

[Retrouver ce titre sur Numilog.com](http://Numilog.com)

CHRISTOPHE GOLFARD

présente



STEPHEN
HAWKING

Une brève
histoire du temps

du Big Bang
aux trous noirs



40
ans
Champs

La
bibliothèque
idéale
du savoir

STEPHEN HAWKING

Une brève histoire du temps

Stephen Hawking est universellement reconnu comme l'un des plus grands cosmologistes de notre époque et l'un des plus brillants physiciens depuis Einstein. Successeur de Newton, il occupe à l'université de Cambridge la chaire de mathématiques, et s'est rendu célèbre pour ses travaux sur les origines de l'Univers.

Une brève histoire du temps est le premier livre qu'il ait décidé d'écrire pour le non-spécialiste. Il y expose, dans un langage simple et accessible, les plus récents développements de l'astrophysique concernant la nature du temps et du monde. Retraçant les grandes théories du cosmos, de Galilée et Newton à Einstein et Poincaré, racontant les ultimes découvertes de l'espace, expliquant la nature des trous noirs, il propose ensuite de relever le plus grand défi de la science moderne : la recherche d'une théorie unitaire combinant et unifiant la relativité générale et la mécanique quantique.

On sait que Stephen Hawking lutte depuis plus de trente ans contre une maladie neurologique très grave. On n'en trouvera que plus fascinant cet extraordinaire effort d'un esprit scientifique pour parvenir à une compréhension ultime des secrets de l'Univers.

**Précédé d'un entretien
avec Christophe Galfard.**

Traduit de l'anglais
par Isabelle Naddeo-Souriau

En couverture :
© Yes - Royalty Free/Shutterstock.com.

Flammarion

UNE BRÈVE HISTOIRE DU TEMPS

DU MÊME AUTEUR

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

Qui êtes-vous Mister Hawking ? (dir., avec la collaboration de Gene Stone), Odile Jacob, 1994.

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 ; 2009.

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

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

Petite histoire de l'Univers, City, 2008 ; 2012 ; Flammarion, 2014.

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.

Stephen W. Hawking

UNE BRÈVE HISTOIRE DU TEMPS

Du Big Bang aux trous noirs

Précédé d'un entretien avec Christophe Galfard

Traduit de l'anglais par Isabelle Naddeo-Souriau

Champs sciences

Titre original :

A BRIEF HISTORY OF TIME.
FROM BIG BANG TO BLACK HOLES

Publié par Bantam Press, New York, 1988

Co Writers House, New York

© Éditions Flammarion, 1989, pour la traduction française

© Éditions Flammarion, 2017, pour cette édition

ISBN : 978-2-0814-0434-2

Je dédie ce livre à Jane.

Six questions à
Christophe Galfard

Comment avez-vous découvert Une brève histoire du temps ? Quels souvenirs avez-vous de votre première lecture ?

Je l'ai lu à sa sortie, à la fin des années 1980 : je devais avoir aux alentours de treize ans, et cette lecture a été pour moi un vrai choc. Ce fut une révélation intellectuelle que d'avoir soudain accès à une nouvelle connaissance de la réalité. Je parle de la réalité qui nous entoure, qui nous dépasse, et dont nous sommes faits.

« Pour l'adolescent attiré par la philosophie que j'étais, cela m'a fait l'effet d'une décharge électrique. »

Ces mots relativement simples me faisaient rêver et voyager dans des théories formées par les esprits les plus brillants de la planète – des humanistes qui, par curiosité, par volonté de comprendre, tentaient depuis des siècles de déchiffrer ce grand questionnement qu'est notre existence... Pour l'adolescent attiré par la philosophie que j'étais, cela m'a fait l'effet d'une décharge

électrique. L'Univers, les étoiles et planètes m'intéressaient déjà, comme beaucoup d'enfants, mais *Une brève histoire du temps* a été le déclic qui m'a fait me dire : « Je veux faire ça plus tard. »

Quelque temps après la sortie de ce livre, le génial réalisateur de documentaires américain Errol Morris a adapté *Une brève histoire du temps* sur grand écran, et je me souviens particulièrement d'une scène. Une tasse de thé tombait sur un carrelage à damier noir et blanc et explosait en morceaux, avant de se recomposer et de remonter sur la table. Il était dit, alors, que ce phénomène *a priori* impossible pouvait se produire dans le domaine de la physique quantique. On touchait là, comme dans le livre, à ce qui semblait réservé au monde des rêves : inverser le cours du temps, jouer par l'esprit avec l'ordre établi et immuable des choses. Quoi de plus normal, dès lors, que de vouloir participer à ces recherches !

Mais vous étiez déjà un adolescent curieux des sciences : comment expliquez-vous que cette œuvre ait eu une portée si universelle ?

Lorsque le livre est paru, il existait bien évidemment déjà des œuvres de vulgarisation scientifique – comme celles de Camille Flammarion, au début du siècle, ou de Carl Sagan (qui a écrit la préface d'*Une belle histoire du temps* et dont les livres ont bercé mon enfance), mais les méthodes étaient différentes. Carl Sagan, par exemple, devenait poète en nous décrivant les étoiles. Stephen Hawking, lui, est poète des équations, de la

beauté de la pensée elle-même : son texte transmet une joie de la réflexion, de la découverte, ainsi que le ravissement de faire partie de notre espèce, l'espèce humaine, qui a la capacité de découvrir des lois dans la nature, de comprendre ce que l'on ne voyait pas.

« Cette œuvre a fait tomber une sorte de barrière qui séparait le savoir académique et celui du grand public. »

L'autre raison pour laquelle cette œuvre est exceptionnelle se situe *a posteriori*, dans son nombre de lecteurs : plus de dix millions de personnes ont soudain eu accès à la physique théorique. Cette œuvre a fait tomber une sorte de barrière qui séparait le savoir académique et celui du grand public. Bien sûr, il y a aussi eu un phénomène de mode, mais pour autant, des millions de bibliothèques dans le monde contiennent aujourd'hui ce livre écrit dans les années 1980...

Justement, qu'est-ce qui fait qu'un texte scientifique des années 1980 n'est pas dépassé ?

Beaucoup de scientifiques ont écrit après ce livre, peut-être en partie en raison de son succès commercial – mais je ne considère pas que ce soit en conflit avec la diffusion du savoir, bien au contraire ! – et il est vrai que beaucoup de découvertes majeures ont été faites depuis. Néanmoins, vous avez dans cette œuvre les bases de tous les questionnements de la physique actuelle : bien sûr, il y a eu des avancées et de nouveaux mystères sont apparus, mais loin de rendre le livre de

Stephen Hawking obsolète, ces avancées sont venues alimenter la réflexion qu'il engageait.

**« On peut voir ce livre comme
une introduction à la physique
moderne, écrite par un visionnaire
et un acteur principal de la discipline. »**

Et qui plus est, les fondements théoriques qui sont à la base de ce qui se fait aujourd'hui sont toujours les mêmes. On peut de nos jours voir ce livre comme une introduction à la physique moderne, écrite par un visionnaire et un acteur principal de la discipline. Il s'agit d'une pensée qui mêle science, poésie et philosophie, et aborde tout ce qui fait rêver, que ce soit les trous noirs, l'origine de notre Univers, ou encore son destin... Il y a par exemple, au chapitre 9, toutes ces questions sur ce qu'on appelle la flèche du temps (à savoir, pourquoi le temps s'écoule du passé vers le futur, inlassablement), qui irriguent toujours la physique théorique moderne, car non résolues aujourd'hui encore et toujours aussi fascinantes.

*Y a-t-il une idée qui vous tienne tout
particulièrement à cœur ?*

Le premier chapitre est absolument extraordinaire. Il se lit comme un roman : on a envie de connaître la suite, et on est encouragé dans notre excitation intellectuelle par l'écriture pleine d'humour de Stephen Hawking, qui nous prend par la main, fait démarrer l'Univers sur le dos d'une tortue et nous emmène

ensuite dans une réflexion plus profonde. Je crois que le succès de ce livre tient en grande partie à ce premier chapitre.

**« Il ne s'agit pas d'un professeur
qui explique à des ignorants,
mais d'un camarade humain qui
nous raconte une histoire »**

Les chapitres suivants sont plus difficiles, on ne peut pas le nier. Mais je ne pense pas que ce soit un obstacle : on ne peut pas penser résumer cinq mille ans de réflexion en une centaine de pages ! D'ailleurs, à ma connaissance, c'est l'un des premiers livres de physique théorique moderne dans lequel les lecteurs ne sont pas pris pour des idiots, ce qui, je pense, est à la fois très intéressant et très positif : il ne s'agit pas d'un professeur qui explique à des ignorants, mais d'un camarade humain qui nous raconte une histoire, histoire qu'il a lui-même aidé à écrire.

*Stephen Hawking a été votre directeur de thèse.
Quelle influence a-t-il eu sur votre travail,
votre façon d'écrire la science ?*

Pour être franc, il m'a tout appris, et m'a donné envie de faire ce pas. Une carrière de chercheur s'ouvrait devant moi mais, au fil des années, j'ai compris l'importance de ce partage, et je me suis orienté vers la voie de la transmission plutôt que vers celle de la recherche.

« Je tâche de garder en tête sa volonté
de transmission, de partager la joie
de la connaissance »

Je tâche de garder en tête sa volonté de transmission, de partager la joie de la connaissance, de considérer les lecteurs comme des collègues qui parcourent l'Univers tout comme moi, sur une petite planète qu'il s'agit de protéger et de comprendre. Bien sûr, j'y ajoute mes propres réflexions, mais une des choses que l'on apprend en le côtoyant est la nécessité de réfléchir par soi-même : j'essaie donc de transmettre à mon tour ce savoir, en encourageant les lecteurs à réfléchir par eux-mêmes, à se faire leurs propres idées, à ne pas se laisser berner par ceux qui utilisent adroitement un jargon scientifique pour raconter n'importe quoi.

*Que diriez-vous à un lecteur qui découvrirait
aujourd'hui ce livre pour la première fois ?*

Que ce livre est incontournable. On peut être intimidé par la physique théorique, tout comme on peut avoir peur de lire des grands classiques, mais si ces œuvres ont traversé des décennies, voire des siècles, c'est qu'elles atteignent quelque chose qui va au-delà de leur époque.

« Ce livre va au-delà
de la science »

Les textes qui ont une telle destinée touchent à une forme d'universalité difficile à décrire : que ce livre de science soit encore édité et réédité trente ans après sa

publication est exceptionnel. Ce livre va au-delà de la science, ou plutôt, il exprime l'essence proprement humaine de cette splendide discipline qu'est la science.

Christophe Galfard,
Physicien, écrivain.

Introduction

Nous menons notre vie quotidienne sans presque rien comprendre au monde qui est le nôtre. Nous accordons peu de pensées à la machinerie qui engendre la lumière du Soleil, rendant ainsi la vie possible, à la gravité qui nous colle à une Terre qui, autrement, nous enverrait tournoyer dans l'espace, ou aux atomes dont nous sommes faits et dont la stabilité assure notre existence. À l'exception des enfants (qui n'en savent pas assez long pour poser les questions importantes), peu d'entre nous passent beaucoup de temps à se demander pourquoi la nature est telle qu'elle est ; d'où vient le cosmos ou s'il a toujours été là ; si le temps fera un jour machine arrière et si les effets précéderont les causes ou s'il y a des limites extrêmes à la connaissance humaine. Il y a même des enfants, et j'en ai rencontré, qui veulent savoir à quoi ressemble un trou noir, quelle est la plus petite parcelle de matière ; pourquoi nous nous souvenons du passé et non du futur ; comment il se fait, s'il y avait un chaos au début, qu'il y ait apparemment de l'ordre aujourd'hui ; et pourquoi *il y a* un univers.

Dans notre société, parents et professeurs répondent couramment à de telles questions en haussant les épaules

ou en faisant référence à quelque précepte religieux vaguement rapporté. Ils se sentent mal à l'aise sur de tels sujets, parce qu'ils soulignent clairement les limites de la connaissance humaine.

Mais bien de la philosophie et bien de la science sont issues de telles questions. Un nombre croissant d'adultes les posent de plus en plus volontiers et recueillent à l'occasion quelques réponses ahurissantes. À mi-chemin des atomes et des étoiles, nous étendons l'horizon de nos explorations pour embrasser à la fois l'infiniment petit et l'infiniment grand.

Au printemps 1974, environ deux ans avant que la sonde spatiale Viking ne se pose sur Mars, j'assistai à un meeting en Angleterre, organisé par la Royal Society de Londres, consacré à la question de la vie extra-terrestre. Pendant la pause-café, je remarquai qu'une réunion beaucoup plus nombreuse se tenait dans une salle voisine, où ma curiosité me fit entrer. Je compris bientôt que j'étais témoin d'un rite ancien, l'investiture de nouveaux membres de la Royal Society, l'une des plus anciennes organisations savantes de la planète. Au premier rang, un jeune homme sur une chaise roulante était en train, avec lenteur, d'inscrire son nom sur un livre qui portait sur ses premières pages la signature d'Isaac Newton. Quand enfin il eut terminé, il y eut une ovation émouvante. Stephen Hawking était déjà une légende.

Hawking est maintenant « Lucasian Professor of Mathematics » à l'université de Cambridge, poste jadis occupé par Newton et, plus tard, par P. A. M. Dirac, deux célèbres explorateurs de l'infiniment grand et de l'infiniment petit. Il est leur digne successeur. Ainsi, le premier ouvrage de Hawking pour le non-spécialiste

est plein de récompenses de toutes sortes pour le simple public. Il fournit des lueurs sur le travail intellectuel de son auteur, aussi passionnantes que son multiple contenu. Il fourmille de révélations brillantes sur les limites de la physique, de l'astronomie, de la cosmologie, et du courage.

C'est aussi un livre sur Dieu... ou peut-être sur l'absence de Dieu. Le mot Dieu emplit ces pages. Hawking s'embarque dans une recherche pour répondre à la fameuse question d'Einstein se demandant si Dieu avait le choix en créant l'Univers. Hawking essaie, et il le dit explicitement, de comprendre la pensée de Dieu. Et cela rend encore plus inattendue la conclusion de cet effort, au moins jusqu'à présent : un univers sans limites dans l'espace, sans commencement ou fin dans le temps, et rien à faire pour le Créateur.

Carl Sagan
Cornell University
Ithaca, New York

NOTRE VISION DE L'UNIVERS

Un savant célèbre (certains avancent le nom de Bertrand Russell) donna un jour une conférence sur l'astronomie. Il décrivit comment la Terre tournait autour du Soleil et de quelle manière le Soleil, dans sa course, tournait autour du centre d'un immense rassemblement d'étoiles que l'on appelle notre Galaxie. À la fin, une vieille dame au fond de la salle se leva et dit : « Tout ce que vous venez de raconter, ce sont des histoires. En réalité, le monde est plat et posé sur le dos d'une tortue géante. » Le scientifique eut un sourire hautain avant de rétorquer : « Et sur quoi se tient la tortue ? — Vous êtes très perspicace, jeune homme, vraiment très perspicace, répondit la vieille dame. Mais sur une autre tortue, jusqu'en bas ! »

La plupart d'entre nous pourraient trouver plutôt ridicule de considérer que notre Univers est comme une tour sans fin, faite de tortues empilées les unes sur les autres, mais pourquoi ce que nous savons vaudrait-il mieux que cela ? D'où vient l'Univers et où va-t-il ? A-t-il eu un commencement, et si oui, qu'y avait-il *avant* ? Quelle est la nature du temps ? Aura-t-il une fin ? Tout récemment, d'importantes découvertes en physique, dues en partie aux nouvelles technologies et

à leurs possibilités fantastiques, suggèrent des réponses à quelques-unes de ces questions de fond. Un jour viendra où ces réponses à leur tour nous sembleront aussi évidentes que le fait que la Terre tourne autour du Soleil, ou peut-être aussi ridicules que la tour de tortues. Seul le temps (quoi qu'il puisse être) nous le dira.

Dès 340 avant Jésus-Christ, le philosophe grec Aristote avança – dans son ouvrage *Du ciel* – deux solides arguments en faveur d'une Terre sphérique plutôt que plate. Tout d'abord, il avait compris que les éclipses de Lune étaient dues au fait que la Terre passait entre le Soleil et la Lune. L'ombre projetée sur la Lune était toujours ronde, ce qui ne pouvait être le cas que si notre planète était sphérique. Si elle avait eu la forme d'un disque plat, son ombre aurait été allongée et elliptique, à moins que le phénomène d'éclipse n'intervienne jamais qu'au moment où le Soleil se trouve exactement derrière le centre du disque. De plus, les pérégrinations des Grecs leur avaient appris que l'Étoile polaire apparaissait plus bas sur l'horizon dans les régions du Sud que dans le Nord. (Étant donné que l'Étoile polaire est à l'aplomb du pôle Nord, un observateur au pôle la verra juste au-dessus de sa tête, alors qu'à l'équateur, il la verra briller juste au-dessus de l'horizon.) D'après la différence des positions apparentes qu'occupait l'Étoile polaire en Égypte et en Grèce, Aristote avait déjà calculé approximativement que la circonférence de la Terre devait être de quatre cent mille stades. On ne sait pas exactement quelle était la longueur d'un de ces stades, mais il est probable que cela devait équivaloir environ à deux cents mètres, ce qui donne pour l'estimation aristotélicienne une valeur deux fois plus grande que celle que nous admettons

couramment. Les Grecs disposaient même d'un troisième argument en faveur de la rotondité de la Terre : comment expliquer autrement le fait qu'à l'horizon ce soient d'abord les voiles d'un navire qui apparaissent, avant sa coque ?

Aristote pensait que la Terre était immobile et que le Soleil, la Lune, les planètes et les étoiles tournaient selon un mouvement circulaire autour d'elle. Il pensait cela parce qu'il estimait, pour des raisons mystiques, que la Terre était le centre de l'Univers et que le mouvement circulaire représentait la perfection. Développant cette idée au II^e siècle avant Jésus-Christ, Ptolémée aboutit à un système cosmologique achevé. La Terre occupait la position centrale, entourée de huit sphères qui portaient respectivement la Lune, le Soleil, les étoiles et les cinq planètes connues à l'époque, Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne. Les planètes elles-mêmes décrivaient de petits cercles sur leurs sphères respectives, cela pour rendre compte des trajectoires planétaires assez complexes que l'on observait dans le ciel. La sphère la plus extérieure portait les étoiles fixes, qui conservaient la même position les unes par rapport aux autres, mais qui tournaient en bloc. Ce qu'il y avait au-delà de cette dernière sphère, on ne le savait pas très bien mais en tout cas, ce n'était certainement pas à la portée de l'humanité.

Le modèle de Ptolémée fournissait un système relativement sûr pour prédire la position des corps célestes dans le ciel. Mais pour que ses prédictions collent aux observations, Ptolémée avait dû avancer l'hypothèse que la Lune suivait une trajectoire qui l'amenait parfois deux fois plus près de la Terre qu'à d'autres moments. Cela impliquait qu'elle aurait dû alors nous apparaître

deux fois plus grosse que d'habitude ! Ptolémée était conscient de ce défaut mais son système n'en fut pas moins généralement, si ce n'est universellement, adopté. L'Église chrétienne y trouva une vision de l'Univers en accord avec les Saintes Écritures, et qui avait le gros avantage de laisser de la place au-delà de la sphère des fixes pour le Paradis et l'Enfer.

Cependant, un système plus simple fut proposé en 1514 par un prêtre polonais, Nicolas Copernic. (Tout d'abord, par peur d'être accusé d'hérésie et brûlé par son Église, celui-ci publia sa conception sous le couvert de l'anonymat.) D'après lui, le Soleil était immobile au centre de l'Univers et les planètes décrivaient des orbites circulaires autour de notre étoile. Presque un siècle s'écoula avant que cette hypothèse ne soit prise au sérieux. Puis, deux astronomes – l'un allemand, Johannes Kepler, et l'autre italien, Galilée – commencèrent à défendre publiquement la théorie de Copernic, en dépit du fait que les orbites qu'elle prédisait ne coïncidaient pas exactement avec les observations. Le coup fatal à la théorie d'Aristote/Ptolémée survint en 1609. Cette année-là, Galilée se mit à observer le ciel nocturne avec la lunette, qui venait tout juste d'être inventée. En regardant ainsi Jupiter, il découvrit que cette planète était accompagnée de plusieurs petits satellites (ou lunes) qui tournaient autour d'elle. Cela laissait supposer que tout *ne devait pas* tourner obligatoirement autour de la Terre elle-même, comme Aristote et Ptolémée l'entendaient. (Bien sûr, il était encore possible de croire que la Terre était immobile au centre de l'Univers et que les lunes de Jupiter décrivaient des trajectoires extrêmement compliquées autour de la Terre, donnant *l'illusion* de tourner autour de Jupiter.

Cependant, la conception de Copernic était bien plus simple). À cette même époque, Johannes Kepler modifia la théorie du prêtre polonais, en suggérant que les planètes décrivent non plus des cercles mais des ellipses (une ellipse est un cercle allongé). Les prédictions correspondirent enfin aux observations.

Pour Kepler, les orbites elliptiques n'étaient qu'une hypothèse *ad hoc*, et même plutôt désagréable, car ces figures étaient manifestement moins parfaites que des cercles. Ayant découvert presque accidentellement que les orbites elliptiques rendaient bien compte des observations, Kepler ne pouvait les accorder avec son idée selon laquelle les planètes tournaient autour du Soleil en raison des forces magnétiques. L'explication fut fournie seulement beaucoup plus tard, en 1687, lorsque Newton publia ses *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, probablement le travail le plus important jamais effectué en physique par un homme seul. Dans cet ouvrage, Newton échafaudait non seulement la théorie expliquant comment les corps se mouvaient dans l'espace et dans le temps, mais il y développait aussi les mathématiques complexes nécessaires à l'analyse de ces mouvements. De plus, le savant anglais proposait la loi de la gravitation universelle selon laquelle tout corps dans l'Univers est attiré par tout autre corps selon une force d'autant plus grande que les corps sont plus massifs et plus proches ; force qui fait que les objets tombent sur le sol. (L'histoire selon laquelle Newton fut mis sur la voie de cette découverte par une pomme qui lui serait tombée sur la tête est très certainement apocryphe. Tout ce que Newton a jamais dit à ce sujet est qu'il eut l'idée de la gravitation alors qu'il était assis « dans une attitude

contemplative » et « qu'elle avait été occasionnée par la chute d'une pomme ».) Newton continuait en montrant que c'était bien la gravitation qui était responsable du mouvement elliptique de la Lune autour de la Terre, tout comme elle était également responsable des trajectoires elliptiques de la Terre et des planètes autour du Soleil.

Le modèle copernicien se débarrassait donc des sphères célestes de Ptolémée, et avec elles, de l'idée que l'Univers avait une frontière naturelle. Étant donné que les « étoiles fixes » ne semblaient pas changer de position – excepté leur mouvement d'ensemble dans le ciel dû à la rotation de la Terre autour de son axe –, il devenait tout naturel de supposer qu'elles étaient des objets semblables à notre Soleil, mais beaucoup plus éloignés.

Newton avait compris que, selon sa théorie de la gravitation, les étoiles devaient s'attirer entre elles, et que, apparemment, elles ne pouvaient fondamentalement pas rester au repos. Ne tomberaient-elles pas toutes en un point ? Dans une lettre de 1691 adressée à Richard Bentley, autre penseur de premier plan de cette époque, Newton affirma que ce serait certainement le cas si les étoiles en nombre fini étaient distribuées dans une région finie de l'Univers. Mais il avait calculé que si, au contraire, elles étaient en nombre infini, distribuées plus ou moins uniformément dans un espace infini, cela n'arriverait pas, car il n'existerait aucun point central vers lequel elles pourraient alors tomber.

Cela est un exemple des pièges que l'on rencontre à propos de l'infini. Dans un univers infini, chaque point peut être considéré comme un centre parce que chacun

compte un nombre infini d'étoiles autour de lui. L'approche correcte – qui ne fut effectuée que beaucoup plus tard – consiste à prendre en compte la situation finie, dans laquelle les étoiles tombent toutes les unes sur les autres, et à se demander comment les choses évolueraient si l'on en prenait d'autres en compte, distribuées à peu près uniformément en dehors de cette région. D'après la loi de Newton, les étoiles supplémentaires ne devraient pas causer la moindre différence en moyenne, et toutes devraient tomber tout aussi vite. Ajoutons autant d'étoiles que nous voulons, elles s'effondreront toujours sur elles-mêmes. Nous savons aujourd'hui qu'il est impossible d'avoir un modèle statique d'Univers infini dans lequel la gravitation soit toujours attractive.

Il est intéressant de remarquer que, dans le climat général de pensée précédant le XX^e siècle, personne n'a suggéré que l'Univers pourrait se dilater ou se contracter. Il était généralement admis ou bien que l'Univers existait depuis toujours dans un état inchangé, ou bien qu'il avait été créé à un instant précis du passé, plus ou moins semblable à ce qu'on observait aujourd'hui. Cela pouvait être dû en partie à la tendance humaine à croire en des vérités éternelles, aussi bien qu'au réconfort que l'homme trouvait à penser que, malgré le fait que les années s'envolaient et qu'il mourrait, l'Univers, lui, restait éternel et identique à lui-même.

Même ceux qui avaient compris que la théorie newtonienne de la gravitation démontrait que l'Univers ne pouvait pas être statique ne pensèrent pas à suggérer une expansion. À la place, ils entreprirent de modifier la théorie en rendant répulsive à grande distance la force gravitationnelle. Cela ne modifiait pas de façon

significative leurs prédictions des mouvements des planètes, mais autorisait une distribution infinie d'étoiles à rester en équilibre stable – les forces attractives s'exerçant entre étoiles proches étant contrebalancées par les forces répulsives dues aux étoiles plus lointaines. Cependant, on sait aujourd'hui qu'un tel équilibre serait instable : si les étoiles d'une région quelconque venaient à se rapprocher un tant soit peu les unes des autres, les forces qui les attirent croîtraient jusqu'à prendre le pas sur les forces répulsives, de telle sorte que les étoiles continueraient à tomber les unes sur les autres. D'un autre côté, si les étoiles venaient à s'éloigner légèrement les unes des autres, les forces répulsives se mettraient à dominer et les écarteraient encore plus.

Généralement, on attribue au philosophe allemand Heinrich Olbers – qui traita de cette théorie en 1823 – une autre objection à un Univers infini statique. En fait, plusieurs contemporains de Newton avaient déjà soulevé le problème et l'article d'Olbers ne fut pas le premier à présenter des arguments plausibles à son encontre. Toutefois, il fut le premier à être largement remarqué. La difficulté venait du fait que dans un univers infini statique, pratiquement toutes les lignes de visée devraient aboutir à la surface d'une étoile. Aussi devrait-on s'attendre à ce que tout le ciel soit aussi brillant que le Soleil, même la nuit. Le contre-argument d'Olbers était que la lumière des étoiles lointaines devait être affaiblie par de la matière interposée qui l'aurait absorbée. Cependant, si c'était le cas, cette matière aurait dû se réchauffer à la longue, jusqu'à rayonner aussi brillamment que les étoiles. La seule façon d'éviter la conclusion que l'ensemble du ciel nocturne devrait être aussi brillant que la surface du Soleil

était alors d'admettre que les étoiles ne brillaient pas depuis toujours mais qu'elles s'étaient bel et bien allumées à un moment donné dans le passé. Alors, la matière interposée aurait pu ne pas avoir été suffisamment chauffée, ou la lumière des étoiles lointaines n'avoir pas encore eu le temps de nous atteindre. Et cela nous amène à la question de savoir ce qui aurait provoqué l'allumage initial des étoiles.

La naissance de l'Univers avait, bien sûr, déjà fait l'objet de discussions antérieures. Pour nombre de cosmologies anciennes et selon la tradition juive, chrétienne et musulmane, l'Univers est né à un instant donné, dans un passé pas très éloigné. En faveur d'une telle naissance, il y a le sentiment qu'il est nécessaire d'avoir une « Cause Première » pour expliquer son existence. (À l'intérieur de l'Univers, vous pouvez toujours expliquer un événement en tant que conséquence d'un événement antérieur, mais l'existence de l'Univers lui-même ne peut s'expliquer de cette façon que s'il a un commencement.) Un autre argument, avancé par saint Augustin dans son ouvrage *La Cité de Dieu*, fait remarquer que la civilisation avance et que nous nous souvenons de celui qui accomplit tel haut fait ou développe telle technique. Ainsi l'homme, et de la même manière peut-être aussi l'Univers, n'auraient-ils pu exister depuis beaucoup plus longtemps. Saint Augustin admet la date d'environ 5 000 ans avant Jésus-Christ pour la création de l'Univers, date donnée par la Genèse. (Il est intéressant de noter que cela n'est pas si loin de la dernière glaciation qui se termina vers – 10 000 avant Jésus-Christ, date que les archéologues avancent comme véritable point de départ de notre civilisation.)

Aristote, comme la plupart des philosophes grecs, n'aimait pas l'idée de création car elle présentait un arrière-goût d'intervention divine. Il croyait par conséquent que la race humaine et le monde qui l'entoure existaient et existeraient à jamais. Les Anciens reconnaissaient déjà la valeur de l'argument du progrès mentionné plus haut et ils y répondaient en professant que déluges et autres catastrophes ramenaient périodiquement à chaque fois la race humaine sur la ligne de départ.

Les questions relatives à la naissance de l'Univers dans le temps et à sa limite dans l'espace furent par la suite largement étudiées par le philosophe Emmanuel Kant dans son monumental (et très obscur) ouvrage, *Critique de la raison pure*, publié en 1781. Kant baptisa ces questions « antinomies » (c'est-à-dire : contradictions) de la raison pure parce qu'il estimait qu'il existait autant d'arguments – irréfutables – en faveur de la thèse d'un Univers ayant commencé un jour que de son antithèse, un Univers ayant existé depuis toujours. Son argument en faveur de la thèse était que si l'Univers n'avait pas eu de commencement, il aurait dû y avoir une période infinie de temps avant tout événement, ce qu'il considérait comme absurde ; en faveur de l'antithèse, il pensait que si l'Univers avait eu un commencement, il y aurait eu une période infinie de temps avant ce début, alors pourquoi serait-il né à tel instant donné ? En fait, thèse et antithèse sont exactement la même chose. Elles sont toutes deux fondées sur l'hypothèse kantienne non formulée d'un temps qui remonte indéfiniment dans le passé, que l'Univers ait existé depuis toujours ou non. Comme nous le verrons, le concept de temps n'a aucun sens avant la naissance

