

SOMMAIRE

<i>Préface</i>	15
<i>Préambule</i>	19
Rassembler les connaissances dans tous les domaines	24
Utiliser les dernières avancées de notre époque	28
En quête de sens	29
La question du sacré	31
<i>Avertissement au lecteur</i>	33

Partie 1

Du Big Bang chaud à l'Univers refroidi

1. La naissance de la cosmologie	37
Albert Einstein, le fondateur de la cosmologie	38
Einstein et la courbure de l'espace-temps	40
La courbure de l'espace explique la force de gravitation	42
Comment les astres se meuvent-ils dans l'espace ?	45
Les modèles cosmologiques	49
Trois pionniers s'attaquent à la modélisation du cosmos	50
Le premier indice de l'expansion de l'Univers	52
Lemaître prédit l'expansion du cosmos	54
Edwin Hubble confirme l'existence des galaxies	56
Hubble confirme et mesure l'expansion de l'Univers	59
La loi de Hubble-Lemaître	60
Que nous enseigne ce chapitre ?	62
2. L'idée du Big Bang : l'atome primitif de Lemaître	65
Que s'est-il passé un beau jour, lorsqu'en un endroit minuscule, une explosion fulgurante a traversé l'espace en créant un univers gigantesque ?	65
Repasser la bande du film à l'envers	67
Pour Lemaître, l'Univers a connu un commencement <i>ponctuel</i> et <i>chaud</i>	68
L'idée de l'atome primitif va s'imposer dans la douleur	69
Le cosmos est passé par un stade hyperconcentré	72
Le mur de Planck, une limite de la connaissance	74
Le mur de Planck recèle une signification profonde quant aux limites de la science en général	76

Que peut-on dire de réaliste sur le Big Bang ?	79
Au moment du mur de Planck :	
une bulle d'énergie porteuse d'information	81
3. Les trois premières minutes de l'Univers :	
la création de la matière et des forces.....	85
Expansion et refroidissement, le moteur de la complexité.....	86
L'expansion commence par un épisode très rapide : l'inflation.....	88
Les particules matérielles sont « immatérielles »	92
Comment la matière classique émerge de l'immatériel	94
Phase 1. La naissance des particules	
dans la bulle d'énergie primordiale.....	97
Phase 2. La formation des protons et des neutrons	
à partir des quarks	99
Phase 3. L'annihilation matière-antimatière.....	100
Phase 4. L'agrégation des noyaux atomiques.....	104
Les forces et leurs particules	104
Que déduire de ce chapitre ?	107
4. L'Univers refroidi et la « photo » du Big Bang.....	109
380 000 ans après le Big Bang, c'est la naissance des atomes.....	110
La première preuve du Big Bang	111
Le cosmos devient transparent.....	113
Voir loin, c'est voir le passé	115
Le rayonnement fossile est détecté par hasard.....	117
Le paparazzi du rayonnement fossile	120
Que nous disent les rides du temps ?	123
Que retenir de ce chapitre ?	127

Partie 2

L'écosystème galactique

5. La gravitation à l'œuvre pour structurer le cosmos.....	133
Comment la gravitation a sculpté l'Univers	134
La naissance des étoiles	137
Les étoiles s'assemblent en structures plus grandes :	
galaxies, amas... ..	141
Les étoiles meurent.....	143
Le trou noir, un endroit où l'espace-temps se déchire	146
Randonnée imaginaire dans un trou noir.....	150
Les trous noirs nous envoient des ondes gravitationnelles.....	153
Les planètes.....	157
Que conclure de ce chapitre ?.....	159
6. Les forces microscopiques à l'œuvre pour forger les éléments	
et les molécules.....	161
Les étoiles, ateliers de Vulcain.....	162
Les étoiles ensemencent l'espace en mourant	165

L'étoile, un système complexe émergent	168
L'étoile, ajustée entre l'ordre et le chaos.....	172
La complexité se démultiplie de nouveau grâce aux molécules	173
Où va se produire l'explosion de la chimie ?.....	176
L'Univers crée sans cesse de l'information	177
Que retenir de ce chapitre ?	183
7. Les grands mystères de l'Univers	185
La matière noire	186
La densité de l'Univers est précisément ajustée sur une valeur critique.....	189
L'énergie sombre.....	195
Coup de tonnerre dans l'astrophysique	197
Le devenir de l'Univers	201

Partie 3

L'apparition de la vie sur Terre

8. Les ingrédients de la vie	207
Darwin avait tout compris.....	207
Définir la vie	211
Sur Terre, les conditions étaient réunies pour permettre la vie	215
Quand la vie est-elle apparue ?	218
Une innovation : les molécules apprennent à parler.....	220
Les polymères ou pourquoi faire simple quand on peut faire compliqué ?	223
L'immense diversité offerte par les polymères : un océan de possibilités	227
La catalyse, accélérateur des réactions chimiques.....	229
Le repliement des protéines	231
Les enzymes, redoutables catalyseurs.....	235
Où en sommes-nous dans la recherche de nos origines ?	238
9. L'étincelle de vie	239
La création spontanée d'information.....	241
L'autocatalyse	244
L'hypercycle, première étape de la protovie	246
L'émergence des protocellules.....	248
Le protométabolisme	253
Le germe de la vie : l'ensemble autocatalytique	256
L'étincelle ayant mis le feu aux poudres.....	258
À la frange entre l'ordre et le chaos	261
Tous les êtres vivants se maintiennent au stade juste sous-critique	263
Une nouvelle vision de la sélection naturelle	266
La vie a émergé de l'inerte.....	268
10. L'émergence des gènes.....	271
Que sont les gènes ?	273

Les protéines reproduites en série à partir d'un patron : l'ARN.....	275
Le code génétique.....	279
La reproduction des cellules	283
Pourquoi la recherche des origines de la vie représente-t-elle un si grand défi ?.....	284
L'énigme de l'œuf et de la poule	287

Partie 4

Des premiers êtres monocellulaires à l'Homme

11. Trois milliards d'années de vie monocellulaire	293
La théorie la plus simple et la plus fructueuse	294
L'évolution darwinienne, une martingale toujours gagnante.....	297
Qu'est-ce qu'une bactérie ?.....	299
Les bactéries dominent la biosphère.....	303
Le vivant poursuit-il une finalité vers la complexité ?.....	307
Les virus : des fossiles de la vie la plus primitive	311
La cellule eucaryote, un saut important vers la complexité	313
Les bactéries et les cellules se mettent à exploiter la lumière	316
La catastrophe de l'oxygène	317
L'apparition des êtres multicellulaires	320
Les cellules se différencient	321
L'être multicellulaire se structure	322
L'être multicellulaire se reproduit.....	323
Le génome de l'être multicellulaire est un ordinateur.....	328
12. Des bactéries aux primates.....	331
Trois moteurs à l'œuvre pour élaborer les êtres les plus complexes...	331
L'évolution est-elle déterministe ?.....	332
Les premiers êtres multicellulaires.....	333
Le développement de l'embryon récapitule l'histoire des espèces	336
Plantes, champignons et animaux	338
Les grandes extinctions rebattent les cartes	339
La sortie de l'eau	341
Un poisson à l'origine des tétrapodes	343
Dinosaures d'hier et d'aujourd'hui.....	345
L'épanouissement des mammifères	346
Le retour dans l'eau	348
Notre famille : l'ordre des primates.....	349
L'apparition des singes bipèdes, les hominines.....	352
13. Homo, son cerveau, sa conscience	355
En quête des chaînons manquants, ou chercher une aiguille dans une botte de foin	357
L'ère des Australopithèques	361
Les premiers hommes	363
<i>Homo neanderthalensis</i>	365

<i>Homo sapiens</i>	366
Le cerveau humain, un réseau de dimension astronomique	367
Cerveau et intelligence artificielle	371
La conscience, un phénomène émergent ?	373
La conscience perceptive	376
La conscience réflexive	377

Partie 5

Le futur de l'humanité et le sens de l'Univers

14. Le futur de l'humanité	381
Qu'advientra-t-il de notre milieu naturel, cosmique et terrestre ?	382
Quels cataclysmes pourraient éradiquer l'humanité ?	386
La civilisation a gelé l'évolution darwinienne chez <i>Homo sapiens</i>	390
L'arrêt de la sélection naturelle est-il une bonne chose ?	392
L'évolution humaine se poursuit désormais au niveau culturel	395
L'évolution culturelle : Darwin toujours à l'œuvre ?	399
Sur quoi peut déboucher l'explosion culturelle ?	401
L'Homme symbiotique	403
Intelligence artificielle ou augmentée ?	406
Jusqu'à où peut aller l'IA ?	410
Un hyper-ordinateur serait-il doté de conscience ?	411
La civilisation colonise la Galaxie	415
15. La nature intime et le sens de l'Univers	419
La grande saga récapitulée	420
Une propriété évidente : l'Univers est intelligible	423
L'Univers est stratifié	425
L'Univers matriciel	429
L'Univers est fait pour fabriquer la complexité à partir de la simplicité	434
L'Univers est une machine à créer de l'information	436
L'Univers combine finement la diversité et l'unité	438
L'extension extrême de l'Univers dans l'espace et le temps	442
L'Univers est très singulier et improbable	444
Le principe anthropique	446
La conception divine de l'Univers est contrainte par l'histoire naturelle	450
La conception athée de l'Univers est, elle aussi, contrainte	455
L'idée du multivers	458
Que nous enseigne le multivers ?	461
L'Univers a-t-il un sens ?	463
<i>Remerciements</i>	467
<i>Lexique</i>	469