

SPOT
SCIENCES

Michel Galiana-Mingot

Préface de l'astrophysicien
Michel Cassé

Les clés secrètes de l'Univers

*Émergence de l'Univers, de la vie
et de l'Homme*



edp sciences

Les clés secrètes de l'Univers

*Émergence de l'Univers, de la vie
et de l'Homme*

SPOT
SCIENCES
HISTOIRE

Michel Galiana-Mingot

Comment est né l'Univers et d'où vient-il ?

Comment se sont opérées les transitions les plus improbables
et quelles seront les prochaines ?

Était-il fait pour porter la vie ?

Tout ceci est-il l'œuvre d'une puissance supérieure ou bien peut-il
résulter du hasard ?

Ces questions s'éclairent sous un jour nouveau lorsqu'on examine
l'histoire naturelle dans sa totalité, de A à Z : du Big Bang à l'Homme. On
découvre des mécanismes sous-jacents qui se répètent quand se forme
une étoile ou une galaxie, quand naissent les éléments chimiques au
cœur des étoiles, quand émergent la vie, l'Homme et les sociétés. Cette
cohérence interpelle et donne un sens particulier à l'Univers.

Les thèses scientifiques les plus avancées sont présentées pour être
accessibles à un public non scientifique mais curieux vis-à-vis de
l'Univers et de la vie.

Retrouvez l'auteur sur son site
<https://mgm-ec.fr>

ISBN :

978-2-7598-2534-9



9 782759 825349

edp sciences
www.edpsciences.org

*Ce livre est dédié à une dynastie d'astrophysiciens commençant par **George Gamow**, l'un des inventeurs du Big Bang, se poursuivant par son émule **Hubert Reeves**, puis par l'élève de ce dernier, **Michel Cassé**. Tous trois de grands pédagogues sachant transmettre leur passion au plus grand nombre.*

Les clés secrètes de l'Univers

Les clés secrètes de l'Univers

*Émergence de l'Univers,
de la vie et de l'Homme*

MICHEL GALIANA-MINGOT

The logo for 'edp sciences' features the lowercase letters 'edp' in a stylized, interconnected font, followed by the word 'sciences' in a clean, sans-serif typeface.

17, avenue du Hoggar – P.A. de Courtabœuf
BP 112, 91944 Les Ulis Cedex A

SPOT Sciences

Collection destinée à un large public qui invite le lecteur à découvrir à travers des essais toute une palette des sciences : histoire, origines, découvertes, théories, jeux...

Dans la collection

« L'histoire du cerveau », *Voyage à travers le temps et les espèces*, Y. GAHÉRY,
ISBN : 978-2-7598-2479-3 (2021)

« La pensée en physique », *Diversité et unité*, J.P. PÉREZ,
ISBN : 978-2-7598-2481-6 (2021)

Retrouvez l'auteur sur son site <https://mgm-ec.fr>

Composition et mise en pages : Flexedo

Imprimé en France

ISBN (papier) : 978-2-7598-2534-9

ISBN (ebook) : 978-2-7598-2564-6

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, 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 intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences, 2021



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 matriochka	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

PRÉFACE

Homme triple, de direction (il est droit), de décision (il est décidé) et de réflexion (il est érudit), Michel Galiana-Mingot déroule devant nous le tapis étoilé et fleuri de la cosmobiologie. Cet honnête homme du XXI^e siècle descend le temps comme un fleuve et engrange connaissance sur connaissance depuis la source de la matière jusqu'à l'embouchure de la vie et de la conscience. Avec une maestria digne d'Hubert Reeves, il partage sans compter les bontés du ciel et de la vie. Rien n'est laissé au hasard, ou plus exactement, la part qui revient au hasard est légitimée.

Son but est clair :

« partager une vision holistique en parcourant l'histoire du Big Bang à l'Homme : un éclairage qui donne une nouvelle perspective à l'Univers et à la vie. Imaginez que vous êtes né comme moi, dans une vallée des Alpes. Vous avez l'habitude de vous déplacer à basse altitude là où se trouve votre école, votre maison, les commerces, etc. Pensez qu'un jour, votre père achète deux tickets au téléphérique des Grands Montets et vous amène en quelques minutes, à 3 300 mètres d'altitude. De là, il vous montre la vallée où vous habitez, puis celle où se trouve votre cousine, celle où vous allez en promenade dans la forêt,

et au loin, la ville. Les autres montagnes qui vous semblaient si grandes, apparaissent maintenant plus petites et ont changé de forme... J'ai éprouvé ce sentiment en décryptant patiemment tous les mystères de l'Univers pendant des décennies. »

Bref, il ne faut pas se faire de la cosmologie une montagne ! C'est tout à la fois un beau morceau de science, une épopée et une fable. Cet univers rafraîchissant, four éteint il y a 13,8 milliards d'années, se donne le luxe de s'observer lui-même à travers les yeux de Michel Galiana-Mingot qui a plus de souvenirs que s'il avait 14 milliards d'années, ceci dans toutes les phases de son évolution. Du Big Bang et la percée de la lumière, jusqu'à la diaspora universelle, en passant par la vie et l'œuvre des étoiles, des cellules et des êtres métaphysiques, le périple couvre toutes les étapes, ceci avec une précision lucide dans le choix et la description des transitions de phases et mutations qualitatives, pour ne pas dire des sauts et des révolutions.

Il est heureux qu'un ancien directeur de Sony Europe se mêle de cosmologie, de biologie et de métaphysique. Je forme le vœu que le monde économique, militaire et politique s'en inspire. On demande bien à l'homme de sciences d'avoir une conscience politique ! Pourquoi nos responsables syndicaux et chefs d'entreprise, nos maires, nos sénateurs et députés n'auraient-ils pas une conscience cosmologique ? Nos consciences stellaires s'offusqueraient alors d'entendre parler de guerre des étoiles.

Il faut donc considérer *Les Clés secrètes de l'Univers* comme un ouvrage salutaire pour la société dans une période où, fragilisée et crédulisée, elle se donne parfois à des philosophes et démiurges de bazar.

La partie métaphysique, dûment estampillée, ni théiste, ni athéiste, ni panthéiste, évoque le débat entre Einstein et le philosophe Tagore, dont voici la fin :

TAGORE. – La science a prouvé que la table, comme un objet solide, est une apparence. Ainsi, ce que l'esprit humain perçoit

comme une table, n'existerait pas si cet esprit était absent. Dans le même temps, il faut admettre que le fait que la réalité physique ultime ne soit qu'une multitude de vibrations localisées de forces électriques, appartient aussi à l'esprit humain.

Dans l'appréhension de la vérité, il est un conflit éternel entre l'esprit humain universel et le même esprit confiné dans l'individu. Le processus de réconciliation est perpétuellement en chemin en notre science, notre philosophie et notre éthique. En tout cas, s'il est une vérité absolue n'ayant rien à voir avec l'humanité, alors pour nous, elle est absolument non existante.

Il n'est pas difficile d'imaginer un esprit pour lequel les choses ne se passent pas dans l'espace, mais seulement dans le temps, comme les séquences de notes dans la musique. Pour un tel esprit, cette conception de la réalité est proche de la réalité musicale dans laquelle la géométrie de Pythagore ne peut avoir de sens. La réalité du papier est infiniment différente de celle de la littérature. Pour l'esprit dont est dotée une mite mangeant le papier, la littérature est absolument inexistante, mais pour celui de l'Homme, elle présente une vérité de plus grande valeur que le papier lui-même. D'une manière similaire, s'il existe une réalité dénuée de toute relation sensorielle ou rationnelle avec l'esprit humain, elle restera inexistante pour nous tant que nous restons des êtres humains.

EINSTEIN. – Alors, je suis plus religieux que vous.

La valeur scientifique et pédagogique de cette somme de savoirs fait de Michel Galiana-Mingot un nouveau guide des égarés.

Michel Cassé, astrophysicien

de la dégradation universelle. Une partie d'un système peut évoluer vers l'organisation et la complexité (moins d'entropie) à condition que le reste du système évacue une entropie supérieure à celle perdue, en général sous forme de chaleur.

Singularité : Dans les situations où la force de gravitation est extrême, comme le Big Bang ou les trous noirs, toutes les grandeurs deviennent infinies et les lois physiques ne sont plus cohérentes. Sans savoir décrire réellement ces situations, on considère généralement qu'elles représentent une sorte de fin de l'espace-temps : un bord ou un déchirement.

Spectre lumineux et raies d'absorption : Le spectre d'une lumière est sa décomposition en couleurs, du rouge au violet, comme on le voit dans un arc-en-ciel. Dans le spectre, on observe des traits noirs, les raies d'absorption. Elles montrent que certains atomes ou molécules sont présents dans la source qui l'émet.

Sphère de dernière diffusion : Voûte céleste examinée à une distance de 13,8 milliards d'années-lumière, qui correspond à l'époque d'émission du rayonnement fossile. La première photographie de cette sphère a été prise par le satellite *COBE* et traitée par G. Smoot en 1992.

Tenseur : Tableau de chiffres (ou *matrice*) utilisé pour décrire certaines grandeurs ne pouvant être représentées par un chiffre unique. La courbure de l'espace-temps en est un exemple. Le *calcul tensoriel* permet de conduire des opérations avec les tenseurs.

Théisme : Conception d'un Dieu *transcendant*, susceptible d'intervenir dans la gestion des affaires humaines (émergence de la vie, de la conscience, miracles, etc.). S'oppose au *déisme*.

Théorie des cordes : Théorie en développement, visant à unifier mécanique quantique et relativité. Elle repose sur l'idée que les particules émergeraient à partir de cordes vibrantes plus petites que la distance de Planck. Les formes de la matière seraient des modes vibratoires de ces cordes. Après beaucoup d'engouement, la motivation des chercheurs pour cette théorie s'est émoussée devant les difficultés mathématiques soulevées.

Théorie des graphes : Discipline des mathématiques, dédiée à l'étude des réseaux.

Théorie du tout : Se réfère au *Saint Graal* de la physique, une théorie qui unifierait mécanique quantique et relativité. Idéalement, les paramètres que les physiciens fixent aujourd'hui arbitrairement comme les masses des particules, découleraient d'une telle théorie.

Traduction génétique : Processus convertissant une séquence d'ARN en une protéine dans les bactéries et les cellules. Une machinerie enzymatique complexe l'exécute.

Transition de phase : À l'origine, il s'agit de la transition qui mène d'un état de la matière vers un autre : par exemple, le passage de l'état liquide à l'état gazeux. Par extension, s'utilise pour représenter des changements soudains, affectant tout un milieu, au moment précis où une variable franchit un seuil donné (souvent une température).

Univers-jouet : Univers simulé mathématiquement en fixant arbitrairement un certain nombre de paramètres. Les univers-jouets sont fictifs, mais ils sont essentiels pour comprendre notre propre univers.

Univers stationnaire : Modèle d'univers développé par Fred Hoyle comme une alternative au Big Bang. Il ne présente pas d'origine. Il est en expansion, mais celle-ci est compensée par une création continue de matière, de sorte qu'il apparaît toujours identique. Le modèle a été rejeté quand les preuves du Big Bang se sont accumulées.

WIMPs (*Weakly Interacting Massive Particles*) : Particules inconnues qui composeraient la matière noire. Activement recherchées au LHC à Genève.