

The background of the entire cover is a Cosmic Microwave Background (CMB) radiation map, showing a mottled pattern of yellow and orange with a bright central region, representing the early universe.

STEPHEN
HAWKING

Petite histoire
de l'univers

Du Big Bang
à la fin du monde

Champs sciences

PETITE HISTOIRE
DE L'UNIVERS

DU MÊME AUTEUR

Une brève histoire du temps. Du Big Bang aux trous noirs, Flammarion, 1989 ; « Champs », 2008, 2014, 2017, 2020.

Commencement du temps et fin de la physique ?, Flammarion, 1992 ; « Champs », 1994, 2011.

Trous noirs et bébés Univers, Odile Jacob, 1994, 1995, 2000.

La Nature de l'espace et du temps (avec Roger Penrose), Gallimard, 1997, 2003.

L'Univers dans une coquille de noix, Odile Jacob, 2001, 2018.

Une belle histoire du temps, Flammarion, 2005, « Champs », 2005, 2009.

Georges et les secrets de l'Univers (avec Lucy Hawking), Pocket Jeunesse, 2007, 2008, 2011.

Y a-t-il un grand architecte dans l'Univers ?, Odile Jacob, 2013, 2014.

La Brève Histoire de ma vie, Flammarion, 2013 ; J'ai lu, 2014.

Dernières nouvelles des trous noirs, Flammarion, 2016.

Brèves réponses aux grandes questions, Odile Jacob, 2018, 2023.

Stephen W. Hawking

PETITE HISTOIRE
DE L'UNIVERS

Du Big Bang à la fin du monde

Traduit de l'anglais par Carole Benton

Champs sciences

© 2005 by Phoenix Books

© 1996 by Dove Audio, inc.

First published under the title

The Cambridge Lectures: Life Works.

© City Editions, 2008, pour l'édition originale
de la traduction française (dans une collection dirigée
par Christian English & Frédéric Thibaud).

© Flammarion, 2025 pour la présente édition « Champs ».

ISBN : 978-2-0804-6818-5

INTRODUCTION

Dans ce livre, je vais essayer de vous donner un aperçu de ce que nous estimons être l'histoire de l'Univers, du Big Bang jusqu'aux trous noirs.

Dans un premier temps, je passerai rapidement en revue les anciennes conceptions de l'Univers et leur évolution jusqu'au schéma actuel. On pourrait appeler cela *l'histoire de la genèse de l'Univers...*

Dans le deuxième chapitre, je décrirai comment les théories de la gravitation de Newton et Einstein nous ont amenés à la conclusion que l'Univers ne pouvait pas être statique, mais au contraire, soit en expansion, soit en contraction.

Ce qui implique donc qu'à une certaine époque, il y a dix ou vingt milliards d'années, la densité de l'Univers a dû être infinie. C'est ce que nous appelons le Big Bang, le moment qui correspondrait à la naissance de l'Univers.

Dans le troisième chapitre, je parlerai des trous noirs qui se forment quand une étoile massive ou un corps encore plus énorme s'effondre sur lui-même sous l'effet de sa propre attraction gravitationnelle. Selon la théorie de la relativité générale d'Einstein, n'importe quel individu assez stupide pour tomber dans un trou noir disparaîtrait à jamais.

L'histoire, pour lui, s'arrêterait ainsi à une singularité. Mais la relativité générale est une théorie classique, c'est-à-dire qu'elle ne prend pas en compte le principe d'incertitude de la mécanique quantique.

Dans le quatrième chapitre, j'expliquerai comment la mécanique quantique permet à l'énergie de s'échapper des trous noirs. Les trous noirs ne sont pas aussi noirs qu'on les décrit habituellement...

Dans le cinquième chapitre, j'appliquerai les principes de la mécanique quantique au Big Bang et à l'origine de l'Univers.

Ce qui nous conduira à l'idée que l'espace-temps pourrait être fini en expansion, mais sans bord ni frontière.

Il serait comme la surface de la Terre, mais avec deux dimensions supplémentaires.

Dans le sixième chapitre, je montrerai comment cette nouvelle hypothèse de frontière pourrait expliquer pourquoi le passé est si différent du futur, alors

même que les lois de la physique sont symétriques dans le temps.

Enfin, dans le dernier chapitre, je vous parlerai de notre quête d'une théorie unifiée qui rassemblerait la mécanique quantique, la gravitation et toutes les autres interactions de la physique.

Si nous parvenons à la trouver, nous comprendrons alors vraiment l'Univers et notre place dans cet Univers.

Chapitre premier

QUELQUES NOTIONS SUR L'UNIVERS

Dès l'an 340 avant Jésus-Christ, Aristote, dans ses traités de physique, avançait deux solides arguments en faveur d'une Terre ronde et non plate. D'abord, il avait compris que les éclipses de Lune étaient provoquées par le passage de la Terre entre le Soleil et la Lune. L'ombre de la Terre sur la Lune était toujours ronde, ce qui n'était possible que si la Terre était sphérique.

Si la Terre avait été un disque plat, son ombre aurait été allongée et elliptique, sauf si l'éclipse se produisait uniquement lorsque le Soleil se trouvait directement à la verticale du centre du disque.

Ensuite, les Grecs avaient constaté au cours de leurs pérégrinations, que l'étoile Polaire paraissait toujours plus basse sur l'horizon quand ils la regardaient depuis une région située au sud que lorsqu'ils la contemplaient à partir d'un point plus au nord. De la différence de position apparente de l'étoile Polaire en Égypte et en Grèce, Aristote avait même

calculé que la circonférence de la Terre devait être de quatre cent mille stades.

On ne connaît pas exactement la longueur d'un stade, mais on l'estime à 183 mètres.

L'évaluation d'Aristote était donc le double de notre estimation actuelle.

Les Grecs proposaient même un troisième argument en faveur d'une Terre ronde : comment expliquer qu'on aperçoive d'abord les voiles d'un navire à l'horizon et seulement ensuite, plus tard, sa coque ?

Pour Aristote, la Terre était immobile et le Soleil, la Lune, les planètes et les étoiles se déplaçaient en orbites circulaires autour d'elle. Pour des raisons mystiques, le philosophe considérait que la Terre était le centre de l'Univers et que le mouvement circulaire représentait la perfection.

Cette idée fut ensuite développée par Ptolémée, au I^{er} siècle après Jésus-Christ, dans un modèle cosmologique complet. Selon cette conception, la Terre se trouvait en position centrale, entourée de huit sphères qui portaient la Lune, le Soleil, les étoiles et les cinq planètes connues à l'époque : Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne. Les planètes elles-mêmes se déplaçaient en petits cercles sur leurs sphères respectives, ce qui expliquait leurs trajets assez compliqués que l'on observait dans le ciel.

La sphère la plus excentrée supportait les étoiles « fixes », celles qui gardaient toujours la même

position les unes par rapport aux autres, mais tournaient ensemble dans le ciel.

Ce qui se trouvait au-delà de cette dernière sphère n'avait jamais été bien expliqué, mais demeurait en tout état de cause hors du champ d'observation de l'humanité.

Le modèle de Ptolémée fournissait un système suffisamment exact pour prévoir la position des corps célestes dans le ciel.

Mais pour estimer correctement ces positions, Ptolémée avait dû émettre l'hypothèse que la Lune suivait une trajectoire qui l'amenait parfois deux fois plus près de la Terre que d'ordinaire.

Ce fait impliquait qu'elle aurait alors dû apparaître deux fois plus grosse, ce qui n'était pas le cas. Ptolémée avait conscience de cette faille, mais son système n'en demeurait pas moins généralement, sinon universellement, accepté.

L'Église chrétienne l'adopta d'ailleurs comme une vision de l'Univers en accord avec les Saintes Écritures. Il présentait en effet le grand avantage de laisser beaucoup de place au-delà de la sphère des étoiles fixes pour le Paradis et pour l'Enfer.

Un modèle beaucoup plus simple fut cependant proposé en 1514 par un prêtre polonais, Nicolas Copernic. Au début, craignant d'être accusé d'hérésie, Copernic publia son modèle sous couvert d'anonymat.

Son idée était que le Soleil occupait une position centrale et stationnaire et que la Terre et les planètes se déplaçaient en orbites circulaires autour de l'astre du jour. Malheureusement pour Copernic, il allait s'écouler près d'un siècle avant que cette idée ne soit sérieusement considérée.

C'est à ce moment-là que deux astronomes, l'Allemand Johannes Kepler et l'Italien Galilée, commencèrent à défendre publiquement cette théorie malgré le fait que les orbites qu'elle décrivait ne correspondaient pas exactement à celles observées.

Mais l'année 1609 allait sonner le glas de l'ancienne théorie d'Aristote-Ptolémée.

Cette année-là, en effet, Galilée entreprit d'observer le ciel nocturne avec une nouvelle invention : le télescope.

En contemplant Jupiter, Galilée constata qu'elle était accompagnée de plusieurs petits satellites ou lunes tournant autour d'elle. Ce qui signifiait que tout ne tournait pas directement autour de la Terre comme Aristote et Ptolémée l'avaient pensé. Il était, bien entendu, toujours possible de penser que la Terre restait immobile au centre de l'Univers et que les satellites de Jupiter suivaient en fait des trajectoires tellement compliquées autour de la Terre qu'ils donnaient l'impression de tourner autour de Jupiter.

Quoi qu'il en soit, la théorie de Copernic avait l'avantage de la simplicité.

À la même époque, Kepler modifia la théorie copernicienne en suggérant que les planètes se déplaçaient non pas en cercles, mais en ellipses. De fait, les prédictions de trajectoires correspondaient alors aux observations.

Pour Kepler, des orbites elliptiques représentaient une simple hypothèse *ad hoc*, et pas des plus satisfaisantes d'ailleurs, une ellipse étant nettement moins parfaite qu'un cercle.

Cependant, ayant découvert, presque par accident, que les orbites elliptiques vérifiaient parfaitement les observations, Kepler ne parvenait pas à les concilier avec son idée que l'origine de l'orbite des planètes autour du Soleil se trouvait dans les forces magnétiques.

Une explication fut apportée beaucoup plus tard par Newton, avec la publication en 1687 de son *Principia Mathematica Naturalis Causae*, probablement le plus important travail jamais publié en physique par un seul individu. Dans cet ouvrage, Newton ne se contentait pas d'élaborer une théorie expliquant comment les corps se déplaçaient dans l'espace et dans le temps. Il fournissait également les calculs mathématiques nécessaires pour analyser ces mouvements.

De plus, Newton proposait une loi de la gravitation universelle selon laquelle tout corps dans l'Univers est attiré par un autre corps sous l'effet d'une

force d'autant plus grande que ces corps sont massifs et proches les uns des autres.

C'est cette même force qui faisait que les objets tombaient au sol. La légende selon laquelle Newton aurait reçu une pomme sur la tête est très certainement largement postérieure.

Il a seulement dit à ce sujet que l'idée de la gravité lui était venue alors qu'il rêvassait sous un arbre et qu'il avait vu tomber une pomme.

Avec sa loi, Newton montrait que la gravité était seule responsable de l'orbite elliptique de la Lune autour de la Terre et des orbites elliptiques de la Terre et des planètes autour du Soleil.

Le modèle copernicien envoyait aux oubliettes les sphères célestes de Ptolémée et, avec elles, l'idée que l'Univers possédait une frontière naturelle. Comme les étoiles fixes ne semblaient pas modifier leurs positions relatives pendant que la Terre tournait autour du Soleil, il devenait alors naturel de supposer que ces étoiles fixes étaient des objets comme notre Soleil, mais beaucoup plus éloignés. Ce qui soulevait un problème.

Newton réalisa en effet que selon sa théorie de la gravitation, les étoiles devaient s'attirer les unes les autres ; elles ne pouvaient donc pas rester essentiellement immobiles. Ne finiraient-elles pas par toutes tomber ensemble ?

En 1691, dans une lettre adressée à Richard Bentley, un autre éminent penseur de l'époque, Newton

TABLE

<i>Introduction</i>	7
I. Quelques notions sur l'Univers	11
II. Un Univers en expansion.....	25
III. Les trous noirs.....	49
IV. Des trous noirs pas vraiment noirs	73
V. Origine et destin de l'Univers	95
VI. La direction du temps	123
VII. La théorie du Tout.....	137
Index	156

STEPHEN HAWKING

Petite histoire de l'univers

« La science devrait être compréhensible par tous, pas seulement par quelques spécialistes. » De la théorie de l'expansion de l'Univers à celle du Big Bang en passant par les trous noirs, la direction du temps ou les découvertes de Hubble, c'est à un passionnant voyage aux origines de l'Univers que nous convie Stephen Hawking.

Scientifique de renommée internationale et vulgarisateur hors pair, il propose une série de sept conférences (à l'origine données à Cambridge) sur le cosmos et la place que nous y tenons.

Son objectif : combiner les différentes découvertes scientifiques en une « théorie unique, une théorie du Tout ». Car « trouver cette théorie unique serait le triomphe ultime de la raison humaine ».

Stephen Hawking (1942-2018) est universellement reconnu comme l'un des plus grands cosmologistes de notre époque et un des plus brillants physiciens depuis Einstein. Il est l'auteur de nombreux essais dont, en « Champs » : *Une belle histoire du temps* (2009), *Commencement du temps et fin de la physique* (2011) et *Une brève histoire du temps* (2020).

Traduit de l'anglais par Carole Benton.

En couverture : © Triff /
Shutterstock

Flammarion