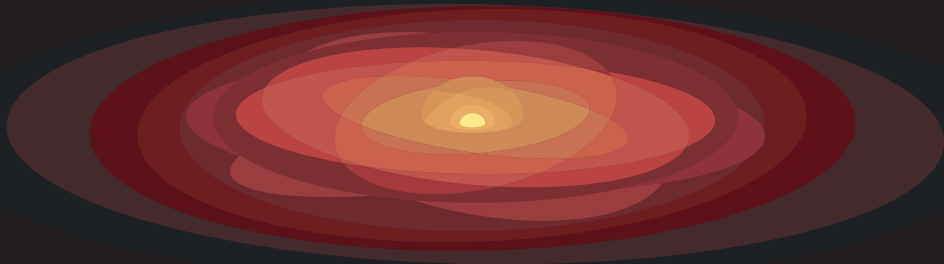


L'UNIVERS
COMME VOUS NE L'AVEZ
JAMAIS VU





CHARLES LIU

**L'UNIVERS
COMME VOUS NE L'AVEZ
JAMAIS VU**

DU BIG BANG À NOS JOURS ET AU-DELÀ

TRADUIT DE L'ANGLAIS PAR
CHARLES FRANKEL

ILLUSTRÉ PAR
MAKSIM MALOWICHKO

DUNOD



Inspiring | Educating | Creating | Entertaining

Brimming with creative inspiration, how-to projects, and useful information to enrich your everyday life, quarto.com is a favorite destination for those pursuing their interests and passions.

First published in 2022 by Ivy Press, an imprint of The Quarto Group, under the title *The cosmos explained: A history of the universe from its beginning to today and beyond*.

L'édition originale de cet ouvrage a été publiée en 2022 par Ivy Press, une marque du groupe Quarto, sous le titre *The cosmos explained: A history of the universe from its beginning to today and beyond*.

The Old Brewery, 6 Blundell Street
London, N7 9BH,
United Kingdom
T (0)20 7700 6700

www.quarto.com

Design © 2022 Quarto
Text © 2022 Charles Liu

Design : Kevin Knight
Illustrations : Maksim Malowichko,
sauf indication contraire, p. 192

Direction artistique de la couverture :
Nicolas Wiel
Couverture : Julie Coinus

© Dunod, 2022 pour la traduction française
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-084269-8

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), 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 ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4) Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.



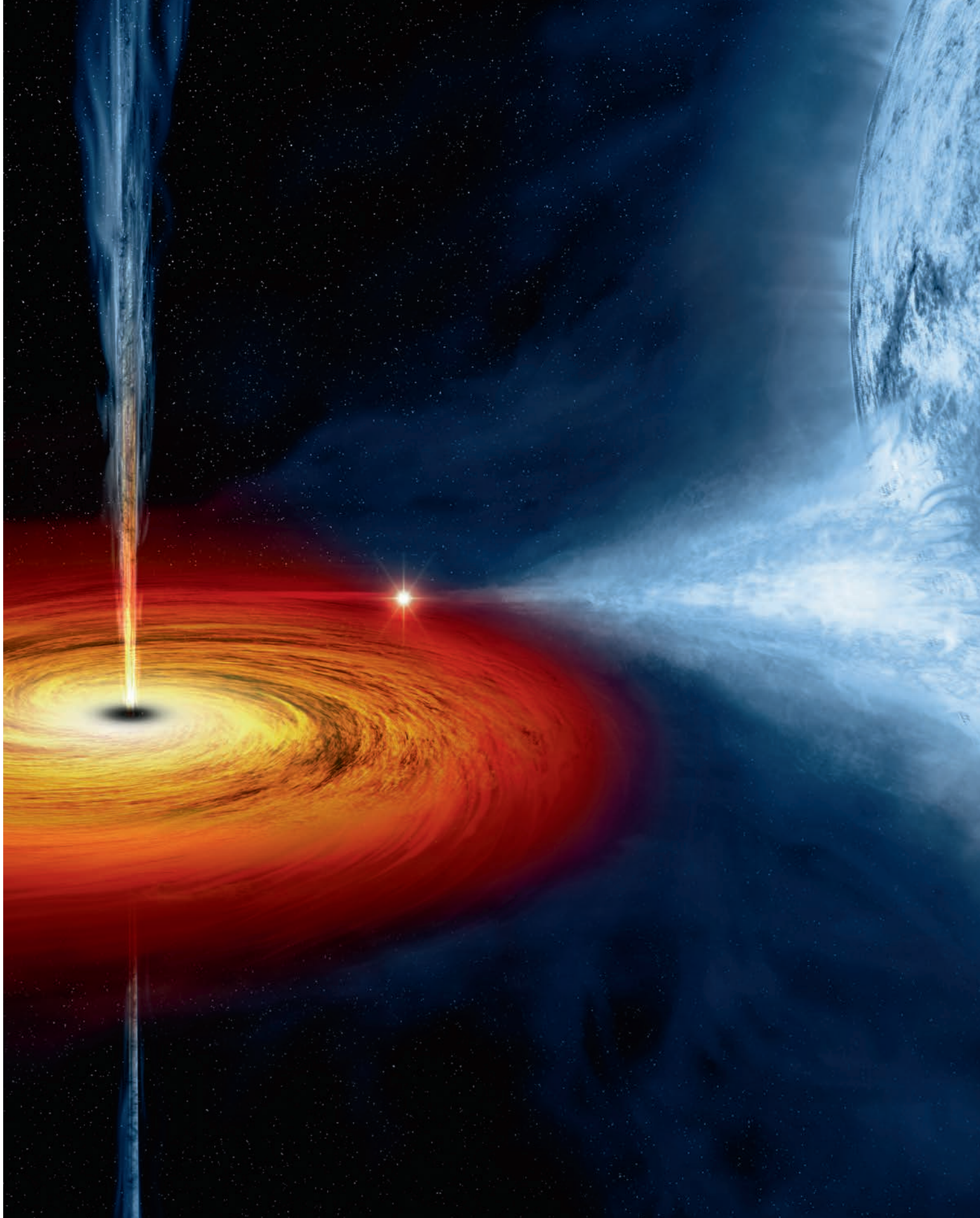
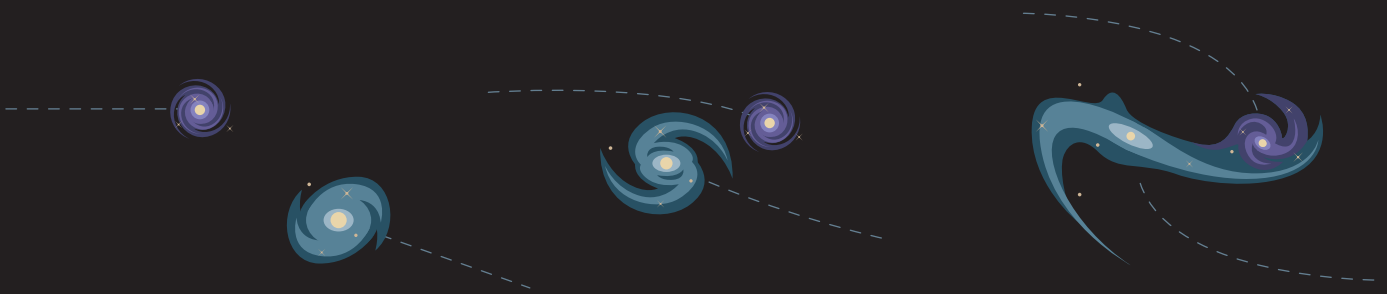


Table des matières

Introduction	8		
Le premier centième de milliardième de milliardième de seconde	10	400 millions d'années après le Big Bang	56
Cinq minutes après le Big Bang	24	4 milliards d'années après le Big Bang	70
400 000 ans après le Big Bang	40	Il y a 4,6 milliards d'années	84



Il y a 4,56 milliards d'années 98

Il y a 3,8 milliards d'années 112

Il y a 1,3 milliard d'années 126

Il y a 170 000 ans 140

21 juillet 1969 156

Le futur de l'Univers 170

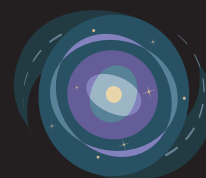
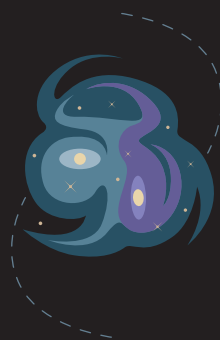
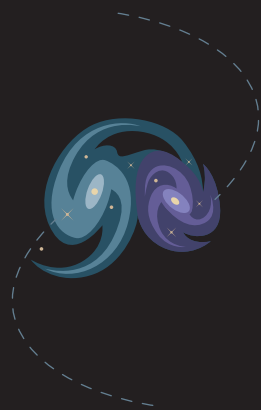
Glossaire 184

Pour aller plus loin 186

Index 188

À propos de l'auteur 191

Remerciements et crédits 192



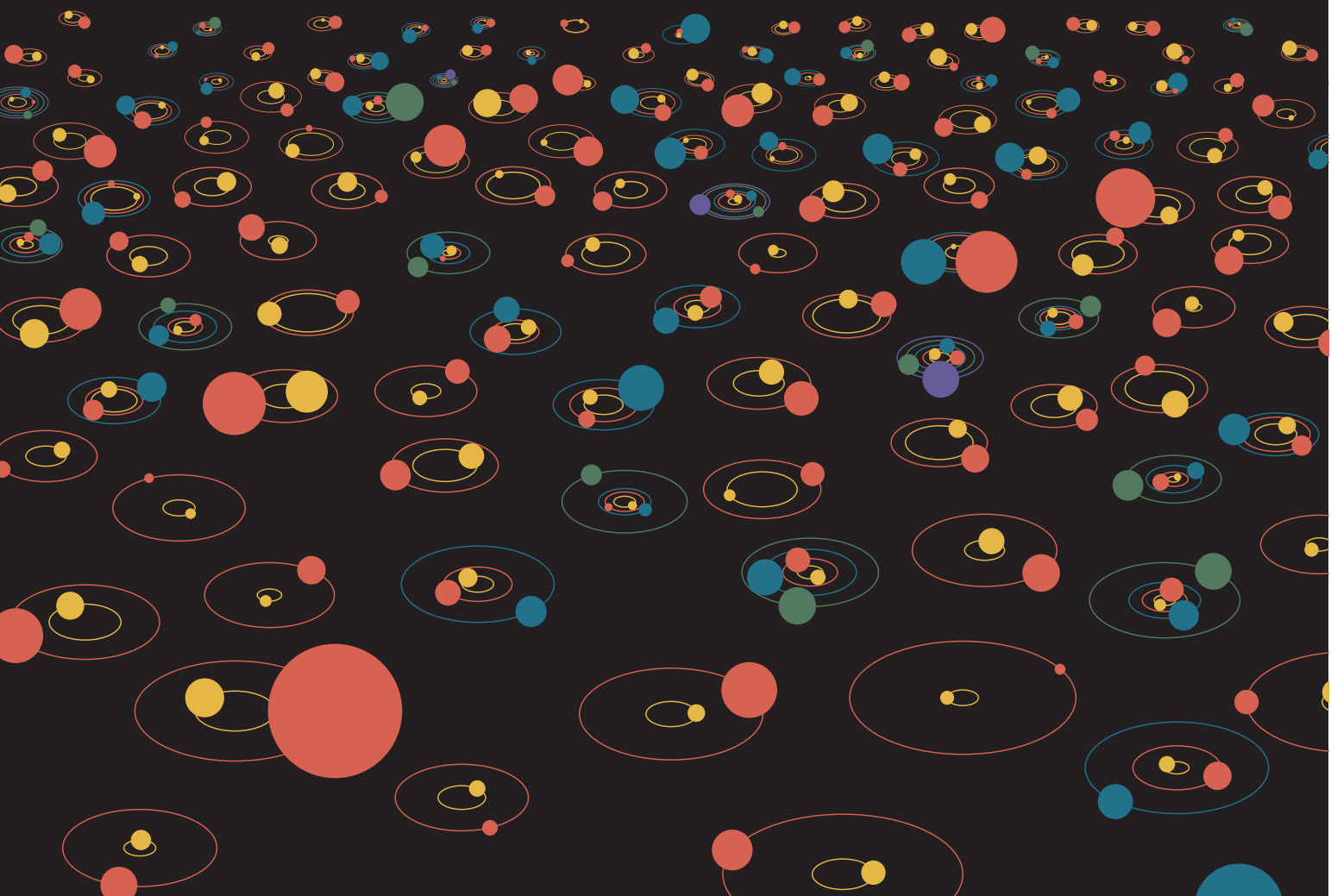
Introduction

Le commencement. Le passé. Le présent. L'avenir. La fin. Nous, les êtres humains, sommes des créatures fascinées par le temps, par ce qui vient avant et par ce qui viendra après. Nous voulons toujours connaître une histoire de son début à sa fin. Nous sommes aussi des êtres curieux par essence, posant continuellement des questions. Nous ne marquons une pause dans nos interrogations que lorsque nous sommes satisfaits des réponses – et cela ne dure d'ailleurs qu'un temps, car inévitablement, de nouvelles questions se bousculent dans nos têtes.

Ces deux grandes motivations – connaître toute l'histoire, ainsi que les mécanismes qui la

sous-tendent – convergent de façon spectaculaire lorsqu'il s'agit de raconter l'histoire de l'Univers : celle de tout l'espace, toute la matière, toute l'énergie, et tout le déroulement du temps. Lors de notre brève existence, on ne saurait apprendre qu'une minuscule fraction de ce vaste sujet cosmique. Nous existons dans le présent : pouvons-nous seulement plonger dans le passé jusqu'à l'origine même du cosmos, et nous projeter dans le futur jusqu'à son destin ultime ?

Étonnamment, nous le pouvons. De la même manière que notre civilisation a écrit son histoire, que pourront lire les générations futures, l'Univers a laissé ses propres notes. Tout ce que

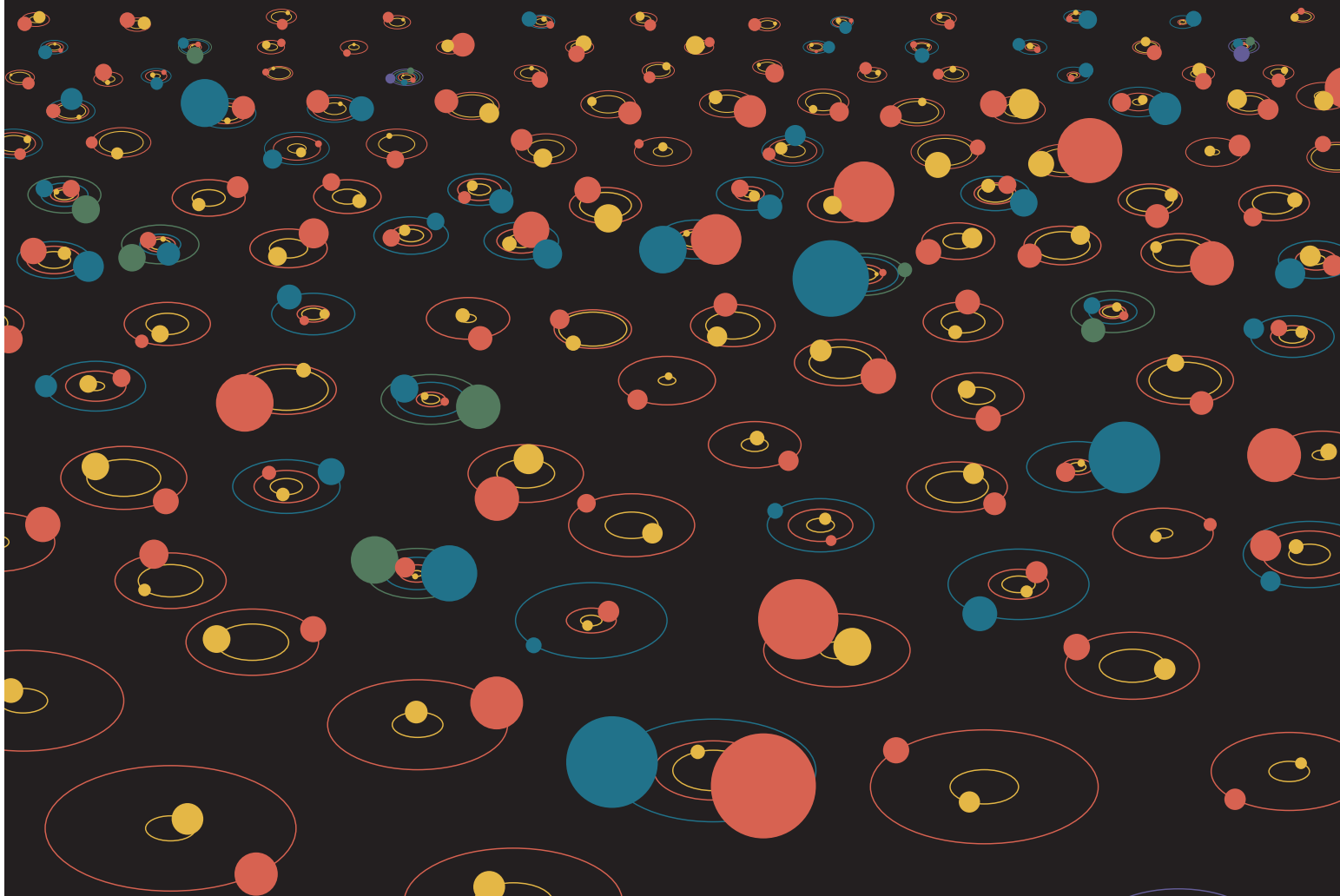


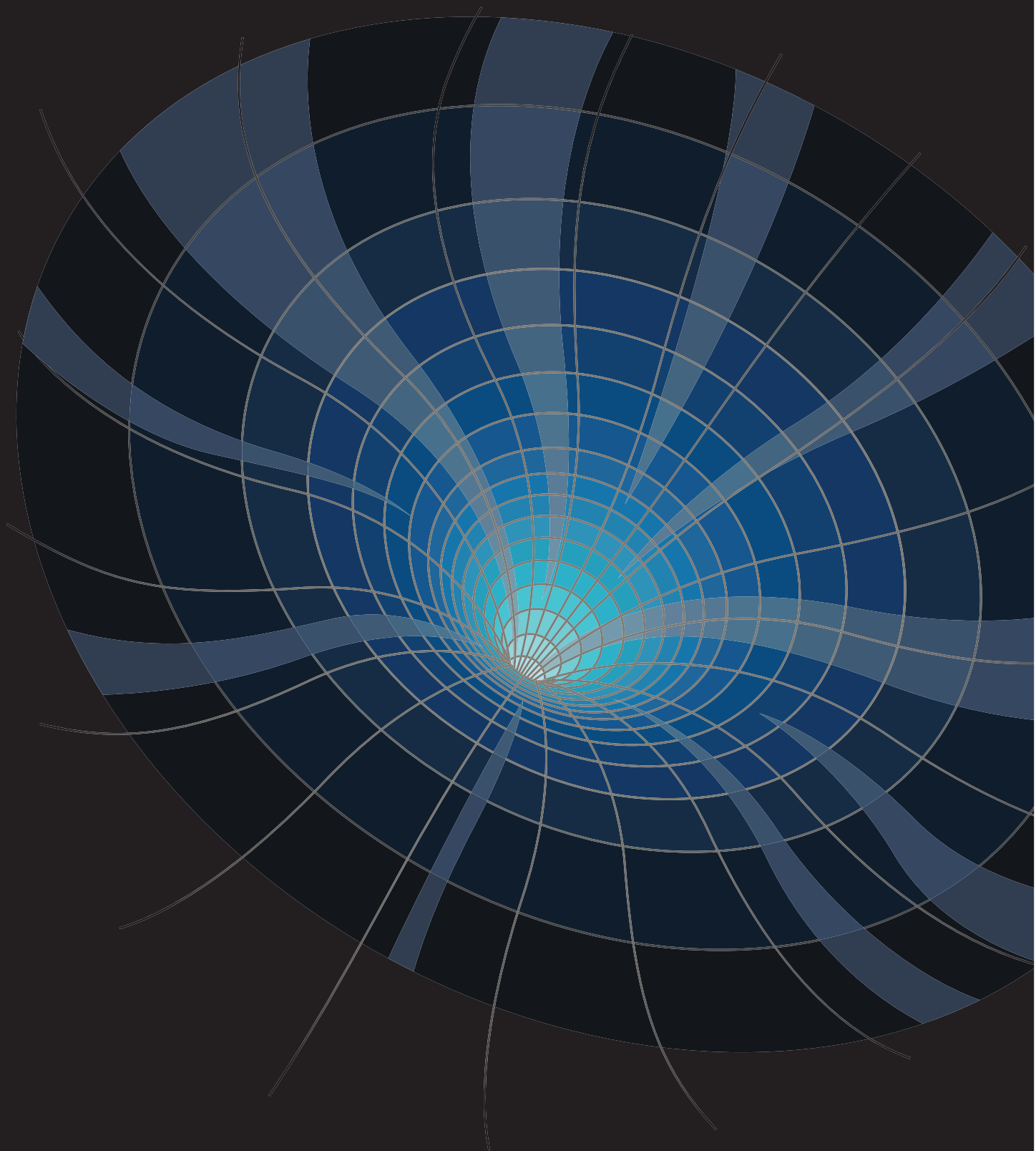
nous devons faire, c'est apprendre ses codes : transcrire son histoire est la base même de la science – prose et poésie qui ont pour noms mathématiques, astronomie, physique, chimie et biologie –, et cette lecture permet d'expliquer le cosmos.

Cette histoire cosmique se déroule depuis le Big Bang et le début de l'expansion de l'espace, et passe par la création de la matière, la formation des étoiles et des galaxies, puis par la naissance de notre Galaxie – la Voie lactée – suivie par celles du Soleil, de la Terre, de la vie, et finalement de l'espèce humaine. Grâce à la science, nous pouvons également nous projeter dans le futur, prévoir la fin des planètes et des

étoiles, et peut-être même de la matière en général. Au-delà, l'Univers continuera néanmoins à exister, inerte et dans l'obscurité, mais pour aboutir à quelle conclusion ? Pour le moment, nous n'entrevoions l'avenir qu'avec difficulté, mais les progrès scientifiques nous permettront d'affiner peu à peu la vision que nous en avons, et avec un peu d'espoir, un jour, nous saurons.

Et qu'en est-il du présent ? Le présent, c'est aujourd'hui, et vous êtes là. Je suis honoré de pouvoir humblement partager avec vous l'histoire du cosmos, grâce au travail combiné de tous les chercheurs qui m'ont précédé, et la raconter depuis le commencement jusqu'à nos jours, et au-delà.





0 seconde

Naissance du cosmos

Toute naissance, comme vous le dira un parent, est miraculeuse, mémorable... et confuse.

Les premiers instants d'une vie débordent d'activité, et même si l'on peut s'attendre à une séquence prévisible d'événements, celle-ci se révèle souvent chaotique, parsemée de rebondissements tout à fait surprenants. En un clin d'œil, quelque chose qui n'existait pas prend soudain forme et change à jamais le cours de l'Histoire.

La naissance du temps relève du même schéma, bien qu'elle soit beaucoup plus spectaculaire – et de loin – que notre modeste mise au monde. À l'origine de tout, cette naissance de l'Univers prend la forme d'une expansion explosive : le Big Bang. D'après les lois de la physique, cette expansion aurait dû se poursuivre de façon régulière, mais une injection supplémentaire d'énergie, venue apparemment de nulle part, y a superposé

une période d'inflation qui a complètement changé son aspect. Au sein de ce dense bouillon d'énergie, des motifs naissants se sont trouvés subitement figés. L'Univers a alors repris son expansion régulière, mais sa taille, sa forme, ses caractéristiques et son histoire se sont trouvés transformés de façon irréversible.

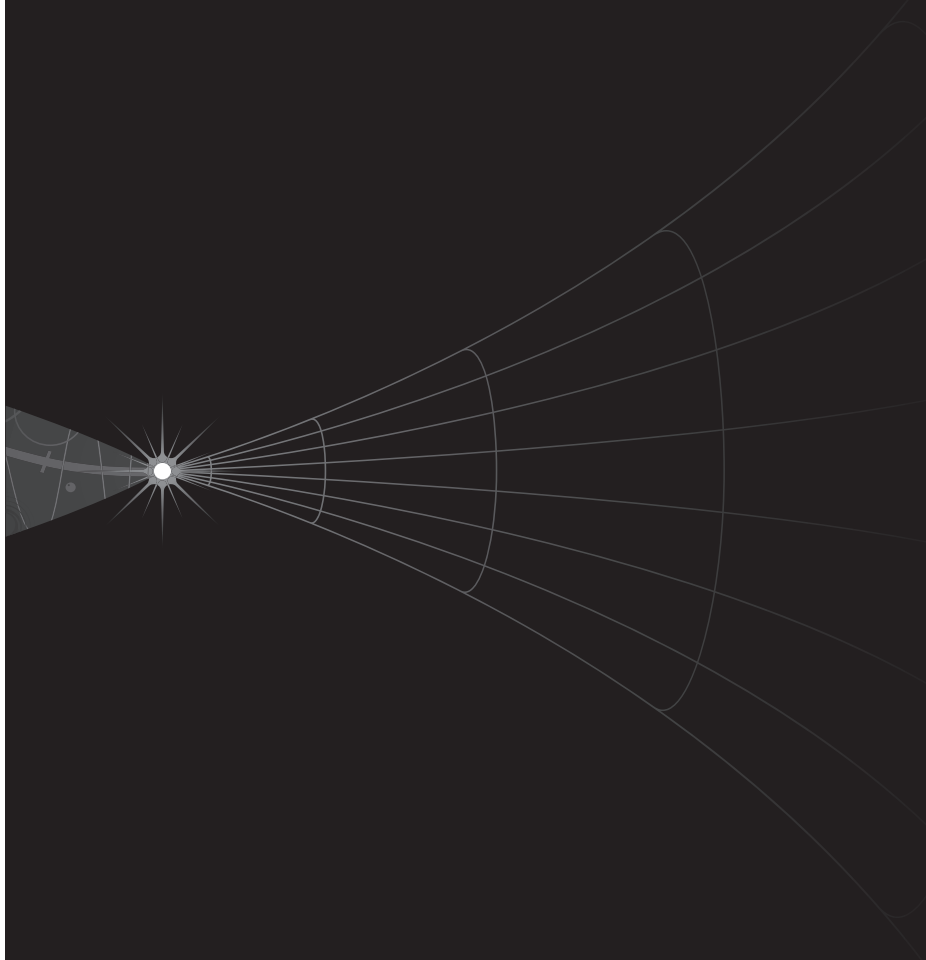
Il existe une différence fondamentale, toutefois, entre la naissance d'un être humain et celle du cosmos. Le temps, l'espace, la matière, l'énergie et les lois de la nature qui les régissent existent déjà lorsqu'un bébé est un fœtus, un embryon, ou même un blastocyste. Mais pour l'Univers, qui n'a pas connu de phase prénatale, il n'y a pas « d'avant ». Pourquoi le temps s'est-il mis en route ? Rien ne peut surgir du néant. Et pourtant... L'Univers a-t-il pu vraiment surgir du vide ?



Étonnamment, nous devons chercher au-delà de l'espace et du temps pour trouver une réponse. Considérer que l'Univers a surgi d'un environnement où les lois de la physique n'ont pas cours dépasse l'entendement ; or, c'est pour nous la meilleure façon, et sans doute la seule, de donner un sens à cette histoire. Avec nos connaissances limitées de ce qui est et de ce qui peut être, il nous faut retourner à cette analogie avec la naissance humaine. Avant d'exister, toute personne en devenir est nourrie dans l'utérus. Y aurait-il donc un multivers à dimensions multiples qui aurait fourni les conditions préalables à la création de notre propre Univers ? Un événement, ou une chaîne d'événements

ou de conditions, permet à une cellule humaine particulière de croître, de se multiplier et de se développer à terme en un être humain. De même, quels événements ou conditions ont permis la création du cosmos ?

Il est particulièrement opportun de commencer notre chronologie de l'Univers par l'un des mystères les plus complexes auxquels l'humanité ait jamais été confrontée. Sans nous démonter, nous faisons de notre mieux pour appliquer les méthodes et les outils de la science à cette énigme du démarrage du temps cosmique. Jusqu'à présent, nous nous retrouvons avec beaucoup plus de questions que de réponses, comme on pouvait s'y attendre.



L'ère de Planck

À l'instant du Big Bang, l'Univers n'avait aucun volume et une densité infinie.

On appelle un tel phénomène une « singularité », et les lois de la nature, telles que nous les connaissons, ne s'y appliquent pas. Combien de temps s'est-il écoulé avant que les lois de la nature n'en prennent le contrôle ?

Nous ne le savons pas exactement, mais nous pouvons au moins fixer une limite supérieure, grâce à deux théories scientifiques fondamentales : la théorie quantique et la théorie de la relativité générale. Chacune dispose d'une unité minimale de longueur, appelées respectivement « longueur d'onde de Compton » et « rayon de Schwarzschild », en deçà desquelles certaines mesures fondamentales sont impossibles à réaliser. Lorsque ces deux limites sont atteintes dans le corps le plus minuscule possible – la singularité –, elles représentent environ 10^{-35} mètre, soit un cent-millième de milliardième de milliardième de mètre, ainsi que le temps que mettrait un photon de lumière à parcourir cette distance, c'est-à-dire 10^{-43} seconde, soit un dix-millionième de trilliardième de trilliardième de seconde.

Cette durée de temps incroyablement courte est appelée « ère de Planck », du nom du physicien allemand Max Planck. Ce qui a pu se passer dans ce premier intervalle de temps est impossible à expliquer au moyen des lois de la physique telles que nous les connaissons. Et pourtant, ce qui s'est passé alors a jeté les bases de tout ce qui s'est déroulé depuis, dans l'histoire de l'Univers.



BIOGRAPHIE

Le physicien allemand **Max Planck** (1858-1947) découvrit en 1900 une solution au problème du rayonnement des corps chauds, en introduisant le concept d'unités minimales, appelées « quanta ». Ainsi naissait la mécanique quantique. Aujourd'hui, le principal centre de recherches scientifiques en Allemagne a été nommé Institut Max-Planck en son honneur.

La théorie de la relativité générale décrit le mouvement des corps à travers l'espace et le temps. Publiée par Albert Einstein en 1915, elle démontre que l'espace est un milieu flexible qui peut se courber, voire se tordre. Les objets massifs courbent l'espace vers eux : on appelle cette courbure la « gravitation », laquelle change le mouvement des corps, comme sous l'effet d'une force. Un objet très massif – une étoile par exemple – déforme l'espace beaucoup plus qu'un objet peu massif, comme un caillou, et crée donc plus de gravitation. Ce qui est encore plus remarquable, c'est que l'espace et le temps sont imbriqués ensemble en une structure à quatre dimensions, appelée « espace-temps ». Le temps est donc une dimension, au même titre que la longueur, la largeur et la hauteur, mais dotée de propriétés différentes.

La physique quantique décrit le comportement et l'interaction de minuscules particules qui constituent toute la matière et l'énergie de l'Univers. Développée au cours des premières décennies du xx^e siècle, elle explique comment atomes et molécules absorbent et émettent de l'énergie seulement en quantités spécifiques – les quanta. La physique quantique décrit également comment l'énergie et la matière peuvent se comporter à la fois comme des ondes et comme des particules ; on peut donc considérer un faisceau de lumière à la fois comme un flux de particules énergétiques et comme une onde porteuse d'énergie.

Les trous noirs dans l'espace

Souvent discrets, les trous noirs dégagent une force gravitationnelle redoutable si on les approche de trop près.

La frontière d'un trou noir – sa « surface » en quelque sorte –, à partir de laquelle on ne peut plus s'échapper si on l'atteint, est appelée « horizon des événements ». Si la planète Terre était comprimée à la même densité qu'un trou noir, son horizon aurait les dimensions d'une balle de golf.

Prenons justement une balle de golf : lors d'une frappe classique, elle retombe sur le green à une vitesse de l'ordre de 30 à 40 mètres par seconde (110 à 150 kilomètres par heure). Si on la frappait depuis le rebord d'un canyon, elle irait encore plus vite en atteignant le fond. Que se passerait-il si on faisait tomber cette balle vers un trou noir de la taille de la Terre ? Elle se mettrait à accélérer jusqu'à atteindre la vitesse de la lumière au niveau de l'horizon des événements, c'est-à-dire 299 792 458 mètres par seconde (plus d'un milliard de kilomètres par heure). La balle de golf verrait sa masse se convertir entièrement en énergie, de l'ordre de celle que libéreraient 100 bombes atomiques d'Hiroshima, mais toute cette énergie serait entièrement absorbée par le trou noir, et donc invisible pour tout observateur extérieur.

En pratique toutefois, la balle de golf n'aurait pas grande chance de survivre à sa plongée vers l'horizon. S'il y avait le moindre gaz autour du trou noir, semblable à l'atmosphère qui entoure la Terre, la balle serait échauffée par friction et vaporisée en ses atomes constituants bien avant d'atteindre cet horizon des événements. La chaleur associée rayonnerait intensément, ce qui explique que les trous noirs peuvent être entourés d'un halo rayonnant plus intensément que ne le font les plus brillantes étoiles.

Singularité

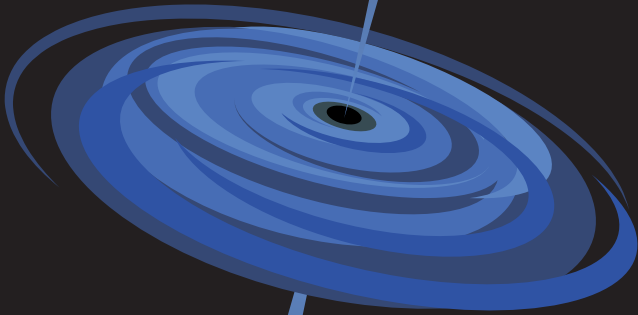


Horizon des événements

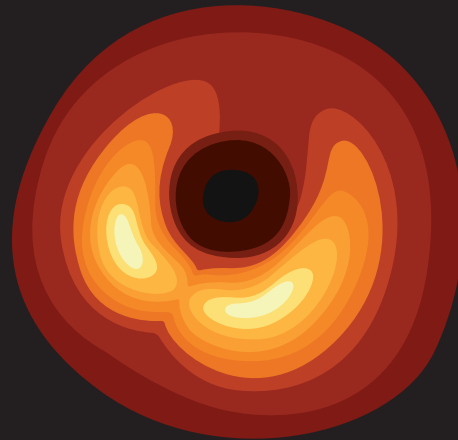
Lorsque l'on vide une baignoire, toute l'eau ne peut pas s'engouffrer instantanément dans l'étroit conduit d'évacuation. Elle s'y dirige en dessinant un tourbillon qui dispense progressivement l'eau dans le conduit. Le même phénomène s'applique à la matière tombant vers un trou noir : la destination finale est si minuscule que la matière circule en un disque d'accrétion où elle doit attendre son tour avant d'atteindre la surface du trou noir. Le disque s'échauffe tellement – atteignant une température de plusieurs millions à milliards de kelvins – que la matière arrive rarement à destination : elle se fait éjecter le long de l'axe des pôles en d'intenses faisceaux de rayonnement.

La première image de l'environnement d'un trou noir (à droite) a été obtenue en 2019. Avec une masse six milliards de fois supérieure à celle du Soleil et se trouvant à 53 millions d'années-lumière, le trou noir se trouve derrière la tache noire entourée d'orange, et occupe le tiers de son diamètre. Pour obtenir cette image, une équipe internationale de plusieurs centaines de chercheurs a utilisé un réseau de radiotélescopes baptisé l'Event Horizon Telescope (EHT) afin de collecter suffisamment d'ondes radio en provenance de l'environnement du trou noir. Toutes les données furent assemblées par l'informaticienne Katie Bouman (née en 1989) pour synthétiser l'image finale.

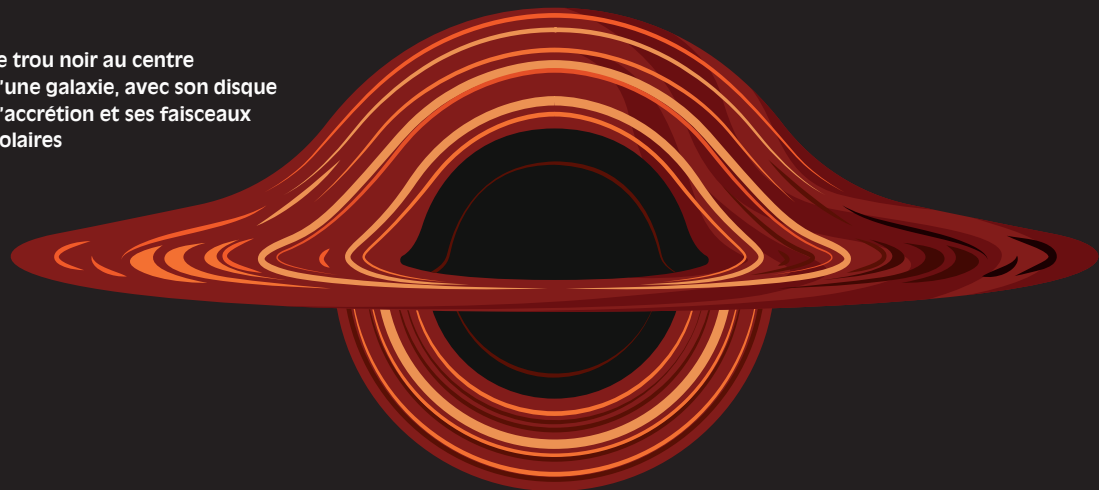
À quoi ressemble un trou noir en deçà de l'horizon des événements ? D'après les modèles théoriques, une singularité devrait se trouver au centre : un point n'ayant aucun volume et une densité infinie, agissant comme une piqûre d'épingle dans la structure de l'espace. Dans le volume compris entre singularité centrale et horizon des événements, toute structure éventuelle, depuis notre point de vue extérieur, est impossible à déceler.



Le trou noir au centre d'une galaxie, avec son disque d'accrétion et ses faisceaux polaires



La région émettrice autour d'un trou noir, image réalisée grâce aux radiotélescopes du réseau EHT



Modèle d'un trou noir supermassif vu par la tranche

La naissance de la Terre et de la Lune

Le 17 février 2021, une nouvelle sonde spatiale a plongé vers le sol de la planète Mars.

En l'espace de sept minutes, le vaisseau spatial a déployé un parachute, puis allumé les rétrofusées de sa plateforme pour faire tomber sa vitesse de 20 000 kilomètres par heure à zéro à quelques mètres du sol, et déposer sur ses six roues le rover *Perseverance*, un robot automobile de la taille d'une voiture, équipé de 23 caméras et d'une panoplie d'instruments scientifiques, prêt à explorer un nouveau monde.

Les planètes, on le sait maintenant, sont abondantes dans l'Univers. Durant pratiquement toute l'histoire de l'humanité, on en connaissait pourtant moins d'une dizaine : celles qui tournent autour du Soleil. À l'œil nu, on distingue ainsi Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne – du moins ce sont les noms donnés en Europe (en Chine, on les appelait étoiles de l'eau, de l'or, du feu, du bois et de la terre). À la différence du Soleil, de la Lune et des étoiles – dont les mouvements dans le ciel sont relativement uniformes –, ces planètes se déplacent sur des trajectoires quelque peu irrégulières. Dans nombre de cultures, on leur attribuait de grands pouvoirs, voire un statut divin, ce qui pouvait bien se comprendre, vu la beauté et le mystère que dégagent ces sentinelles de la nuit.

Leur étude scientifique a montré qu'il s'agit en réalité d'objets tout à fait naturels, gouvernés par les lois de la physique et issus de la naissance du Soleil. Lors des dix premiers millions d'années de son histoire, notre étoile a réarrangé ce qui restait du vaste nuage de gaz et de poussière qui

l'a vu naître en un disque en rotation s'étendant sur des milliards de kilomètres. Au sein de ce disque, de petits grumeaux de matière se sont rassemblés, et ont progressivement grandi en blocs plus importants et en planétoïdes. Au fil du temps, les corps les plus gros exerçant la plus forte attraction gravitationnelle ont attiré et absorbé leurs voisins pour former les planètes. Les petits corps qui ont échappé à ce grand ménage sont devenus les comètes et les astéroïdes, dont la plupart continuent de circuler autour du Soleil, pratiquement inchangés depuis leur création, il y a plus de 4,5 milliards d'années.

En scrutant le ciel nocturne, on peut avoir l'impression qu'il est immuable. C'est peut-être vrai à l'échelle d'une vie humaine, mais les corps du Système solaire sont en fait en évolution permanente. Au fil des millions d'années, toutes les interactions gravitationnelles qu'ils exercent les uns sur les autres finissent par changer les orbites des planètes, y compris les plus massives. Des études dynamiques suggèrent même qu'elles auraient pu se trouver stabilisées dans leur configuration actuelle par une planète additionnelle, éjectée depuis du Système solaire. Bien que nous devions notre existence à cette stabilité relative, il n'en demeure pas moins que les planètes évoluent au fil du temps, parfois de manière spectaculaire. Des sondes comme *Perseverance*, en étudiant nos voisines, permettent de mieux comprendre la Terre elle-même, son passé, et peut-être son avenir.





L'évolution et la sélection naturelle

Il y a deux milliards d'années, les organismes vivants se livraient à une concurrence de plus en plus féroce.

Les brins de matière génétique, ARN et ADN, continuaient à se livrer à des assemblages de plus en plus complexes. Des milliards de combinaisons ne donnaient aucun résultat intéressant, mais d'autres se trouvaient en phase avec les conditions qui régnaient sur notre planète et avec les éléments chimiques à leur disposition pour avoir encore plus de succès dans leur croissance et leur reproduction. Toutes ces pistes ont débouché, au terme de millions de générations successives, en une gamme extraordinaire d'organismes vivants que les biologistes classent en règnes, embranchements, classes, ordres, familles, genres et espèces.

Ces formes de vie se livraient à une impitoyable concurrence. Celles qui pouvaient vivre plus longtemps, se reproduire plus vite ou éliminer leurs rivales ont occupé de plus en plus de place. D'un côté les êtres unicellulaires gagnaient en complexité, mais d'autres se liguèrent pour atteindre des résultats supérieurs : ainsi sont nées les premières colonies de bactéries qui devaient mener à terme aux êtres multicellulaires.

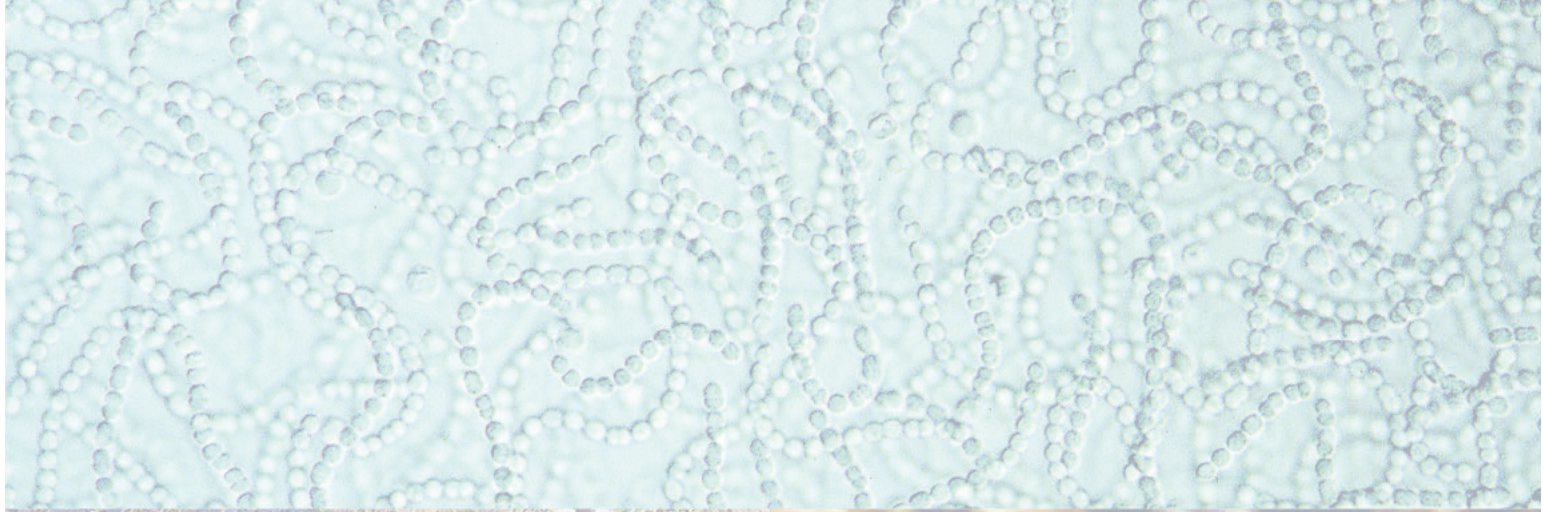
Cette chaîne sans fin d'expérimentations génétiques se poursuit encore aujourd'hui : les chercheurs en conduisent au laboratoire, mais la plupart des nouvelles combinaisons d'ARN et d'ADN découlent de mutations aléatoires qui ont lieu spontanément chez les êtres vivants et sont transmises à leur descendance. Comment la nature sélectionne-t-elle celles qui vont durer ? Les nouvelles espèces qui survivent, y compris la nôtre, sont celles qui font preuve d'une capacité à vaincre la concurrence, à coopérer et à s'adapter.

BIOGRAPHIES

Le naturaliste anglais **Charles Darwin** (1809-1882) débuta sa carrière en tant qu'apprenti médecin, puis géologue. Durant son célèbre voyage de cinq ans sur le navire de recherche *Beagle*, il observa la géologie, mais aussi la diversité biologique des côtes et des îles parcourues : ce fut le point de départ de plus de 20 ans de travaux sur la théorie de l'évolution par la sélection naturelle, couronnés par le livre qu'il publia en 1859 : *De L'Origine des espèces*. Le naturaliste britannique **Alfred Russel Wallace** (1823-1913), quant à lui, était déjà connu pour ses travaux dans le domaine de l'écologie, quand il conclut, comme Darwin, que l'évolution se déroulait par sélection naturelle. De fait, le 1^{er} juillet 1858, Wallace et Darwin présentèrent leurs théories ensemble à Londres. Wallace militait également pour l'écologie et s'intéressait à l'astrobiologie ; il écrivit l'un des premiers livres traitant de la possibilité d'une vie extraterrestre : *La Place de l'homme dans l'Univers* (1904).

Exemple de la marche incessante de l'évolution, de nouvelles maladies infectieuses se développent constamment, par le jeu des mutations génétiques. Si une variante parvient à se transmettre efficacement à travers la population humaine, à se reproduire rapidement et à déjouer nos plans pour la détruire, elle engendre une pandémie mondiale en l'espace de seulement quelques semaines. L'espèce humaine parvient à survivre en adoptant un comportement de coopération, en trouvant des moyens pour ralentir la propagation du microbe et en développant des vaccins pour aider notre système immunitaire à mieux se défendre.

L'apparition d'organismes photosynthétiques, à l'image des algues bleu-vert (appelées aussi « cyanobactéries »), a donné lieu à l'une des premières grandes transformations de la biosphère terrestre. En fabriquant leurs nutriments à partir de la lumière solaire, de l'eau et du dioxyde de carbone, ces organismes ont relâché de grandes quantités d'oxygène dans l'atmosphère – une molécule qui était toxique à l'époque pour une grande partie des êtres vivants. En quelques centaines de millions d'années, toutefois, la vie s'est adaptée à ce nouveau gaz, de sorte qu'il est aujourd'hui indispensable à la plupart des animaux.



Il y a 1,5 milliard d'années

Sommes-nous seuls ?

Notre premier tour d'horizon de l'Univers ne nous a pas montré le moindre signe de vie – et *a fortiori* d'intelligence – extraterrestre.

Nous n'avons toujours pas de réponse à deux des questions les plus fondamentales que se pose la civilisation humaine : la vie n'existe-t-elle que sur Terre ? Et l'espèce humaine est-elle la seule à être consciente et à pouvoir communiquer dans l'Univers ?

Nos propres limites de raisonnement nous empêchent peut-être d'obtenir des réponses à ces questions. Vu les innombrables possibilités qui peuvent se présenter sur d'autres planètes, reconnaitrions-nous des formes de vie extraterrestre, même si nous les croisons ? Peut-on même considérer qu'étoiles et planètes sont d'une certaine manière vivantes ? De même que des milliards de micro-organismes vivent à l'intérieur de notre tube digestif, la Terre pourrait-elle être considérée comme une entité vivante, que nous ne serions pas suffisamment avancés pour comprendre ?

Malgré l'ampleur du défi, les êtres humains continuent à chercher des traces de vie sur d'autres mondes. Dans les années 1960 et 1970, les Russes ont posé des sondes *Venera* sur Vénus, et les Américains des sondes *Viking* sur Mars. Au cours des décennies suivantes, la sonde *Galileo* s'est mise en orbite autour de Jupiter et de ses lunes, la sonde *Cassini* autour de Saturne, et la sonde *Huygens* s'est posée à la surface

de sa grosse lune Titan. *Voyager II* a survolé Uranus et Neptune, et *New Horizons* la planète naine Pluton. Nous avons pointé des radiotélescopes vers les étoiles proches et leurs planètes et analysé leurs ondes radio à la recherche d'un signal artificiel qui révélerait la présence d'êtres intelligents, maniant comme nous les mathématiques et le langage.

Nous n'avons détecté aucun signe, jusqu'à présent, d'une quelconque vie extraterrestre. Sans perdre espoir, nous continuons nos recherches avec de nouveaux outils et de nouvelles stratégies. Récemment, nos sondes robotiques sur Mars ont déterminé que les conditions nécessaires à l'éclosion de la vie auraient pu y être réunies, il y a 4 milliards d'années. En outre, les astronomes savent que des milliers d'autres planètes existent au-delà du Système solaire, dont certaines connaissent des conditions similaires aux nôtres.

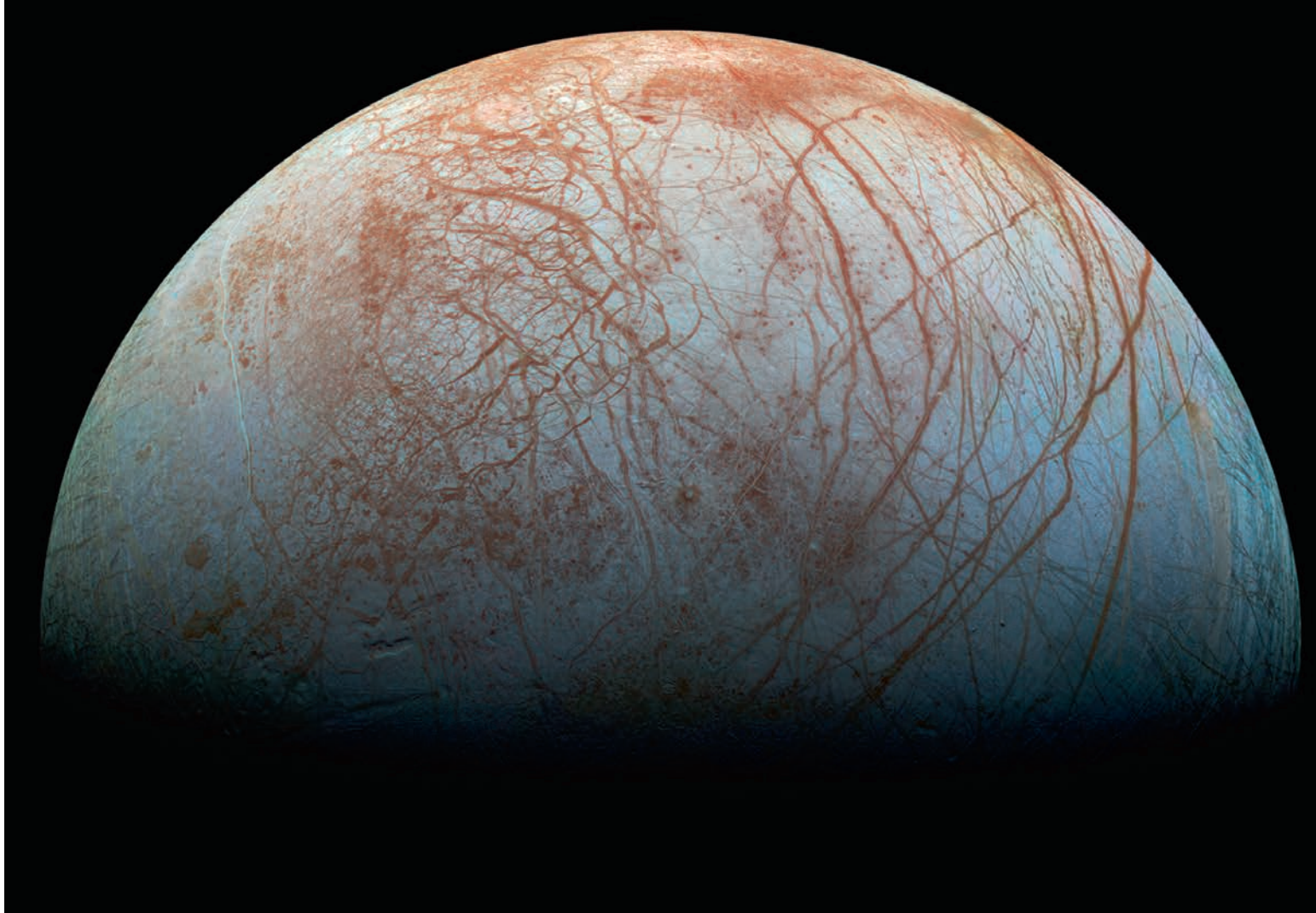
À mesure que l'espèce humaine continue sa quête, il est tout à fait raisonnable d'espérer que d'autres formes de vie existent ailleurs dans l'Univers et qu'elles soient détectables, car les lois de la nature sont les mêmes partout, et elles ont, après tout, déjà enfanté une planète pleine de vie.

BIOGRAPHIES

L'astronome américain **Carl Sagan** (1934-1996) a participé à la mission *Viking*, dédiée à l'étude de Mars, et s'est consacré à la recherche d'une vie extraterrestre. En 1980, il a présenté à la télévision l'émission *Cosmos*, qui a fait de lui l'une des figures emblématiques de la vulgarisation scientifique.

L'astronome américaine **Nancy Grace Roman** (1925-2018) a étudié pour sa part les étoiles de la Voie lactée similaires au Soleil. En 1959, elle a publié un article fondateur décrivant une méthode pour détecter des planètes autour d'autres étoiles en utilisant un télescope en dehors de l'atmosphère terrestre. Quelques années plus tard, elle a aidé à créer le département d'astronomie spatiale de la NASA, devenant sa première directrice et jetant les bases de ce qui est devenu une véritable flottille de satellites astronomiques. Le prochain télescope de la NASA, qui étudiera l'Univers dans l'infrarouge et cherchera à détecter des exoplanètes, portera son nom.

La recherche d'une vie extraterrestre dans notre Système solaire se focalise sur Europe, lune de Jupiter (en haut), dont les fractures colorées trahissent peut-être une activité biologique, sous sa croûte de glace, ainsi que sur la planète Mars (en bas), photographiée par le rover *Perseverance* le 6 avril 2021.



2010

Aujourd'hui