



SÉBASTIEN CARASSOU
LE COSMOS
ET NOUS

ÉQUATEURS

LE COSMOS

ET NOUS

SÉBASTIEN CARASSOU

LE COSMOS ET NOUS

ÉQUATEURS

Illustrations : Stéphane Rozencwajg.

ISBN 978-2-84990-716-0.

Dépôt légal : octobre 2021.

© Éditions des Équateurs / Humensis, 2021.
170 *bis*, boulevard du Montparnasse, 75014 Paris.

contact@editionsdesequateurs.fr
www.editionsdesequateurs.fr

Sommaire

<i>Introduction.</i>	L'univers, c'est un livre	9
<i>Chapitre 1.</i>	Le Voyage fantastique <i>De quoi sommes-nous faits ?</i>	17
<i>Chapitre 2.</i>	Vous êtes ici <i>Quelle est notre place dans le cosmos ?</i> . .	43
<i>Chapitre 3.</i>	L'Origine du monde <i>(Comment) l'univers est-il né ?</i>	73
<i>Chapitre 4.</i>	Matière à réflexion <i>D'où viennent nos atomes ?</i>	105
<i>Chapitre 5.</i>	Le sens de « la vie » <i>Qu'est-ce qui relie le monde vivant ?</i> . . .	141
<i>Chapitre 6.</i>	Maison Téléphone E.T. <i>Sommes-nous seuls ?</i>	185
<i>Épilogue.</i>	Le cosmos et moi	245
<i>Remerciements</i>		253
<i>Bibliographie</i>		257
<i>Index</i>		277

Introduction

L'univers, c'est un livre

Dans ce grand enchaînement de causes et d'effets, aucun fait ne peut être considéré isolément.

Alexander von Humboldt,
Essai sur la géographie des plantes (1807).

D'aussi loin que je me souviens, j'ai toujours éprouvé une fascination particulière pour les grandes questions. *Qui sommes-nous ? D'où venons-nous ? Quelle est notre place dans l'univers ?* Ces interrogations font partie intégrante de la condition humaine, et je pense pouvoir affirmer sans trop me tromper qu'elles nous ont tous traversés l'esprit au moins une fois dans nos vies. Mais la plupart d'entre nous sont rapidement rattrapés par des considérations plus « terre à terre », et finissent par ne plus y prêter attention, soit par manque d'intérêt, soit par manque de moyens, soit parce que la culture dans laquelle nous évoluons apporte son lot de réponses toutes faites et dont la véracité ne se discute pas vraiment. Pour ma part, j'ai la chance d'avoir grandi

dans des conditions matérielles qui m'ont permis de ne jamais avoir à m'en désintéresser. C'est en nourrissant l'espoir secret qu'un jour je pourrais enfin apporter des réponses claires à ces questions que je suis devenu astrophysicien.

Avec le recul, cet espoir était peut-être un brin naïf, et le début de ma carrière académique m'a souvent fait penser à cet adage du célèbre dessinateur Boulet : « Lourd est le parpaing de la réalité sur la tartelette aux fraises de nos illusions. » Car si ce sont bien les grandes questions qui motivent la plupart des scientifiques, j'ai rapidement découvert que leur travail au quotidien s'avérait bien éloigné de ces considérations. Il n'y a pas à chercher très loin pour comprendre pourquoi : la nature est infiniment complexe, et il est incroyablement difficile d'apporter des réponses fiables aux grandes questions en s'y confrontant directement.

Ainsi, au cours de ma thèse, la grande question qui m'a particulièrement occupé l'esprit pouvait se résumer ainsi : « Comment les *galaxies*, ces immenses et majestueuses collections d'étoiles liées par leur gravitation mutuelle, ont-elles évolué au fil de l'histoire de l'univers ? » Pour résoudre un problème aussi vaste, une vie entière ne suffirait pas. J'ai donc dû troquer ma grande question contre une série de petites questions, moins ambitieuses mais bien plus solubles : comment mesure-t-on l'évolution de l'univers à grande échelle ? Quels sont les processus physiques et chimiques à l'origine des propriétés lumineuses des galaxies ? Comment nos images de galaxies réalisées par nos meilleurs observatoires sont-elles produites ? Comment pourrait-on

simuler les différentes formes que prennent les galaxies dans un ordinateur? Comment comparer de manière rigoureuse nos fausses galaxies simulées aux véritables galaxies issues de nos observations astronomiques?

Ces « petites » questions ont beau être plus pragmatiques, elles ne sont pas simples pour autant. Y répondre requiert un travail d'enquête approfondi qui consiste à élaborer des *théories*¹ et à tester leur validité par le biais d'expériences ou d'une campagne d'observations minutieuses. Plus une théorie permettra de décrire et de prédire avec justesse le comportement d'un phénomène, plus notre degré de confiance dans sa validité sera grand². Mais ce degré de confiance n'atteindra jamais les 100 %. En sciences, les réponses définitives et les vérités absolues n'existent pas. Il n'y a qu'un aller-retour incessant entre nos théories (qui servent à produire et à interpréter de nouvelles observations) et nos observations (qui servent à leur tour à étendre le champ de validité de nos théories). Ce pro-

1. Dans le langage courant, les termes « théorie » et « hypothèse » sont souvent confondus, et cela donne lieu à de nombreuses situations néfastes pour l'appréhension des connaissances scientifiques. On entend ainsi certaines personnes balayer d'un revers de main des portions entières de notre compréhension du monde, comme la théorie de l'évolution ou celle du changement climatique d'origine anthropique, sous prétexte qu'elles ne seraient « que des théories », au sens où elles ne seraient que des hypothèses sans fondement. Mais, en sciences, le mot « théorie » a un sens différent du sens commun. En effet, une théorie s'appuie *toujours* sur un ensemble de faits qui ont été confirmés à plusieurs reprises par l'observation et l'expérience.

2. En outre, lorsque les scientifiques font face à plusieurs théories qui expliquent un phénomène avec un degré de précision similaire, ils et elles auront tendance, en règle générale, à privilégier la théorie qui fait appel au nombre minimal d'hypothèses. Ce *principe de parcimonie* revêt une grande importance dans la démarche scientifique.

cessus est un travail long, fastidieux, et surtout sans garantie de résultat, puisque la nature se montre souvent beaucoup plus imaginative que les scientifiques. Mais ce n'est qu'à ce prix que nous pouvons produire des connaissances fiables sur le monde.

Faire partie d'une communauté de personnes ayant consacré des années, voire des décennies, à tenter d'apporter leur pierre, aussi minuscule soit-elle, à l'édifice de nos connaissances a été l'un des grands privilèges de ma vie. Mais cette expérience n'a pas été sans son lot de frustrations. La focalisation (nécessaire) des scientifiques sur les « petites » questions, ainsi que l'exténuante course à la publication imposée aux jeunes chercheur·e·s, laissent en pratique peu de temps à ces dernier·e·s pour développer une vision d'ensemble de leur domaine d'étude. Par conséquent, le monde de la recherche a tendance à produire beaucoup plus de spécialistes que de généralistes. En ce qui me concerne, je n'avais pas du tout le profil d'un spécialiste.

Ma curiosité a toujours été aussi insatiable que peu dirigée. Les galaxies sont des phénomènes naturels qui me fascinent, mais je pourrais en dire tout autant du vol synchronisé des nuées d'étourneaux, de l'incroyable diversité des fossiles du Cambrien, des océans souterrains des lunes de Saturne, des relations symbiotiques entre plantes et champignons, des extinctions de masse qui ont ponctué l'histoire de la Terre, des lignes de chanson des aborigènes australiens, de l'émergence de la conscience chez les êtres humains ou du comportement déroutant des particules élémentaires. C'est ainsi que, malgré ma passion viscérale pour les

sciences de l'univers, j'ai fini par me sentir à l'étroit dans ma propre discipline. Un comble, pour quelqu'un qui pensait consacrer sa carrière à étudier les structures les plus vastes du cosmos !

Une fois mon doctorat en poche, j'ai donc quitté la recherche académique pour me consacrer à la vulgarisation scientifique, une activité épanouissante qui me laisserait tout le loisir d'explorer d'autres continents de la pensée humaine. Je ressentais à cette époque le besoin pressant de prendre du recul sur ce que j'avais appris jusque-là, et de remettre ces connaissances dans un contexte plus large. Je me suis alors lancé dans un projet fou : celui d'examiner dans quelle mesure les sciences contemporaines nous permettent de répondre à nos grandes questions existentielles. Le livre que vous tenez entre les mains est l'aboutissement de cet effort d'investigation.

On dit que l'astronomie est une pratique qui rend humble. Mais, en me lançant dans une telle entreprise, j'avoue avoir péché par hubris. Sans surprise, l'ampleur de la tâche m'a régulièrement tétanisé, à tel point qu'un projet qui ne devait me prendre qu'une année de ma vie a fini par en dévorer quatre. J'ai néanmoins trouvé du réconfort et de l'inspiration dans le fait que ma quête était loin d'être nouvelle, et qu'elle s'inscrivait même dans une véritable tradition littéraire : celle des grands récits scientifiques replaçant l'Humanité dans son contexte cosmique.

Cette tradition a été initiée il y a plus d'un siècle et demi par le naturaliste allemand Alexander von Humboldt. Après une vie bien remplie consacrée à

l'exploration scientifique du globe, Humboldt s'était en effet lancé dans ce qu'il considérait comme l'œuvre de sa vie : caser l'intégralité du monde matériel dans un unique ouvrage. Au bout de plus d'une décennie d'écriture, celui-ci finit par voir le jour sous le titre de *Cosmos : essai d'une description physique du monde*, une collection en cinq volumes publiée entre 1845 et 1862. Dans un style mêlant science et poésie, Humboldt embarquait ses lecteurs et ses lectrices dans une odyssée à travers l'univers, depuis les étendues interstellaires jusqu'aux profondeurs de la Terre, mais aussi à travers les temps historiques, depuis la naissance des civilisations jusqu'au réseau intriqué d'échanges culturels et commerciaux entre les nations du monde entier. *Cosmos* n'était pas une simple agrégation des savoirs de son époque, comme pouvait l'être l'*Encyclopédie* de Diderot et d'Alembert. Il constituait pour Humboldt un moyen de partager sa vision esthétique et holistique du cosmos, celle d'un grand Tout aussi élégant qu'ordonné qui relie l'ensemble des phénomènes naturels entre eux dans une vaste toile de causes et d'effets.

Je n'ai ni la vie aventureuse, ni la formidable éloquence d'Alexander von Humboldt. Mon seul avantage par rapport à cet illustre scientifique est d'être né bien plus tard, à une époque où la sophistication croissante de nos méthodes d'investigation du réel est en train de révolutionner notre vision du monde, et où les découvertes s'accélérent à un rythme époustouflant. Au cours de mes maigres 29 années d'existence, j'ai ainsi assisté, entre autres, à la détection de la première planète au-delà de notre système solaire (j'avais alors trois ans), à la

découverte de l'accélération de l'expansion de l'univers (j'avais alors huit ans), à la complétion du séquençage du génome humain (j'avais alors 11 ans), ainsi qu'au dévoilement des premières images de la silhouette d'un trou noir (j'avais alors 27 ans). Comme nous allons le voir, les prochaines décennies nous réservent encore bien des surprises.

Que nous apprennent les sciences du ^{xxi}e siècle sur la Vie, l'Univers, et le Reste ? C'est ce que je vous propose de découvrir à travers les chapitres de cet ouvrage. Notre périple nous emmènera aux confins du cosmos, à la rencontre des cataclysmes célestes qui ont permis notre existence. Nous éplucherons la réalité couche par couche, à la recherche de ses constituants les plus fondamentaux, nous nous interrogerons sur la nature des liens invisibles qui tissent la toile du vivant sur Terre depuis des milliards d'années, et nous nous demanderons enfin si le miracle de la vie a pu se produire ailleurs.

Paré-e pour l'embarquement ?

Chapitre 1

Le Voyage fantastique

De quoi sommes-nous faits ?

Sorti du berceau,
Le voici,
Debout,
Sur la terre ferme :
Atomes dotés de conscience ;
Matière mue par la curiosité.
Au bord de la mer,
Il s'émerveille : Moi
Un univers d'atomes,
Un atome dans l'univers.

Richard Feynman.

Si vous deviez ne choisir qu'un super-pouvoir, lequel serait-il ? La force surhumaine de Superman ? L'invisibilité de Mme Fantastique ? La super-vitesse de Flash ? Personnellement, c'est le pouvoir d'Ant-Man, l'homme-fourmi, que je choisirais sans hésiter. Dans l'univers du *comic book*, le biochimiste Hank Pym offre à l'ancien cambrioleur Scott Lang l'incroyable capacité

de rétrécir à l'envi lorsque ce dernier est exposé à un flux de « particules Pym », un groupe de particules subatomiques fictives aux propriétés magiques. La combinaison spéciale développée par Pym permet à Scott Lang de voyager librement à travers les échelles de la nature. Bonne nouvelle : cette combinaison est désormais la vôtre, et nous allons nous en servir tout au long de ce chapitre pour nous confronter aux structures de l'infiniment petit.

Nous ne pourrions malheureusement pas embarquer dans une telle aventure sans briser quelques lois de la physique. Si l'on considère que l'homme-fourmi rétrécit tout en conservant sa masse, ce dernier subirait en effet une augmentation drastique de sa *densité*, c'est-à-dire du rapport entre sa masse et son volume. La densité d'un Ant-Man de la taille d'une fourmi serait ainsi équivalente à celle d'un résidu stellaire, et ferait inévitablement plonger notre minuscule héros vers le centre de la Terre. Pour les besoins de notre histoire, nous allons donc considérer que votre combinaison est capable d'altérer votre taille tout en conservant votre densité, et qu'elle est équipée d'une réserve d'oxygène qui vous évitera de vous asphyxier avant la fin du voyage.

Une fois débarrassé·e·s de ces contraintes, mettons-nous en situation. Assis·e sur un banc, vous profitez d'une belle journée ensoleillée avec M. Tompkins, un employé de banque d'âge mûr avec qui vous avez sympathisé il y a fort longtemps. Le vieil homme est rapidement devenu pour vous un mentor et un ami, et vous chérissez les longues soirées que vous avez

passées ensemble à discuter du fonctionnement du monde. Le parc dans lequel vous vous trouvez est très peu fréquenté. L'endroit est idéal pour entamer votre périple. Vous avez eu la bonne idée de dissimuler votre costume d'homme-fourmi sous une couche de vêtements afin de ne pas attirer l'attention. Après une longue conversation avec M. Tompkins, ce dernier vous a donné son consentement pour que vous vous introduisiez à l'intérieur de son corps, à condition de ne pas perturber son fonctionnement interne. « De grands pouvoirs impliquent de grandes responsabilités ! », assène-t-il d'un ton moqueur, en tendant sa main vers vous. Vous prenez alors votre élan, et vous vous jetez sur la main de votre ami en activant le pouvoir de votre combinaison.



L'univers de M. Tompkins

Facteur de rétrécissement : 1 000.

Votre taille : un peu plus d'un millimètre.

Alors que vous filez dans les airs, emporté-e par votre élan, votre environnement enfle à vue d'œil. Vous atterrissez sur une surface irrégulière constituée de plis et de tourbillons de peau entrecroisés. Alors que vous vous familiarisez avec votre nouvelle taille, qui côtoie celle d'une fourmi, vous tâtez le sol autour de vous. Celui-ci présente un motif caractéristique, et vous réalisez rapidement que vous vous trouvez sur l'un des doigts de M. Tompkins. Vous retirez brièvement votre casque, afin de percevoir votre environnement le plus directement possible. Un curieux phénomène se produit alors : le monde autour de vous devient soudainement aussi obscur qu'une nuit de pleine lune. Vous étiez pourtant parti-e en plein jour !

Il s'agit là d'un désagrément auquel tout explorateur-ice de l'infiniment petit sera confronté-e. En effet, avant d'atteindre la rétine, la lumière que l'on perçoit doit passer à travers la pupille. Cet orifice circulaire possède un diamètre variable qui permet à l'œil de doser la quantité de lumière qu'il reçoit. Problème : votre pupille est désormais 1 000 fois plus petite que sa taille normale. Votre œil ne reçoit donc plus qu'une minuscule fraction de la lumière ambiante. Résultat : plus vous rétrécirez, plus votre environnement vous semblera sombre.

- Vilenkin (Alexander) : 100, 261, 262.
Virgo (observatoire) : 135, 136.
virus : 156, 159, 177, 180, 181, 245, 266-268.
vitalisme (conception du vivant) : 149-152, 268, 270.
vitesse de la lumière : 47, 54, 56, 93, 134, 137, 213.
Voie lactée : 45, 57-64, 71, 76, 79, 83, 86, 91, 130, 137, 241, 249.
Voyager (sondes) : 53, 54, 213.
Watson (James) : 151.
Wells (H. G.) : 188, 208.
White (Daniel) : 143, 269.
Wilkins (Maurice) : 151.
Wilson (Robert) : 85-87.
WIMPs : 66.
Woese (Carl) : 169-171, 269.
Wöhler (Friedrich) : 151.
zéro absolu : 87, 204.
zircon : 201, 270.
zone d'habitabilité : 215, 217, 218, 220, 221, 222, 229.
Zwicky (Fritz) : 66.
67P/Tchourioumov-Guérassimenko : 196.

ÉDITIONS **DES** ÉQUATEURS

www.editionsdesequateurs.fr

