

Neil deGrasse Tyson

Petite
excursion
dans le
Cosmos



Déjà plus
d'un million de lecteurs
dans le monde

Belin:

Petite excursion
dans le cosmos

Neil deGrasse Tyson

Petite excursion
dans le cosmos

Traduit de l'anglais (États-Unis)
par René Cuillierier

Belin:

Couverture : © iStockPhoto.com/solarseven

Le code de la propriété intellectuelle n'autorise que « les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » [article L. 122-5]; il autorise également les courtes citations effectuées dans un but d'exemple ou d'illustration. En revanche « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » [article L. 122-4]. La loi 95-4 du 3 janvier 1994 a confié au C.F.C. (Centre français de l'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris), l'exclusivité de la gestion du droit de reprographie. Toute photocopie d'œuvres protégées, exécutée sans son accord préalable, constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

1^{re} édition française © Éditions Belin/Humensis, 2017

© Belin Éditeur / Humensis, 2021

170 bis, boulevard du Montparnasse, 75680 Paris Cedex 14

ISBN 978-2-410-02299-5

Dépôt légal - 1^{re} édition : mai 2017;

édition révisée : janvier 2021

Préface

Ces dernières années, pas une semaine ne s'écoule sans qu'une découverte en astronomie ne fasse la une des journaux. Il est possible que les gardiens du temple médiatique aient eux-mêmes développé un certain intérêt pour les choses de l'Univers. Mais il est plus probable que cette exposition accrue reflète en réalité un authentique appétit du public pour la science. Les preuves de cet appétit abondent, du succès des émissions de télévision à caractère scientifique aux films de science-fiction dans lesquels on retrouve des acteurs célèbres dirigés par des producteurs et des réalisateurs de renom. Il semble même que, depuis peu, les biopics sur la vie d'importants scientifiques soient en passe de constituer un genre cinématographique en soi. Et bien sûr, dans le monde entier, l'intérêt pour les festivals de science, les conventions de science-fiction et les documentaires scientifiques télévisés ne dément jamais.

Le plus gros succès de tous les temps au box-office a été tourné par un réalisateur célèbre qui a choisi comme cadre de son histoire une planète en orbite autour d'une étoile lointaine. Et une non moins célèbre actrice y joue le rôle d'une exobiologiste. Si toutes les branches de la science ont ainsi gagné en audience à

notre époque, c'est assez systématiquement l'astrophysique qui se maintient au top. Et je crois que je sais pourquoi. À un moment ou à un autre, chacun d'entre nous a un jour levé les yeux vers le ciel nocturne et s'est demandé : qu'est-ce que tout cela veut dire ? Comment ça marche ? Et quelle est ma place dans l'Univers ?

Si vous êtes trop occupé pour prendre le temps de goûter au cosmos via les cours magistraux, les manuels ou les documentaires, si vous cherchez néanmoins une présentation brève mais valable de ce domaine, je vous propose ce livre : *Petite excursion dans le cosmos*. Avec ce court ouvrage, vous vous familiariserez avec toutes les idées et les découvertes fondamentales qui sont aujourd'hui à la base de notre compréhension de l'Univers. Si j'ai réussi, vous aurez une authentique culture générale dans mon domaine. Et il se pourrait même que vous en vouliez davantage.

L'Univers n'est pas du tout obligé
de vous être compréhensible.

NDT

CHAPITRE I

La plus grande histoire jamais racontée

« Le monde a persisté d'innombrables années,
depuis qu'un jour il s'est ordonné selon
les mouvements adéquats dont tout découle. »

Lucrèce, vers 50 av. J.-C.

Au commencement, il y a presque quatorze milliards d'années, tout l'espace, toute la matière et toute l'énergie de l'Univers connu étaient contenus à l'intérieur d'un volume mille milliards de fois plus petit que le point qui termine cette phrase.

Les conditions de température y étaient si brûlantes que les quatre forces de la nature, celles qui, prises ensemble, décrivent notre Univers actuel, étaient fondues en une seule. Certes, on ne sait toujours pas comment ce minuscule point cosmique en est venu à exister, mais une chose est sûre : il ne pouvait que grandir. Et vite avec ça ! C'est ce que nous appelons aujourd'hui le Big Bang.

Notre compréhension moderne de la gravitation repose sur la théorie de la relativité générale proposée par Albert Einstein en

1916. Elle implique que la matière et l'énergie courbent la toile de fond de l'espace et du temps autour d'elles. Dans les années 1920, la découverte de la mécanique quantique allait enrichir notre connaissance de tout ce qui est petit : les molécules, les atomes et les particules. Mais ces deux façons de comprendre la nature étaient formellement incompatibles. Les physiciens se sont donc lancés dans une course à l'unification des théories de l'infiniment petit et de l'infiniment grand afin d'obtenir une théorie cohérente de la gravitation quantique. Même si personne n'a encore franchi la ligne d'arrivée, nous savons exactement où se trouvent les principaux obstacles. L'un d'entre eux réside dans ce qu'on appelle « l'ère de Planck », au tout début de l'Univers. C'est l'intervalle de temps qui s'écoule entre le commencement, l'instant $t = 0$, et l'instant $t = 10^{-43}$ seconde (un dixième de milliardième de milliardième de milliardième de milliardième de seconde), à une époque où le diamètre de l'Univers n'a pas encore atteint 10^{-35} mètres (un centième de milliardième de milliardième de milliardième de milliardième de mètre). Ces quantités infiniment petites ont été nommées en l'honneur du physicien allemand Max Planck, que l'on considère généralement comme le père de la mécanique quantique et qui introduisit en 1900 l'idée selon laquelle l'énergie est quantifiée.

Dans la pratique, le conflit entre la théorie de la gravitation et la mécanique quantique n'est pas très gênant. Du moins, tant qu'on étudie l'Univers actuel. L'astrophysique utilise les boîtes à outils que sont la relativité générale d'une part, et la mécanique quantique de l'autre, pour résoudre des problèmes de types très différents. Mais au commencement, durant l'ère de Planck, l'infiniment grand était minuscule. On soupçonne qu'il a dû alors se produire un bref mariage entre les deux théories. Hélas, les vœux échangés durant cette cérémonie nous échappent complètement, de sorte qu'aucune loi de la physique (du moins aucune

loi connue) ne décrit de façon fiable le comportement de l'Univers à cette époque.

Nous nous attendons tout de même à ce qu'à la fin de l'ère de Planck, la gravitation ait réussi à se démêler des autres forces encore unifiées pour acquérir l'identité indépendante que nous lui connaissons et qui est si joliment décrite par nos théories modernes. Tandis que l'Univers atteignait l'âge de 10^{-35} seconde, il continuait à s'étendre, diluant toutes les concentrations d'énergie. Les forces unifiées restantes se séparèrent en une force électrofaible et une force nucléaire forte. Un peu plus tard, la force électrofaible elle-même se scinda en force électromagnétique et force nucléaire faible, donnant naissance aux quatre forces de la nature si familières et chères à nos cœurs : la force faible qui contrôle les désintégrations radioactives, la force forte qui lie les constituants des noyaux atomiques, la force électromagnétique qui lie les molécules et la gravitation qui lie l'ensemble de la matière.

*

Un millième de milliardième de seconde s'est écoulé depuis le commencement.

*

Pendant tout ce temps, la matière, sous la forme de particules élémentaires, et l'énergie, sous la forme de photons (des grains d'énergie lumineuse dépourvus de masse qui sont tout autant des particules que des ondes) interagissaient en permanence. L'Univers était alors assez chaud pour que ces photons convertissent spontanément leur énergie en paires de particules de matière et d'antimatière qui, immédiatement après, s'annihilaient mutuellement pour restituer leur énergie sous la forme de photons. Oui, l'antimatière existe pour de bon : c'est nous les scientifiques qui

l'avons découverte, pas les auteurs de science-fiction. Ces transsubstantiations découlent entièrement de la plus célèbre des équations d'Albert Einstein : $E = mc^2$, qui n'est autre qu'une recette à double sens déterminant combien d'énergie vaut une masse donnée et combien « pèse » l'énergie. Le facteur c^2 n'est autre que la vitesse de la lumière au carré – un nombre gigantesque qui, multiplié par la masse, nous rappelle l'énorme quantité d'énergie que vous récupérez dans ce procédé.

Avant, pendant et juste après la séparation des forces forte et électrofaible, l'Univers était une soupe bouillonnante de quarks, de leptons et de leurs antiparticules, ainsi que de bosons, les particules qui transmettent leurs interactions. Autant qu'on le sache, aucune des particules membres de ces familles n'est divisible en éléments plus petits ou plus fondamentaux. Toutes existent en plusieurs variétés. Le photon ordinaire fait partie de la famille des bosons. Les leptons les plus connus des profanes sont les électrons, voire peut-être les neutrinos. Et les quarks les plus familiers sont... Eh bien, en fait il n'y a pas de quarks familiers. Chacune des six sous-espèces de quarks a reçu un nom qui ne sert aucun objectif philologique, philosophique, ni même pédagogique, et dont le seul intérêt est de les distinguer les uns des autres : les quarks « up » et « down » (haut et bas), « étrange » et « charmé », « top » et « bottom » (encore haut et bas en anglais).

Au fait ! Les bosons doivent leur nom au savant indien Satyendranath Bose. Le mot lepton vient du grec « *leptos* » qui signifie « léger » ou « petit ». Quant au mot quark, il a une origine plus littéraire et bien plus originale. Le physicien Murray Gell-Mann qui postula en 1964 l'existence des quarks comme composants internes des protons et des neutrons (et qui croyait à l'époque que la famille des quarks n'avait que trois membres) s'inspira d'une réplique typique de l'œuvre obscure de James Joyce, *Finnegans Wake* : « Trois quarks pour môssieur Mark ! » Une chose qu'on ne peut pas enlever aux quarks, c'est que leurs noms