie quantique, dont nul n'ignore qu'elle est incomplète, que du côté de la relativité générale.

Il a l'élégance de le faire en honnête homme, en humaniste et en savant : situant son lecteur dans une perspective historique, il cite Euclide et Lobatchevski, Gödel, Hamilton et Newton ; instruit des enjeux actuels de la recherche, il parle de Turing, de Mandelbrot, de Weyl, de Hawking ; fasciné par la pensée créatrice et l'intuition géniale, il se fait l'écho de Platon et de Poincaré ; à la recherche de la vérité de l'intelligence, il décortique notre cerveau. Son propos est limpide et abondamment illustré.

Dans le débat éternel de l'homme face à son génie et à ses propres créatures, il ne donne pas à son lecteur l'impression d'être intelligent dès la première phrase, il lui permet tout simplement de le devenir un peu plus.



Roger Penrose est professeur de mathématiques à Oxford et a notamment travaillé avec Stephen Hawking à l'élucidation de la structure de l'Univers. Il est également célèbre pour ses « pavages » et leur application à la théorie des quasi-cristaux. Ses recherches ont inspiré certains artistes, dont M.C. Escher.

p. o'heguerty



InterEditions

ISBN 2 7296 0367 0
61 2294 9