

The background of the cover is a photograph of Earth from space, showing the curvature of the planet and the dark void of space. The image is slightly blurred and has a grainy texture.

ÉTIENNE KLEIN

**DISCOURS
SUR L'ORIGINE
DE L'UNIVERS**

Flammarion | **NBS**

Étienne Klein

DISCOURS
SUR L'ORIGINE
DE L'UNIVERS

Flammarion | NBS

Étienne Klein

Discours sur l'origine de l'univers

Flammarion

Collection : Nouvelle Bibliothèque Scientifique
Maison d'édition : Flammarion

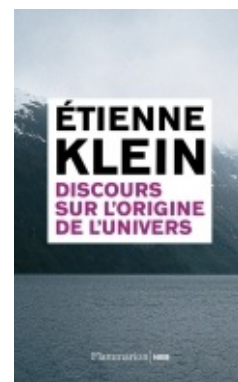
© Flammarion, 2010
Dépôt légal : octobre 2010

ISBN numérique : 978-2-0812-5532-6
N° d'édition numérique : N.01EHBN000239.N001

Le livre a été imprimé sous les références :
ISBN : 978-2-0812-2879-5
N° d'édition : L.01EHBN000301.N001

42 648 mots

Ouvrage composé et converti par [Nord Compo](#)



Création Studio
Flammarion
Graphisme et photo :
Atelier Michel Bouvet ©
Flammarion - Étienne
Klein vu par Philippe
Matsas © Flammarion

Présentation de l'éditeur :

D'où vient l'univers ?

Et d'où vient qu'il y a un univers ?

Irrépressiblement, ces questions se posent à nous. Et dès qu'un discours prétend nous éclairer, nous tendons l'oreille, avides d'entendre l'écho du tout premier signal : les accélérateurs de particules vont bientôt nous révéler l'origine de l'univers en produisant des « big bang sous terre » ; les données recueillies par le satellite Planck nous dévoiler le « visage de Dieu » ; certains disent même qu'en vertu de la loi de la gravitation l'univers a pu se créer de lui-même, à partir de rien...

Le grand dévoilement ne serait donc devenu qu'une affaire d'ultimes petits pas ? Rien n'est moins sûr... Car de quoi parle la physique quand elle parle d'« origine » ? Qu'est-ce que les théories actuelles sont réellement en mesure de nous révéler ? À bien les examiner, les perspectives que nous offre la cosmologie contemporaine sont plus vertigineuses encore que tout ce que nous avons imaginé : l'univers a-t-il jamais commencé ?

Étienne Klein dirige le laboratoire de recherche sur les sciences de la matière au Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et enseigne à l'École centrale. Il a notamment publié aux éditions Flammarion : Les Tactiques de Chronos (2003), Il était sept fois la révolution. Albert Einstein et les autres... (2005) et Galilée et les Indiens (2008).

Du même auteur

Conversations avec le Sphinx. Les paradoxes en physique, Paris, Albin Michel, coll. « Sciences d'aujourd'hui », 1991 ; Le Livre Poche, 1994.

Le Temps et sa Flèche, avec M. Spiro (dir.), Gif-sur-Yvette, Frontières, 1995 ; Flammarion, coll. « Champs », 1996.

L'Atome au pied du mur et autres nouvelles, Paris, Le Pommier, coll. « Romans & plus », 2000 ; nouvelle édition, 2010.

L'Unité de la physique, Paris, PUF, coll. « Science, histoire et société », 2000.

Moi, U235, atome radioactif, avec B. Bonin et J.-M. Cavedon, Paris, Flammarion, 2001.

Les Tactiques de Chronos, Paris, Flammarion, 2003 (prix « La science se livre », 2004) ; Flammarion, coll. « Champs », 2004.

Petit Voyage dans le monde des quanta, Paris, Flammarion, coll. « Champs », 2004 (prix Jean Rostand, 2004).

Il était sept fois la révolution. Albert Einstein et les autres..., Paris, Flammarion, 2005 ; coll. « Champs », 2007.

Le facteur temps ne sonne jamais deux fois, Paris, Flammarion, coll. « NBS », 2007 ; coll. « Champs », 2009.

Les Secrets de la matière racontés en famille, Paris, Plon, 2008.

Galilée et les Indiens. Allons-nous liquider la science ?, Paris, Flammarion, coll. « Café Voltaire », 2008.

À Jacques Perry-Salkow, qui m'a offert
la plupart des anagrammes
citées dans ce livre

[1](#)- Jacques Perry-Salkow est l'auteur de *Le Pékinois. Petit dictionnaire anagrammatique des célébrités* (Seuil, 2007) et d'*Anagrammes. Pour sourire et rêver* (Seuil, 2009).

Avis de brouillard sur l'aurore du monde

*Nous nous sommes détachés d'une origine qui ne nous lâche pas.
Il faut rater, s'y remettre, et rater mieux.*

Samuel Beck

D'où vient l'univers ?

Et d'où vient qu'il y a un univers ?

Inlassablement, la question de l'origine de l'univers se pose à nous. Elle attise notre soif. L'évidence, quelque chose de très profond se joue là. Mais que cherchons-nous au juste en faisant sans cesse retour sur l'origine ?

Parfois, certaines réponses, métaphysiques ou religieuses, semblent éteindre cette soif. On les juge crédibles, suffisantes, quasi définitives. Mais, assez vite, les mêmes questions resurgissent irréprouvables : elles se déplacent, changent de terrain, se confondent, s'embrouillent parfois, nous empêchant de donner à comprendre qu'elles portent sur une réalité étrange qui excède tout ce à quoi notre savoir immédiat peut répondre. De quoi cette réalité en amont de toutes les autres est-elle constituée ? Cette réalité qu'on n'approche jamais qu'en termes imprécis comme si le langage, cherchant à l'atteindre, se dispersait inmanquablement et ratait sa cible.

Certains parlent de *création ex nihilo*, expression fort curieuse puisqu'elle suggère que c'est un mélange de néant et d'être qui aurait organisé l'origine de l'univers. Mais par quel mécanisme (ou miracle) le néant pourrait-il avoir créé de l'être ? On ne se bouscule guère pour le dire. D'autres citant tel ou tel récit mythique, expliquent qu'« au tout début *il y avait* ceci ou cela ». Mais un début qui fait suite à quelque chose qui l'a précédé, est-ce vraiment *le* début ?

D'autres encore évoquent une « cause » prétendument première, une cause elle-même dépourvue de cause, celle que Platon, par exemple, appelle l'*arkhè*, le « principe » ou le « commencement ». Mais quel sens pouvait bien avoir le mot « cause » quand l'univers n'existait pas encore ?

D'autres enfin expliquent que l'univers serait l'accomplissement d'un « dessein intelligent » qu'en somme il actualiserait des plans divins qui l'auraient précédé. Mais d'où proviennent ces plans ? D'un superingénieur ? D'un dieu aimant les belles équations et les réglages fins ? Avec quel genre de sorte d'allumettes transforme-t-on des formules mathématiques en un univers physique qui leur est soumis ?

Toutes sortes de fées affirment s'être penchées sur le berceau de l'univers et font savoir ce qu'elles y ont vu, de plus ou moins près. Mais leurs versions ne s'harmonisent guère.

Depuis peu, la question des origines apparaît même comme une zone de concurrence, voire de conflit ouvert, entre la science, plus précisément la cosmologie scientifique, et les religions : les ordres du croire et du savoir y entrent en rivalité, exhibant leurs arguments avec autorité, réclama

qu'on respecte leur territoire. Affirmer avoir mis la main sur l'origine, n'est-ce pas revendiquer un certain pouvoir sur les esprits ? On rapporte que le pape Jean-Paul II, recevant Stephen Hawking au Vatican, lui aurait déclaré : « Nous sommes bien d'accord, monsieur l'astrophysicien : ce qu'il y a après le *big bang* c'est pour vous ; et ce qu'il y a avant, c'est pour nous... » Cette anecdote, dont la véracité importe finalement peu, illustre à quel point il est aisé de caricaturer positions et arguments. Pour certains, la religion permettrait d'aller plus loin (plus haut ?) que la science, par sa prétendue capacité à saisir l'amont ultime de toute chose ; pour d'autres, la physique, dont la lampe torche n'a jamais été aussi puissante, pourrait ravir la création des mains de la religion ou des récits mythiques pour la mettre dans son escarcelle, et peut-être en remanier le sens.

Il faut dire que les scientifiques sont parvenus à élaborer un « grand récit de l'univers », long de 13,7 milliards d'années. Singulier, inédit, extraordinaire même, il est en rupture sur bien des points avec toutes les cosmogonies traditionnelles que Gaston Bachelard appelait joliment des « songeries ancestrales ». Mais dans le prolongement de cette longue narration à « rebrousse temps minutieusement élaborée et, pour tout dire, bien difficile à contester tant elle s'appuie sur des bases solides², certains esprits voudraient nous persuader que la question de l'origine est désormais fermement installée à l'intérieur même des frontières de la science : les scientifiques seraient bien capables de saisir la véritable source de la totalité de ce qui existe. Comment y parviendront-ils ? Soit en écrivant l'équation qui engloberait l'exhaustivité des phénomènes, soit en se donnant les moyens d'accéder, par le biais de télescopes ou d'accélérateurs de particules surpuissants, à l'origine même du monde.

L'origine de l'univers est devenue une terre promise : on ne cesse d'annoncer qu'on s'en approche, qu'elle n'est pas un ailleurs inaccessible, que le « mur de Planck » qui continue de faire obstacle aux théories physiques est en passe d'être franchi, que le grand dévoilement est une affaire de petits pas qui bientôt toucheront au but. Le ton est souvent publicitaire, parfois même racoleur.

Récemment, on a pu lire ici ou là que le LHC, ce grand collisionneur de protons qui vient d'être brillamment mis en service par le CERN à Genève, allait « nous révéler l'origine de l'univers » en produisant des « big bangs sous terre ». Il fut également annoncé que cette machine magnifique et gigantesque allait permettre de détecter la « particule Dieu » (surnom donné par les Américains au boson de Higgs³). *L'accélérateur de particules* est certes la miraculeuse anagramme de *éclipse de l'éclat du Créateur*, mais ce beau hasard n'a lieu qu'en français... On a aussi entendu dire que les données recueillies par le satellite Planck allaient prochainement dévoiler le « visage de Dieu⁴ », croire que celui-ci pourrait docilement s'imprimer sur une carte du ciel. Enfin, tout récemment, il fut annoncé, à grand renfort de trompettes, que Stephen Hawking, comme pour contredire l'information précédente (le visage de Dieu montrant le bout de son nez), considérait désormais qu'en vertu de la loi de la gravitation l'univers avait pu se créer de lui-même, à partir de rien, sans aucune intervention divine...

En clair, la confusion règne. Elle constitue sans doute un signe des temps : on ne concède plus qu'au bout des lèvres que cette question de l'origine de l'univers puisse conserver quelque chose d'intrinsèquement problématique, voire constituer ce qu'on appelle un *mystère* (par différence avec un *problème*, qui a au moins une solution possible). En la matière comme en beaucoup d'autres, on devrait plutôt veiller à ne pas se hâter de conclure.

Notre esprit a une irrésistible tendance à considérer que les idées dont il se sert le plus souvent sont celles qui ont le plus de chances d'être vraies : l'usage les valoriserait indûment. Ainsi, nous avons l'habitude de répéter – donc de croire – que depuis Galilée la science ne s'attache à comprendre que le *comment* des phénomènes, non le *pourquoi*.

Mais c'est parce qu'il est justement l'un des rares à intriquer ces deux questions – *Comment l'univers est-il apparu et pourquoi est-il apparu ?* – que le problème de l'origine nous oblige à sonder

les capacités ultimes de la science. Et nous inclinons à penser que si la physique et la cosmologie nous apportaient la bonne réponse à la première question, elles nous aideraient à répondre à la seconde. Peut-être même serait-elle en mesure de nous livrer le *pour quoi* de l'univers, c'est-à-dire sa finalité. Mais lorsqu'elles touchent à la question du commencement, les sciences ingénieuses d'aujourd'hui sont-elles vraiment capables de faire mieux que les cosmogonies « ingénues » d'autrefois ? Possèdent-elles en exclusivité les moyens d'accéder à une origine véritablement originelle, à une sorte d'origine absolue ? Ou ont-elles besoin, elles aussi, pour se construire, d'un déjà là, d'un cadre primitif, d'un tout premier « il y a » ?

De nombreux physiciens, encouragés par de récents succès aussi bien dans le domaine de l'infiniment grand que dans celui de l'infiniment petit, travaillent aujourd'hui d'arrache-pied – ou plutôt d'arrache-tête – à l'élaboration d'une théorie unique capable de décrire, par un seul jeu d'équations, l'ensemble des quatre forces fondamentales qui structurent l'univers. Bref, leur ambition est de réduire celui-ci – aussi bien ses lois que tout ce qu'il contient – au rang de petit *pensum* pour les mathématiciens aguerris. Admettons qu'ils parviennent effectivement à élaborer une telle « Théorie du Tout ». Imaginons même que celle-ci leur soit totalement intelligible, qu'ils sachent expliciter tout ce qu'elle sous-tend ou implique : cette théorie sera-t-elle pour autant capable, tel un superacide, de dissoudre tout ce qui fait écran entre notre intelligence et l'origine de l'univers ? Ou bien faut-il considérer qu'à l'instar des purs grimpeurs du Tour de France les physiciens seront toujours condamnés à rater le prologue (en général disputé sur terrain plat), quels que soient l'arsenal théorique et les ordinateurs dont ils disposent ? À ne jamais faire entendre la toute première chiquenaude ?

Et si nous nous étions laissé abuser par une certaine façon de raconter le big bang et par le mot instant zéro, supposé coïncider avec l'explosion originelle qui aurait créé tout ce qui existe, par un langage vulgate lancinant qui aurait ancré en nous l'idée que l'univers a bel et bien surgi du néant ?

Les perspectives qu'offre la cosmologie contemporaine sont peut-être plus vertigineuses encore. En outre, sommes-nous certains que l'univers a eu un commencement ?

« Vertigineuses », c'est bien le mot, car nous devons suivre les physiciens qui tentent d'escalader le fameux mur de Planck – une falaise monstrueuse, bien plus terrible que la roche de Solutré – qui leur barre la vue lorsqu'ils regardent en direction de l'origine de l'univers. Pour trouver leur voie, ils font comme les alpinistes dans une passe difficile : ils essaient plusieurs prises différentes, les jauge l'une après l'autre, les testent du bout des doigts, jusqu'à trouver celle qui leur semble la meilleure.

Nous devons parfois nous accrocher. L'ascension du mur de Planck promet d'être ardue, mais bonne nouvelle, nous avons apporté de la magnésie.

¹- « Un principe est chose inengendrée, car c'est à partir d'un principe que, nécessairement, vient à l'existence tout ce qui commence d'exister, au lieu que lui-même nécessairement, ne provient de rien ; si, en effet, il commençait d'être à partir de quelque chose, il n'y aurait plus de principe » (Platon, *Phèdre*, 245 c-d).

²- Les modèles de big bang (nous leur consacrons un chapitre) bénéficient de trois « preuves » : les galaxies s'éloignent les unes des autres d'autant plus rapidement qu'elles sont distantes, comme dans un univers en expansion ; le rayonnement diffus cosmologique dont ces modèles prédisent l'existence et les propriétés a été observé en 1964 et abondamment étudié depuis ; les proportions que ces modèles imposent pour les éléments chimiques légers (deutérium, hélium 3, hélium 4, lithium 7) correspondent à des mesures qui ont été faites par la suite dans le cosmos.

³- Le boson de Higgs est une particule supposée donner leur masse aux objets microscopiques élémentaires, y compris à elle-même. Prédite dans les années 1960, elle pourrait être détectée très prochainement grâce aux expériences en cours au LHC.

⁴- Cette expression a été initialement utilisée par le Prix Nobel de physique 2006 George Smoot, père du satellite Cobe lancé par la NASA en 1989. Cet instrument visait à cartographier le fond diffus cosmologique, reliquat de la lumière qui s'est libérée de la matière environnante 380 000 ans après le big bang.

1

Au commencement était la fable ?

Descendre jusqu'au chaos primordial et s'y sentir chez soi.

Georges Braque

Commençons par émettre l'hypothèse – saine lorsqu'on entreprend l'écriture d'un livre – que les mots ont un sens bien défini. Dans ce cas, prendre la question de l'origine au sérieux, saisir le mot « origine » dans son sens le plus radical, ne consiste pas seulement à tenter de décrire les phases les plus anciennes de notre univers : c'est d'abord s'interroger sur le passage de l'absence de toute chose – le néant – à la présence d'au moins une chose (ou d'au moins un être) ; c'est donc affronter d'emblée le mystère du néant et de ses métamorphoses possibles : comment le néant a-t-il pu cesser d'être le néant ? En d'autres termes, *penser le commencement du monde revient rigoureusement à penser son absence*, et à penser *comment son absence a pu se transmuter en présence* : par quelle sorte de conversion ce qui n'est rien peut-il devenir un monde ?

La question ainsi posée, on devine mieux la difficulté de la tâche, qui tient en grande partie au fait que l'idée de néant, d'absence de toute chose, de rien absolu, ne se laisse pas aussi facilement saisir que celle de table ou de brique. Elle a d'ailleurs un statut tout à fait singulier. C'est en effet une idée « destructrice » d'elle-même, au sens où dès que le concept de néant nous vient à l'esprit, le mouvement de notre pensée le transforme en autre chose que lui-même : on en fait quelque chose de particulier, une sorte de vide auquel on attribue subrepticement un corps, une substantialité dont le néant ne saurait être doté sans entrer en contradiction avec lui-même. C'est ainsi que, au lieu de lui ôter jusqu'au moindre semblant d'être, l'activisme intellectuel le projette immédiatement dans l'ontologie. Et cette sorte de réflexe le trahit.

Tout se passe en somme comme si nous ne parvenions à penser l'absence de toute chose que par la représentation de quelque chose. Un couteau sans lame auquel on a ôté le manche, ce n'est pas tout fait rien : c'est au moins deux fois rien, ce qui n'est déjà pas si mal... Dans notre esprit, abolir signifie d'abord substitution : l'absence devient présence, le non-être s'habille d'être.

Tel est le paradoxe du néant, qui imprime un tour à notre réflexion : penser *le rien* n'est pas penser *à rien* ; en affirmant son existence, on le substantifie et, ce faisant, on extirpe le néant de son statut de néant.

Les récits qui décrivent la naissance de l'univers ne s'y sont donc pas trompés : ils imaginent systématiquement le monde originel comme déjà rempli de quelque chose ou de quelque divinité, non comme une émanation du néant pur. Le monde surgit toujours d'un lieu mystérieux, d'un réel en attente, en général illimité et fertile. Il commence par une sorte de tohu-bohu où titubent déjà

matière, l'espace et le temps. Mais pas la lumière. En effet, ce « prémonde » baigne généralement dans l'obscurité : *l'origine de l'univers* est d'ailleurs l'anagramme révélatrice de *un vide no grésille...*

Faisons un petit tour d'horizon.

Chez les Égyptiens, ce prémonde était un océan primordial, un vaste tourbillon sans lois stabilité. Durant la longue nuit des origines, établit leur cosmogonie, rien n'existait encore, ni la vie la mort, ni la fureur ni le combat. Seules murmuraient les eaux sombres du Noun, l'océan primordial. Le flux et le reflux des vagues déposaient sans cesse du sable et des limons noirs et fertiles sur rivage de l'océan. Petit à petit, une colline se forma. Soudain, le dieu créateur Atoum, fatigué flotter sur les eaux du Noun, vint y reposer : ce fut le premier lever de soleil. Sur la colline, le dieu donna lui-même forme humaine et prit le nom de Ré-Atoum¹.

En Mésopotamie aussi un océan tumultueux préexistait à tout. Lorsqu'en haut les cieux n'avaient pas pris forme, racontait-on, et qu'en bas la terre n'avait pas de nom, seuls Apsou, l'océan des eaux douces, et Tiamat, la redoutable mer des eaux salées, mêlaient leurs gigantesques vagues dans une étreinte sans fin. De cette union naissait sans cesse une foule de dieux intrépides et coléreux qui grandissaient chaque jour en force et en audace. Craignant d'être détrôné par ses fils, Apsou décida de les éliminer. Tiamat s'en émut. Avec l'aide d'Ea, le plus rusé de ses enfants, elle forma le projet de tuer Apsou, son époux²...

Du côté de la Grèce, au tout début il y avait *Chaos*, nous dit la *Théogonie*³ d'Hésiode. Vaste vide sombre et informe au sein duquel apparut Gaïa, la Terre aux larges flancs, la base inébranlable du monde. Puis survint *Éros*, l'amour, le plus beau des dieux, capable de les soumettre tous, dieux humains. De *Chaos* naquirent encore les ténèbres d'en bas et la nuit noire. Tous deux s'unirent et engendrèrent à leur tour la lumière d'en haut, ainsi que le jour...

On entend dire que les Chinois ont peu de récits de l'origine du monde. Il y a bien l'histoire de Pangu, le créateur, dont les premières traces se trouvent dans des livres datant du III^e siècle de notre ère⁴. Pangu grandissait depuis des milliers d'années à l'intérieur d'un œuf quand il finit par en briser la coquille à coups de hache, puis se mit aussitôt à l'ouvrage pour séparer, de toutes ses forces, les éléments enchevêtrés et ordonner le chaos des origines. À force de travailler, il trébucha de fatigue. Sa chute fut si violente que ses yeux furent projetés dans le ciel : son œil droit devint le soleil, son œil gauche la lune, ses os formèrent les montagnes et ses muscles les terres fertiles ; ses artères dessinèrent le cours des fleuves, ses veines celui des rivières ; ses dents devinrent les perles ; les animaux naquirent de ses puces, les êtres humains de ses poux...

Enfin, selon le récit biblique, le créateur débute son œuvre en organisant, par le verbe, un univers où tout – terre, eau, lumière, ténèbres – avait été jusqu'alors mélangé : « Au commencement Dieu créa le ciel et la terre. La terre était déserte et vide, et l'obscurité couvrait l'océan primitif. Le souffle de Dieu planait à la surface des eaux. Dieu dit « Que la lumière soit ! » et « La lumière fut ». Dieu vit que la lumière était bonne et il la sépara des ténèbres. Il appela la lumière jour et les ténèbres nuit. Il y eut un soir, il y eut un matin : ce fut le premier jour...

Et ensuite ? Que se passait-il ? D'une tradition à l'autre, les « méthodes » de création des divers éléments qui constituent l'univers diffèrent : création par le verbe, par un combat entre des êtres surnaturels, par des prouesses ou des liaisons amoureuses tumultueuses entre dieux, par un plongement au fond de l'océan primordial, par un surgissement de lumière, ou encore par le démembrement d'un être antérieur à tous les autres⁵. Reste que ces différents récits de la naissance du monde partagent un point commun : tous racontent la mise en ordre progressive d'une sorte de « matière » dite originelle dont l'origine n'est pas précisée.

Pas de cosmogonie qui tienne, semble-t-il, sans mise en place implicite de « starting-blocks ». Sans doute les mythes fondateurs et les cosmogonies ancestrales, comme d'ailleurs tous les récits

originels, n'ont-ils d'autre choix que celui de commencer par quelque chose : tout être, à commencer par le monde lui-même, ne semblant pouvoir s'expliquer que par l'invocation d'un autre être. éventuellement d'un Être supérieur à tous les autres, il leur faut bien partir d'un « déjà là » propulsif.

En la matière, la science pourrait-elle faire vraiment mieux que les mythes fondateurs ou les religions révélées ? Aurait-elle les moyens, comme on l'entend parfois dire, de remonter plus loin, en amont, jusqu'à l'énigmatique instant zéro ? Ou est-elle condamnée à prendre appui sur quelque « prémonde » de son cru ?

Pour le savoir, un petit détour s'impose d'abord par l'histoire des idées et des mots qui les disent.

¹- Voir Jean Yoyotte, Serge Saugeron, « La naissance du monde selon l'Égypte ancienne », in *La Naissance du monde*, Paris, Seuil, coll. « Sources orientales », 1978, p. 46.

²- Voir Paul Garelli, Marcel Leibovici, « La naissance du monde selon Akkad », in *La Naissance du monde*, *op. cit.*, p. 119.

³- Hésiode, *Théogonie*, édition de Paul Mazon, Paris, Les Belles Lettres, 1972.

⁴- Voir Rémi Mathieu, *Anthologie des mythes et légendes de la Chine ancienne*, Paris, Gallimard, coll. « Connaissance de l'Orient », 1989.

⁵- Voir Guillaume Duprat, « Forme et structure de l'univers dans les civilisations anciennes et les traditions orales », in *Forme et origine de l'univers*, sous la direction de Daniel Parrochia et Aurélien Barrau, Paris, Dunod, 2010.

2

De l'origine de l'idée d'univers à l'idée d'une origine de l'univers

Là, vraiment, l'histoire commence.

Michel Ser

Chacun aujourd'hui l'a entendu dire : une révolution discrète mais radicale s'est déroulée au cours du XX^e siècle. Toutes les disciplines scientifiques ont progressivement pris acte du fait que la plupart des objets qu'elles étudient n'avaient pas toujours été tels qu'elles pouvaient les observer : ils sont le produit d'une histoire et ont eux-mêmes une histoire. Cette Terre pourtant bien solide sous nos pieds n'a pas toujours existé, et la vie n'y a pas toujours été présente. Les étoiles, qui apparaissaient à nos yeux comme des précurseurs aussi stables et pures que les idéalités de la pensée théorique, ne sont pas immuables : elles se forment, évoluent, se transforment, agonisent, disparaissent. Les atomes eux-mêmes n'ont pas toujours été là : l'univers primordial n'en contenait aucun, seules des particules élémentaires gorgées d'énergie s'y agitaient frénétiquement (légers ou lourds, les atomes sont produits par les étoiles au cours de réactions nucléaires plus ou moins violentes).

Aidés par les astrophysiciens, les physiciens des particules et les physiciens nucléaires, les cosmologistes sont récemment parvenus à reconstituer les 13,7 derniers milliards d'années de l'histoire de l'univers. Ils savent de façon certaine que dans sa phase très primordiale celui-ci était beaucoup plus dense et beaucoup plus chaud qu'aujourd'hui et que, depuis, il ne cesse de se dilater, de se diluer, de se refroidir.

Le doute n'est donc plus permis : l'univers n'est pas statique. Il peut même se lire comme un « grand récit ». Cette vérité désormais banale mérite néanmoins qu'on lui rende justice, qu'on comprenne pour ce qu'elle est, le résultat d'une aventure extraordinaire et tumultueuse dans le champ des idées. Il est arrivé au cours des siècles précédents qu'elle soit évoquée dans des termes voisins de ceux que nous utilisons aujourd'hui, mais c'est au détour des années 1930 qu'elle a brusquement gagné une signification neuve et, surtout, une portée inédite.

Aussi, avant de parler d'une éventuelle origine de l'univers, convient-il de s'accorder sur ce qu'on entend par le mot « l'univers » dans la phrase « l'univers a une histoire ». Pareille mise au point peut sembler inutile, tant le mot ou ce qu'il recouvre est ancien (sans doute aussi ancien que les plus vieilles cosmogonies) et son usage devenu courant. Mais gardons à l'esprit trois choses que nous développerons dans ce chapitre et qui sont essentielles pour la suite.

La première est que la signification du mot univers n'a cessé d'évoluer au cours des âges, au g

des représentations qu'on pouvait s'en faire ou des extrapolations hasardeuses de l'imagination aujourd'hui, l'univers n'est plus assis sur un empilement de tortues ou de baleines, il ne se réduit pas au système solaire, il n'est pas non plus le « monde », ni le cosmos des Anciens, ni la vague enveloppe contenant tout ce qui est. L'« idée d'univers », au sens scientifique du terme, est d'invention tout à fait tardive et ne recouvre guère les anciennes dénominations. On la doit à Galilée, qu'on peut considérer comme le « père » de la physique moderne (après que de nombreux pionniers lui eurent ouvert la voie) : l'univers est constitué par une seule sorte de matière et régi par des lois « universelles » invariables, et exprimées en langage mathématique, qui sont les mêmes partout et à tout instant. En d'autres termes, l'idée moderne d'univers a indissolublement partie liée avec les concepts d'unité et de loi. Tous les mondes ne sont donc pas des univers. Le tri est même assez sévère : par exemple, un monde où la structure des atomes ne serait pas la même en tel endroit qu'en tel autre ne mériterait pas le titre d'univers, pas plus qu'un autre dans lequel les corps pourraient chuter (ou ne pas chuter) comme bon leur semble, sans obéir à une loi digne de ce nom. En revanche, L'Univers du Bonbon magasin de Chamonix où m'entraînent mes fils, n'usurpe pas tout à fait son appellation : on ne trouve en effet que des bonbons (unité ontologique) dont le coût est en exacte proportion de leur poids, donc indépendant de leur forme, de leur couleur ou de leur saveur (loi universelle).

Deuxième chose : le pari consistant à dire que l'univers *en tant que tel* est un possible objet de science, ayant des paramètres globaux conceptualisables et mesurables, est encore plus récent. Il date de moins d'un siècle. L'idée scientifique de l'univers, formulée par Galilée et reprise par Newton qui l'élabora la première théorie « universelle » (celle de la gravitation), n'a donc pas suffi à faire de l'univers un objet de science (presque) comme les autres : car il ne va pas de soi que le contenant de tous les objets physiques soit lui-même un objet physique. Pour effectuer ce dernier saut, il a fallu disposer d'une nouvelle théorie, proprement révolutionnaire – la relativité générale d'Einstein – capable d'agripper l'univers dans sa globalité et pas seulement par le biais des objets physiques dont il est le vaste réceptacle. Preuve que cette promotion conceptuelle ne s'imposait pas : même après qu'un tel ensemble de tels outils théoriques eurent été mis sur pied au début du XX^e siècle, l'idée que l'univers puisse faire l'objet d'un discours intégralement scientifique ou qu'on puisse définir et mesurer certaines de ses propriétés a continué de rencontrer de farouches résistances, notamment de la part de philosophes et des sciences, avant de finalement s'imposer.

Troisième chose : dire que les objets du monde ont une histoire, que le monde en a une ou qu'il y a des histoires dans le monde n'équivaut pas à dire que l'objet univers en a lui-même une. L'idée que des histoires ont pu se dérouler au sein du cosmos est sans doute aussi ancienne que les tout premières « histoires du monde ». Que serait d'ailleurs une histoire du monde qui ne raconterait pas d'histoires *dans* le monde ? Ce truisme ne vaut d'ailleurs pas que pour les cosmogonies : des scientifiques ont eux aussi pensé que le monde pouvait être un lieu d'histoires, notamment au XIX^e siècle, après l'élaboration de la thermodynamique : certains d'entre eux imaginèrent qu'en vertu des lois de cette nouvelle branche de la physique, les structures présentes dans le monde ne pourraient que se dégrader inexorablement, pour finalement se précipiter vers une sorte de « mort thermique ». Mais – point capital – ces scénarios ne concernaient que les systèmes contenus dans l'univers, et non l'univers en tant que tel. Au cours des années 1930, des physiciens rigoureux ont établi que l'univers lui-même, l'objet univers avait lui aussi une histoire. Ils le firent grâce à un tout nouveau cadre explicatif, qui a permis de rebattre les cartes, et à des observations inédites. Cette découverte extraordinaire suscita elle aussi le scepticisme, voire les quolibets, de certains scientifiques qui ne pouvaient imaginer que l'univers soit autrement que tranquillement statique. Mais les faits ont fini par avoir raison des esprits récalcitrants : l'univers est bel et bien un objet physique, conceptuellement saisissable en tant que tel, et il a une histoire propre qui ne se réduit pas à celle de ses constituants.

Galilée invente l'idée d'« univers »

Il décida de porter lunettes. Il devint tellement fier de son œil aigu et de ses carreaux qu'il se mit à lire les journaux comme un presbyte et à déchiffrer les noms des acteurs sur les colonnes Morris, de l'autre côté du boulevard.

Raymond Queneau

Pour ceux qui ne la connaîtraient pas, la révélation du fait que la diversité des phénomènes qui nous entourent pourrait être mise sous la coupe d'une unité à la fois ontologique et législative (univers = *unité* + *diversité*) mérite d'être rappelée.

Durant l'hiver 1609-1610, profitant de quelques nuits claires, Galilée observe à travers la lunette astronomique qu'il a lui-même perfectionnée le caractère accidenté de la surface lunaire, puis les phases de Vénus et les satellites de Jupiter : le ciel n'apparaît plus comme la sphère parfaite, lisse et immuable à laquelle on a cru jusqu'alors. Le savant propose de renoncer à la distinction aristotélicienne entre le monde local (celui où nous sommes, alors centré sur la Terre), supposé imparfait et corruptible, et le monde lointain, supposé parfait et incorruptible, composé d'une « quintessence » inaltérable. Pour la première fois, le ciel et la Terre se rejoignent dans l'esprit d'un homme. Et dès lors que la matière est partout la même, « terrestre » ici comme sur la Lune, il ne faut envisager qu'une seule sorte de monde, composé d'une seule sorte de matière, partout soumise à des lois « universelles ». Bref, il existe un « univers », et un seul !

Galilée ne s'arrête pas là. Il parie que cet univers nous deviendra intelligible si nous apprenons son langage, qu'il appelle « le langage de la Nature ». Il explique que nous pouvons accéder à l'essence des choses grâce à un mode de connaissance capable de nous livrer des vérités rationnelles susceptibles de s'imposer à tout esprit. Et ce mode de connaissance exact et idéal, ce ne sont ni les livres déjà écrits qui le prescrivent, ni les théories enseignées, ni l'observation du monde, aussi attentive soit-elle : ce sont les mathématiques. Les mathématiques qui permettent d'exprimer par des équations les relations entre un petit nombre de variables pertinentes, grâce auxquelles on peut formuler des lois physiques qui seront ensuite validées ou invalidées par des expériences. C'est cette façon singulière d'envisager la nature qui va faire de la physique moderne une discipline capable de conquérir des territoires qu'aucune autre démarche de connaissance n'avait même foulés, et d'obtenir des résultats totalement inédits.

La conception moderne de l'univers s'appuie donc explicitement sur l'invocation d'une législation à la fois universelle et mathématisée : elle suppose d'une part l'existence de lois physiques s'appliquant de la même façon en tout lieu et en tout temps, ici comme là-bas et aujourd'hui comme hier, d'autre part que ces lois s'expriment dans un langage mathématique.

Ainsi considéré, le concept d'univers, avec ses quatre petits siècles, apparaît tout jeune au regard de l'histoire de l'humanité. Distinct de la notion de cosmos, on ne le trouve pas dans les cosmogonies traditionnelles, à l'exception du *Timée* de Platon, où il n'est qu'ébauché : Platon y développe ce qui apparaît comme la première cosmogonie mathématique, par laquelle il se propose d'établir la géométrie de l'univers en embrassant sous les mêmes concepts et les mêmes figures la forme du monde dans sa totalité et dans ses éléments ; à cette occasion, il se montre à la fois très moderne – il a recours aux mathématiques et se plie aux rigueurs de l'argumentation déductive – et très marqué par son époque – il tient l'observation pour peu de chose et la vérification expérimentale pour impossible. Platon envisageait en somme d'établir ce que les physiciens d'aujourd'hui appelleraient une « théorie du tout », peut-être la première de l'histoire.

La physique finit par saisir l'univers...

Aux XVIII^e et XIX^e siècles, bien après Galilée et Newton, nombreux furent les philosophes et les savants, tels Immanuel Kant ou Auguste Comte², à considérer que l'univers était une notion trop vague et trop problématique pour être prise au sérieux : en tant que totalité englobant la réalité physique, jugeaient-ils, elle est vouée à demeurer hors de toute saisie scientifique possible. Elle peut avec la rigueur être un objet de spéculations, de pensée métaphysique, mais elle ne pourra jamais s'émanciper de la mythologie où elle a été inscrite dès le début de la civilisation humaine³.

C'est seulement depuis le début du XX^e siècle, depuis qu'elle dispose d'un cadre relativiste, que la physique a pu vraiment se saisir, de façon *cohérente*, de l'univers en tant que tel, et que la question de son origine a été posée au sein même du corpus théorique. Cette captation s'est faite sous la double poussée de la science et de la technique. Le philosophe Jacques Merleau-Ponty a eu à ce propos un raccourci éclairant : à quelques années d'intervalle, « un physicien de génie et un télescope gigantesque, manié par un astronome à sa mesure, apportèrent à la philosophie de la Nature, l'un une idée, l'autre une vision de l'univers dont on ne sait laquelle était plus surprenante et plus exaltante⁴ ».

Le « physicien de génie », c'est bien sûr Albert Einstein, qui suggéra avec sa théorie de la relativité générale (1915) que la gravitation n'est pas une force au sens classique du terme, mais une manifestation locale de la déformation que la matière imprime à l'espace-temps de notre univers, qui lui-même dicte son mouvement à la matière : sous l'effet de cette interaction entre la matière et l'espace-temps, ce dernier peut se courber, se dilater ou se contracter. Le mouvement de la Terre autour du Soleil ne résulte plus de l'action instantanée de la force mise au jour par Newton, mais est plutôt un mouvement guidé le long d'une trajectoire déterminée par la présence massive du Soleil. En clair, la courbure de l'espace-temps « dit » à la matière comment se mouvoir et la matière « dit » à l'espace-temps comment se courber. En fournissant les outils conceptuels qui permettent de décrire les propriétés globales de l'univers (et pas seulement celles de ses constituants, telles les étoiles ou les galaxies), la théorie de la relativité générale a ceci de révolutionnaire qu'elle fait de l'univers un authentique objet physique, précisément défini par sa structure spatio-temporelle et sa composition en matière, rayonnement et toute autre forme d'énergie. L'univers n'est plus seulement une idée : il devient une chose prosaïquement descriptible, un être dépoétisé qu'on peut mettre en équations. Gaston Bachelard a eu cette formule géniale : « On parle de l'univers d'Einstein, de celui de Sitter, d'Eddington. L'univers est devenu un brevet d'ingénieur⁵. »

Il a donc fallu trois gros siècles pour passer d'une conception scientifique de l'univers à l'idée que l'univers, la « chose univers » est un possible objet de science. La conception galiléenne n'impliquait en effet nullement que l'univers pût être en *lui-même* considéré comme un objet physique, susceptible d'être mis en équations comme tous les autres, ni qu'on puisse bâtir une véritable cosmologie scientifique, c'est-à-dire une science qui aurait pour objet – pour seul objet – l'univers en tant que tel.

Curieusement, le scepticisme à l'égard de la possibilité d'une authentique cosmologie scientifique dura une bonne partie du XX^e siècle. À la fin des années 1930, plus de vingt ans après la formulation de la théorie de la relativité générale qui bouleversa le statut même de la représentation de l'univers, on ne rendit concevable l'émergence d'une véritable cosmologie scientifique, de grands esprits continuaient à penser que l'idée d'univers échappe à l'intuition et transcende la logique : notre intellect ne saura donc avoir prise sur elle. Gaston Bachelard encore, pourtant si averti des progrès de la physique de son temps, considérait que la formation de l'idée d'univers posait d'énormes difficultés, car penser l'univers ne peut se faire qu'en se plaçant hors de lui, ce qui est par définition impossible⁶. Paul Valéry, fort épris de science lui aussi, se situait à peu près sur la même ligne : « *univers*, donc, n'e

qu'une expression mythologique », écrivait-il, ajoutant aussitôt : « Les mouvements de notre pensée autour de ce nom sont parfaitement irréguliers, entièrement indépendants. [...]. Comment acquérir un concept de ce qui ne s'oppose à rien, qui ne rejette rien, qui ne ressemble à rien ? Si l'univers ressemblait à quelque chose, il ne serait pas tout. Et s'il ne ressemble à rien⁷... »

Ces réserves presque en forme de fin de non-recevoir peuvent se comprendre, car un détail avait certainement échappé à ceux qui, tels Bachelard ou Valéry, doutaient qu'une science de l'univers fût possible : la cosmologie scientifique prend le mot univers dans un sens plus restreint et surtout plus précis que la philosophie traditionnelle. Elle se présente en effet comme *la science des phénomènes naturels pris dans leur totalité*. Or – détail capital –, science de la totalité ne veut pas nécessairement dire science de tout ce qui existe (une telle ambition serait effectivement chimérique), mais science de ce qui, dans les phénomènes naturels, les rassemble et les ordonne en une totalité par le biais de lois universelles. Dans la bouche d'un philosophe ou d'un logicien, le mot « univers » peut désigner quelque chose de beaucoup plus large, par exemple tout ce qui peut faire l'objet d'un discours conforme aux lois de la logique, comme les nombres, les êtres imaginaires, les lois civiles, les phénomènes de conscience, toutes choses qui ont certes des supports physiques mais qui n'« existent pas de la même façon que ceux-ci. La cosmologie, elle, limite son cadre et ses ambitions : elle ne s'occupe que des choses qui ont une existence physique ou matérielle avérée (ou de celles dont on pense qu'elles pourraient en avoir une, telles l'énergie noire et la matière noire, dont nous parlerons plus tard) ce qui lui impose tout naturellement de s'appuyer sur l'ensemble des sciences physiques, à la fois sur leur mobilier ontologique et sur les lois qui les constituent. L'univers des cosmologistes est donc quelque chose de très spécial, un concept qui n'avait guère été pensé auparavant.

... et établit qu'il n'est pas statique

Il suivait son idée.

C'était une idée fixe et il était surpris de ne pas avancer.

Jacques Prévert

« L'astronome doté d'un instrument gigantesque » (Merleau-Ponty), c'est Edwin Hubble, qui découvrit en 1929 la loi de récession des galaxies grâce au télescope Hooker placé sur le mont Wilson : celles-ci s'éloignent les unes des autres à une vitesse d'autant plus élevée que leur distance est grande. C'est la preuve que l'univers est « en expansion » et non statique. Contrairement à ce qu'on imagine volontiers, ce ne sont pas les galaxies qui se déplacent, mais l'espace lui-même qui s'étend, emportant avec lui les galaxies. On comprendra par la suite que ce phénomène d'expansion regardé en sens inverse de celui qu'il a effectivement suivi, démontre que, dans son passé lointain, l'univers était bien plus petit et bien plus dense qu'aujourd'hui. Quelques années plus tard, on réalisera qu'il avait dû être également bien plus chaud, à l'instar d'un gaz qui s'échauffe quand on le comprime. Si on déroule intégralement le film cosmique à l'envers, on semble même aboutir à un univers de taille nulle, à un point origine, c'est-à-dire à une singularité initiale d'où serait parti l'univers aujourd'hui en expansion.

L'idée scientifique d'origine naît à la croisée d'un postulat – l'univers est un objet que la science peut décrire – et d'un constat – l'univers est en expansion.

Albert Einstein et Edwin Hubble furent donc les deux incontestables pionniers d'une nouvelle science, la cosmologie relativiste. Mais un troisième nom doit être cité aux côtés de ces deux géants : celui d'un Belge, physicien et abbé, Georges Lemaître.

En 1927, Lemaître fut le premier à suggérer, calculs de relativité générale à l'appui⁸, que l'univers pourrait être en expansion⁹, avant même que cette hypothèse fût confirmée par les observations.

décalages vers le rouge des galaxies et la loi de Hubble. Les conséquences proprement physiques de cette expansion, à savoir que le contenu de l'univers devait lui aussi évoluer, ne furent pas admis immédiatement. Lemaître en avait eu l'intuition dès le début des années 1930 lorsqu'il énonça sa hypothèse de « l'atome primitif¹⁰ » – préfiguration des modèles de big bang – qui laissa, sur le moment, ses collègues plutôt sceptiques.

Einstein, pour ne citer que lui, reprocha à cette hypothèse d'avoir été inspirée par le dogme chrétien de la création et d'être en outre totalement injustifiée du point de vue physique¹¹. Précisons qu'à cette époque le père de la relativité générale ne soupçonnait pas que l'univers pouvait évoluer. Sa propre théorie laissait deviner une possible évolution des dimensions de l'univers, mais ses modèles d'univers étaient rigoureusement statiques. Pour garantir la fixité de l'univers, qui lui semblait aller de soi, il avait même introduit un paramètre supplémentaire dans ses équations de relativité générale : la fameuse « constante cosmologique » (1917) : cette constante correspond à une répulsion de l'espace vis-à-vis de lui-même, de sorte que si la valeur qu'on lui prête est bien « ajustée », elle peut venir compenser exactement les effets contractants de la gravitation et ainsi imposer une taille invariable à l'univers. En 1931, Einstein publia un article devenu célèbre¹², dans lequel il reconnaît que les observations établissent sans contestation possible que l'univers est en expansion. Au passage, il déplora sa bévue. Il avait introduit la constante cosmologique pour des raisons certainement scientifiques mais qu'on pourrait presque qualifier d'idéologiques¹³. On comprend pourquoi *Albert Einstein* est l'anagramme de *rien n'est établi*.

Mais l'autorité d'Einstein n'était pas absolue, et l'ensemble de la communauté scientifique ne rangea derrière les modèles décrivant un univers en expansion qu'en 1964, l'année où ils reçurent leur début de confirmation grâce à la découverte du « fond diffus cosmologique ». Son existence prouve que dans son passé lointain l'univers avait bien connu une phase beaucoup plus dense et beaucoup plus chaude.

On répète à l'envi qu'avant ces grandes découvertes astrophysiques du xx^e siècle les scientifiques étaient convaincus que l'univers ne pouvait avoir eu d'histoire. Cette ritournelle fait même partie des poncifs les plus poncés. Mais, même assénées avec conviction, les redites ne tiennent pas lieu de preuves. En l'occurrence, un rapide examen montre que les choses n'ont jamais été aussi tranchées qu'on le martèle : chez les savants, l'idée que le monde pourrait ne pas être une entité stagnante est ancienne. Nous ne prendrons qu'un exemple, qui connut son heure de gloire : en 1755, Kant publia un *Histoire générale de la nature et Théorie du ciel*, dans laquelle il prétendait montrer, en s'appuyant sur les connaissances scientifiques de son temps, que si la gravitation universelle permet de rendre compte de l'état actuel du système solaire, elle permet aussi d'en expliquer l'histoire et les origines. Kant avait imaginé une matière gazeuse et diffuse, très étendue au départ, qui se serait contractée sous l'effet de la gravitation jusqu'à se condenser en un ensemble comprenant le Soleil, les planètes et leurs satellites¹⁴. Ce livre fut considéré comme révolutionnaire, car il expliquait comment le monde qui nous entoure s'était mécaniquement formé. Il suscita pour cette raison l'enthousiasme d'un certain Friedrich Engels, qui écrit : « La théorie kantienne, qui place l'origine de tous les corps célestes actuels dans les masses nébuleuses en rotation, a été le plus grand progrès que l'astronomie ait fait depuis Copernic. Pour la première fois s'est trouvée ébranlée l'idée que la nature n'a pas d'histoire dans le temps¹⁵. »

Mais – et c'est ce qui donne finalement pour partie raison à la vulgate – il existe effectivement une différence fondamentale entre le récit du père de la *Critique de la raison pure* et celui de la cosmologie contemporaine : l'explication kantienne des origines du monde, comme d'autres proposées à peu près à la même époque par Buffon (dans sa grande *Histoire naturelle*) ou Laplace (dans son *Système du monde*), ne concerne pas l'univers dans son ensemble, mais seulement un événement local, en l'occurrence la naissance du système solaire. L'histoire d'une composante d

l'univers nous est contée comme s'il s'agissait de celle de l'univers entier. Or, la partie n'est pas tout.

Aujourd'hui, la cosmologie est une science bien assise. Depuis la période inaugurale que nous avons évoquée, ses instruments n'ont cessé de se perfectionner, permettant des mesures qui concernent bel et bien *l'univers en tant que phénomène*, et pas seulement une catégorie de phénomènes qui se produiraient localement en son sein : grâce à eux, on connaît les valeurs de paramètres de l'univers avec une précision croissante¹⁷, qui permet de poser scientifiquement des questions portant sur l'univers lui-même, son histoire, sa forme, sa structure : Est-il unique ou fait-il partie d'un ensemble (ce qu'on appelle un « multivers ») ? Quelle est son origine ? Comment évolue-t-il ? Aura-t-il une fin ?

Parmi toutes ces questions, celle du commencement est la plus vertigineuse, la plus intrigante aussi. Dès lors que nous savons avec certitude que l'univers n'est pas une entité stationnaire, qu'il a commencé et continue d'avoir une histoire, nous inclinons à croire que cette histoire a nécessairement eu un commencement (à partir d'un réflexe du type « Il faut bien que genèse se passe... » ou bien « Les meilleures choses ont eu un début ! »).

Pourtant, la prudence devrait s'imposer.

¹- Imprudemment appliqué au cosmos tout entier, le deuxième principe de la thermodynamique prévoyait que l'univers était voué à une dissipation d'énergie continue et à une dégradation progressive, jusqu'à atteindre un état de désordre maximal où toute vie serait détruite. Cet état n'étant pas atteint, certains physiciens en déduisaient que l'univers ne pouvait pas avoir existé depuis une durée infinie. Mais ces interprétations manquaient de rigueur, tout simplement parce que la caractérisation de l'objet univers manquait encore de consistance (voir Étienne Klein, *Le facteur temps ne sonne jamais deux fois*, partie III).

²- Dans son *Catéchisme positiviste* (1852), Auguste Comte explique que les scientifiques ne doivent pas parler de l'univers, c'est-à-dire du « tout », sous peine de sortir de leur domaine de compétence, et donc de confondre idéologie et connaissance.

³- Voir l'article de Christian Godin, « Criticisme et positivisme : la déraisonnable prudence des philosophes en matière de cosmologie », in D. Parrochia et A. Barrau (sous la dir.), *Forme et origine de l'univers*, op. cit.

⁴- Jacques Merleau-Ponty, *Cosmologies du XX^e siècle*, Paris, Gallimard, 1972, p. 7.

⁵- Gaston Bachelard, « Univers et réalité », in *L'Engagement rationaliste*, Paris, PUF, 1937, p. 104-105.

⁶- Voir à ce propos l'article de Daniel Parrochia, « Gaston Bachelard et la cosmologie », in D. Parrochia et A. Barrau (sous la dir.), *Forme et origine de l'univers*, op. cit.

⁷- Paul Valéry, *Variété, Œuvre I*, Gallimard, coll. « Bibliothèque de la Pléiade », 1957, p. 866.

⁸- Des calculs à peu près équivalents avaient en fait été indépendamment proposés quelques années plus tôt, en 1922, par le mathématicien russe Alexandre Friedmann. Mais ce dernier restait sur un plan mathématique plutôt que physique.

⁹- L'abbé Lemaître suppose que les irrégularités de la distribution de la matière sont négligeables, c'est-à-dire que l'univers est homogène. Cela implique que sa courbure est constante, mais il reste à en préciser le signe, négatif, positif ou nul. Trois familles d'espaces sont possibles : l'espace euclidien (courbure nulle), l'espace sphérique (courbure positive), l'espace hyperbolique (courbure négative). C'est la densité moyenne de la matière et de l'énergie qui détermine l'appartenance d'un univers à l'une ou l'autre de ces familles.

¹⁰- L'hypothèse de Georges Lemaître était que l'univers serait issu d'une sorte de gigantesque noyau atomique comportant tous les nucléons de l'univers, noyau dont la désintégration aurait pu initier l'expansion de l'univers.

¹¹- Le procès était en l'occurrence injuste, car pour Lemaître, ainsi qu'il l'exprima à maintes reprises, le commencement physique du monde était tout à fait différent de la notion métaphysique de création.

¹²- Albert Einstein, « Zum kosmologischen Problem der allgemeinen Relativitätstheorie », *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss.*, n° 42, 1931, p. 235-237.

¹³- L'ironie de l'histoire, c'est que la constante cosmologique n'a pas disparu du champ de la cosmologie après qu'Einstein eut changé d'avis, bien au contraire : certains physiciens pensent qu'elle pourrait constituer l'« énergie noire » responsable de l'accélération de l'expansion de l'univers (voir le chapitre « La cosmologie a du noir à broyer »).

¹⁴- Kant, on le sait, reniera ses premières amours pour les théories du ciel pour démontrer le caractère aporétique de certaines interrogations sur l'origine de l'univers. Définie comme premier commencement et cause, cette dernière constituera à ses yeux un authentique problème métaphysique, qui entraîne la raison dans des antinomies sans issue, comme celle-ci : « Admettons que le monde ait un commencement : comme ce commencement est une existence précédée d'un temps où la chose n'est pas, il doit y avoir eu un temps où le monde n'était pas, c'est-à-dire un temps vide. Or dans un temps vide, il n'y a pas de naissance possible de quelque chose » (Immanuel Kant, *Prolegomènes à toute métaphysique future qui pourra se présenter comme science*, Paris, Vrin, 1968, p. 132).

¹⁵- Friedrich Engels, *Anti-Dühring*, trad. fr. Émile Bottigelli, Paris, Éditions sociales, 1950, p. 89.

¹⁶- Laplace fut le premier à démontrer que la conjecture de Kant était erronée. Pour des raisons philosophiques, ce dernier avait imaginé que la gravitation n'était pas la seule force en présence : une autre force, toujours répulsive, lui faisait concurrence. Ce schéma impliquait que certaines planètes devaient tourner autour du Soleil dans un sens giratoire, et d'autres dans le sens opposé. Or, fit remarquer Laplace, toutes les planètes du système solaire tournent dans le même sens et presque dans le même plan... La suite de l'histoire devait toutefois relativiser cette affirmation : on découvrit que la rotation d'Uranus était rétrograde, et que la révolution du satellite de Neptune l'était également.

(voir Jean-Pierre Verdet, *Aux origines du monde. Une histoire de la cosmogonie*, Paris, Seuil, 2010, coll. « Science ouverte », p. 81-94).

~~17~~ Songeons par exemple aux mesures extraordinaires faites grâce aux satellites Cobe (1990), Wmap (2001) et Planck (2009). Ces mesures montrent une image précise du cosmos tel qu'il était 380 000 ans après le big bang, c'est-à-dire au moment où la lumière s'est libérée de la matière. L'analyse des très faibles anisotropies de « fonds diffus cosmologique » donne en outre accès aux paramètres globaux de l'univers.

3

Au commencement serait le big bang ?

*Tout aurait ainsi commencé :
Un Dieu qui n'était pas pressé
Tirait des plans sur la comète
Et, dans un gaz surconcentré :
Bang ! (l'aurait-on enregistré ?)
Craqua soudain une allumette.*

Jacques Ré

En toute rigueur, le big bang désigne l'époque très dense et très chaude que l'univers a connue il y a environ 13,7 milliards d'années. Il désigne aussi l'ensemble des modèles cosmologiques initiés par Georges Lemaître qui décrivent cette phase, et qui commencèrent d'être discutés dans les années 1950, après que George Gamow, joyeux drille d'origine russe, eut démontré que l'univers primordial avait dû être non seulement très petit et très dense, mais aussi torride, donc très énergétique. À ses débuts, la matière a connu un moment de fièvre inimaginable.

En général, le terme big bang est employé telle une métonymie de l'origine, comme si les modèles de big bang avaient directement accès à l'instant zéro, présenté comme l'instant marquant le surgissement simultané de l'espace, du temps, de la matière et de l'énergie. Dans le langage courant, l'expression *big bang* en est même venue à désigner grosso modo la création du monde, pour ne pas dire le *fiat lux* originel.

A priori, il ne s'agit nullement d'un contresens : selon les premières versions des modèles de big bang, si l'on regarde ce que fut l'univers dans un passé de plus en plus lointain, on observe que les galaxies se rapprochent les unes des autres, que la taille de l'univers ne cesse de diminuer et qu'il finit en effet par aboutir – sur le papier – à un univers ponctuel – non pas au sens où il était à l'heure de ses rendez-vous, mais où *il se réduisait à un point géométrique, de volume nul et de densité infinie*.

En d'autres termes, si on déroule le temps à l'envers, du présent vers le passé, les équations fondamentales finissent par faire surgir un instant critique, traditionnellement appelé « instant zéro », qui serait apparu il y a 13,7 milliards d'années : cet instant se trouve directement associé à ce qui est communément appelé une « singularité initiale », sorte de situation théorique monstrueuse où certaines quantités, telles que la température ou la densité, deviennent infinies. Or qu'est-ce qui empêche d'assimiler cette « singularité initiale » à l'origine effective de l'univers ? De prime abord, rien. Mais seulement de prime abord...

Un instant zéro devenu (trop) célèbre

Le demi-savoir triomphe plus facilement que le savoir complet : il voit les choses plus simples qu'elles ne sont, et par là donne une idée plus compréhensible et plus convaincante.

Friedrich Nietzsche

D'où vient notre réserve, qui ressemble à un coup de théâtre épistémologique ? Les raisons peuvent se comprendre aisément : les premiers modèles de big bang ne tenaient compte que d'une seule force de la nature, la gravitation, décrite à l'aide du formalisme de la relativité générale. Cette interaction qu'est la gravitation, toujours attractive et de portée infinie (la force qui s'exerce entre deux masses n'est nulle que si ces deux masses sont séparées par une distance infinie), domine à grande échelle¹. Mais lorsqu'on remonte le cours du temps, la taille de l'univers se réduit progressivement et, au bout de 13,7 milliards d'années, la matière finit par rencontrer des conditions physiques très spéciales, pour ne pas dire extraordinaires, que la relativité générale est incapable de décrire seule, car des interactions fondamentales autres que la gravitation entrent alors en jeu : il s'agit des interactions électromagnétiques, nucléaire faible et nucléaire forte², qui déterminent le comportement de la matière, notamment lorsque celle-ci est à très haute température et à très haute densité. Une rapide présentation des forces en présence s'impose donc.

L'*interaction électromagnétique*, découverte par James Clerk Maxwell au milieu du XIX^e siècle, est beaucoup plus intense que la gravitation. Cette force agit de façon manifeste autour de nous puisque'elle permet le fonctionnement de tous nos appareils électroménagers, de l'aspirateur à la cafetière en passant par le réfrigérateur et en repassant par le fer à repasser. À un niveau plus fondamental, elle assure surtout la cohésion des atomes et des molécules, gouverne toutes les réactions chimiques et aussi les phénomènes optiques (la lumière est constituée d'ondes électromagnétiques, structurées en photons)

L'*interaction nucléaire faible* a été découverte plus tardivement, dans les années 1930. Elle a une portée très courte, d'environ un milliardième de milliardième de mètre, soit une fraction de cette dimension d'un noyau d'atome. Autant dire qu'il s'agit d'une interaction de contact : deux particules ne peuvent interagir que si elles se touchent quasiment. Elle est responsable de la radioactivité bêta par laquelle un neutron se désintègre en un proton et un électron (avec émission conjointe d'un antineutrino), qui joue un rôle important dans la formation des noyaux d'atomes. Comme son nom l'indique, l'interaction faible est caractérisée par une très faible intensité qui la rend difficile à observer. Mais cela ne l'empêche pas de jouer un rôle capital, notamment dans le soleil, où elle régule les réactions de fusion des noyaux d'hydrogène³. Si elle disparaissait de l'univers, notre étoile cesserait de briller...

L'*interaction nucléaire forte*, la plus intense des quatre interactions fondamentales, a été identifiée à peu près à la même époque que l'interaction nucléaire faible. Sa portée effective est très courte, de l'ordre de la taille d'un noyau, soit quelque 10^{-15} mètre. Elle assure la très grande cohésion des noyaux d'atome. Elle agit comme une sorte de glu qui colle deux nucléons (proton ou neutron, peu importe pour elle) en contact l'un avec l'autre, mais sa force s'affaiblit très rapidement dès qu'on l'écarte un tant soit peu l'un de l'autre. Cela ne l'empêche pas d'être incroyablement puissante : qu'un proton soit capable de stopper sur une distance de seulement quelques milliardièmes de milliardième de mètre un autre proton lancé sur lui à une vitesse de cent mille kilomètres par seconde suffit à montrer à quel point l'interaction nucléaire forte est... forte ! Le cyanocrylate de méthyle commercialisé sous le nom de Super Glue, est largement battu...

La relativité générale ne prenant en compte aucune de ces trois forces, elle n'est pas gréée pour décrire à elle seule l'univers primordial : contrairement à ce que suggère son appellation, elle n'e

pas « générale », mais constitue plutôt une théorie spécifique de la gravitation, par conséquent incomplète. Ses équations perdent toute validité lorsque les particules présentes dans l'univers, dotées d'énergies gigantesques, subissent d'autres interactions que la gravitation. La relativité générale ne donne en réalité accès qu'aux « périodes tardives de l'univers primordial », si l'on peut dire, nullement à celles qui les ont précédées. L'instant zéro qu'on persiste à accoler au big bang ne peut donc avoir été un instant physique, le premier instant par lequel l'univers serait passé⁴ : c'est un instant fictif inventé par l'extrapolation abusive d'une théorie incapable de décrire de façon adéquate un univers très chaud et très dense.

Toutes prodigieuses qu'elles sont, les descriptions des différentes phases de l'univers par les modèles de big bang exclusivement construits sur la théorie de la relativité générale n'incluent donc jamais le commencement de l'univers proprement dit, et encore moins quoi que ce soit qui l'aurait précédé ou qui pourrait en être la cause.

« Big bang » a fait bingo...

Cela ressemble bien aux Américains d'imaginer un big bang à l'origine de nos univers.

Julien Gre

L'ironie de l'histoire, c'est que les modèles de big bang, que les spécialistes avaient d'abord appelés modèles « d'évolution dynamique », ont été les victimes épistémologiques de leurs premiers détracteurs. En effet, cette expression de « big bang » fut inventée en 1949, lors d'une émission de radio sur la BBC, par l'astrophysicien Fred Hoyle, promoteur d'un univers statique, qui voulait ainsi donner à ses auditeurs une image parlante de ce modèle concurrent du sien⁵... ! Cette onomatopée tapageuse a fait mouche, de sorte que les scientifiques l'ont reprise à leur compte et sont ainsi tombés à pieds joints dans une sorte de piège sémantique.

Cette expression est en effet des plus trompeuses, puisqu'elle suggère, de façon quasi autoritaire, que l'univers aurait résulté d'une explosion cataclysmique qui se serait produite en un lieu précis correspondant à l'origine de tout ce qui est. Il arrive aussi que les astrophysiciens eux-mêmes, soucieux d'être plus facilement compréhensibles, ou par désinvolture langagière, voire par désir de faire accroire que l'origine de l'univers serait à portée de leur vue et de leurs calculs, donnent corps à cette interprétation : ils expliquent par exemple que tel ou tel phénomène s'est produit tant « fractions de seconde après le big bang », laissant ainsi entendre que ce dernier a bien été le déclencheur de l'horloge cosmique. Bref, rien de moins que l'« origine du monde », la vraie, la seule et l'unique, bien antérieure à celle peinte par Gustave Courbet⁶.

Heureusement, certains astrophysiciens – je pense entre autres à Michel Cassé, Marc Lachièze-Rey, Roland Lehoucq, Hubert Reeves... –, embarrassés par la confusion qui s'est installée, tentent de « rattraper le coup » et préviennent le public contre certaines extrapolations hasardeuses, notamment celles qui donnent à penser que les modèles de big bang décrivent une explosion au sens strict du terme. Leur tâche n'est pas facile, car le succès médiatique du big bang est tel que les images simplistes auxquelles on l'a d'abord associé ont vite produit leurs effets symboliques et culturels. Par percolation, elles se sont même enracinées pour de bon dans la psyché collective. « Les astrophysiciens sont sans cesse obligés de courir après les mots big et bang pour en corriger le sens », fait remarquer Jean-Marc Lévy-Leblond : « Attention, ces mots ne veulent pas du tout dire ce que vous avez compris, ce n'est pas une explosion, ça n'a pas eu lieu en un point donné de l'espace, d'ailleurs à un moment donné⁷... »

Il est, comme on le sait, des malentendus très difficiles à dissiper...

- [read online The Family Idiot: Gustave Flaubert 1821-1857, Volume 1 for free](#)
- [read online Star Trek: WildFire Book 1 \(Star Trek: Corp of Engineers, Book 23\)](#)
- [click Detox Diets for Dummies online](#)
- [download online Tyburn: London's Fatal Tree pdf, azw \(kindle\), epub, doc, mobi](#)

- <http://test1.batsinbelfries.com/ebooks/Economics-Made-Simple--How-money--trade-and-markets-really-work--Harriman-Economic-Essentials-.pdf>
- <http://metromekanik.com/ebooks/Star-Trek--WildFire-Book-1--Star-Trek--Corp-of-Engineers--Book-23-.pdf>
- <http://kamallubana.com/?library/Detox-Diets-for-Dummies.pdf>
- <http://kamallubana.com/?library/Tyburn--London-s-Fatal-Tree.pdf>