

COSMOLOGIE ET COSMOGONIE

Le problème des origines dans la physique moderne

Science depuis un siècle à peine et succédant à des discours poétiques, religieux et philosophiques, la cosmologie se donne pour but de retracer l'histoire du monde depuis les origines. Mais en quoi diffère-t-elle des cosmogonies qui l'ont précédée, ces récits mythiques qui expliquaient l'origine de l'univers et son évolution ? Toutes les sociétés humaines ont en effet éprouvé le besoin de se construire un mythe des origines qui reflète l'imaginaire des peuples et l'enrichit, la nôtre ferait-elle exception ? Selon Paul Ricœur, "le mythe est un récit traditionnel qui rapporte des événements arrivés à l'origine des temps et qui est destiné à fonder l'action rituelle des hommes d'aujourd'hui." Le but n'est donc pas tant de raconter ce qui s'est réellement passé que de fonder la cohésion d'une société et de lui donner une éthique.

C'est peut-être là que se trouve la différence essentielle entre les cosmogonies du passé et la cosmologie contemporaine : personne ou presque ne demande à la théorie du big bang de fonder une éthique pour notre temps. Au contraire, notre récit des origines conduit à la vision d'un monde dénué de sens, où les règles de vie ne tombent pas du ciel mais doivent être forgées par les hommes eux-mêmes. Cette vision est désespérante pour beaucoup et il est donc normal qu'ils la combattent avec des arguments moraux, mais aussi avec des arguments scientifiques puisque la cosmologie est un discours scientifique et donc par nature toujours susceptible d'être remis en cause. Les cosmologistes veulent aborder les questions sur le monde en se dégageant le plus possible du mythe et de la religion, mais ce sont des hommes de leur temps et ils ne sauraient donc faire totalement abstraction de leurs croyances et préjugés. De fait, la cosmologie voit se pénétrer les principes philosophiques et les énoncés scientifiques à un degré qu'on ne retrouve guère que dans les discussions sur l'évolution darwinienne.

Comment raconte-t-on aujourd'hui ce récit des origines ?

Vers le temps de Planck

Galaxies (par ex. le Hubble Deep Field)

Il s'agit d'un récit *provisoire*, parce qu'il s'agit de science et non d'idéologie, qui présente cette particularité par rapport aux mythes anciens de la création de remonter le temps. Il se fonde sur les connaissances actuelles de la physique (physique des particules, physique nucléaire, physique des fluides et des plasmas, gravitation, etc.) et sur un certain nombre d'observations bien établies. La première est que le ciel est noir la nuit. Ce simple fait implique que l'espace ou le temps ne sont pas infinis, sinon le ciel nocturne serait aussi brillant que la surface du Soleil (paradoxe d'Olbers). La seconde observation est beaucoup moins évidente : l'univers est remarquablement homogène à grande échelle. Cela peut étonner tous ceux qui ont admiré ces belles images de galaxies ou de nébuleuses brillant au milieu d'un ciel noir (justement) et compris que les étoiles n'étaient pas dispersées dans tout l'espace mais rassemblées en amas et groupes. Ces variations de

La théorie du big bang présente des problèmes de fond et des problèmes secondaires. Les problèmes secondaires concernent l'origine de l'asymétrie observée entre matière et antimatière, la nature de la majeure partie de la matière qui n'émet pratiquement pas de lumière et n'est donc connue que par ses effets indirects sur la matière lumineuse (matière noire), le mécanisme de formation des galaxies, ou l'origine de l'homogénéité et de l'isotropie. Ce sont indiscutablement des problèmes très importants pour notre compréhension de l'évolution de l'univers, mais ils ne remettent pas en question la théorie du big bang. Les problèmes de fond concernent la topologie de l'univers et la singularité initiale. Les équations de la relativité générale sont des équations différentielles qui décrivent la relation entre la forme locale de l'espace-temps et le contenu matériel local. Elles ne disent rien de la forme globale de l'espace-temps, sa topologie, et cette information doit venir d'ailleurs, par exemple d'un principe mathématiquement indémontrable comme le principe cosmologique (l'univers est partout identique à ce qu'il est autour de nous).

La question de la singularité initiale est plus grave encore. Prise au pied de la lettre, la théorie du big bang conduit en remontant le temps à un état de densité et de température infinies, un état où toutes les distances tendent vers zéro. Ces zéros et ces infinis sont en général interprétés comme le signal que la théorie de la gravitation utilisée n'est plus applicable dans ces conditions extrêmes. Il est donc plus exact de dire que la théorie actuelle du big bang décrit en fait l'évolution de l'univers depuis 15 milliards d'années, mais pas vraiment l'origine de l'univers. Les conditions extrêmes qui règnent lors de la création du temps et de l'espace, de la matière et du rayonnement, ne sont pas décrites par les théories physiques actuelles. Jusqu'où ces théories peuvent-elles aller ?

Un élément de réponse vient de la grande absente de la cosmologie que l'on vient de décrire sommairement : la mécanique quantique. On sait bien qu'une théorie "classique" comme la relativité générale doit donner des réponses erronées quand les distances ou les durées sont petites ou les densités d'énergie grandes. Un ordre de grandeur de ces distances peut être calculé à partir des constantes fondamentales que sont la vitesse c de la lumière, le quantum d'action $\hbar$ (constante de Planck) et la constante de Newton de la gravitation G . Ces constantes permettent de définir un système "naturel" d'unités, qui pourraient remplacer le mètre, la seconde et le kilogramme comme unités fondamentales. Dans ce système d'unités, l'unité de longueur serait la "longueur de Planck" $L_{\text{Planck}} = \div(G\hbar/2\pi c^3) = 1.6 \times 10^{-35}$ m, l'unité de temps le "temps de Planck" $t_{\text{Planck}} = \div(G\hbar/2\pi c^5) = 5.4 \times 10^{-44}$ s, et l'unité de masse la "masse de Planck" $M_{\text{Planck}} = \div(\hbar c/2\pi G) = 2.2 \times 10^{-8}$ kg. Bien que ces unités ne soient guère pratiques pour une utilisation quotidienne, elles permettent d'estimer à partir de quelle distance, de quel intervalle de temps ou de quelle densité les effets quantiques deviennent importants pour la gravitation. En-dessous de 10^{-43} s, la théorie classique du big bang est à revoir.

Bien sûr, on pourrait juger que ces 10^{-43} s inconnues ne pèsent pas lourd devant les 15 milliards d'années que l'on estime connaître dans leurs grandes lignes (d'autant qu'il s'agit peut-être de 12 ou 18 milliards d'années...) et que la question n'a qu'un intérêt académique. Mais en fait l'échelle linéaire des temps à laquelle nous sommes accoutumés ne reflète pas du tout le rythme des événements dans l'univers, pour

l'espace-temps global que sur son origine causale. La question n'est autre que l'antique et lancinante interrogation : "Pourquoi y a-t-il quelque chose plutôt que rien ?".

Les hommes ont toujours cherché à donner un *sens* à ce qu'ils observaient ou ressentait, et les questions théologiques et téléologiques affleurent dès qu'il est question de cosmologie. Qu'est ce qui a causé la création ? D'où vient le monde ? Dans son abord de la question de l'origine de l'univers, non plus cette fois l'origine temporelle mais l'origine causale, la cosmologie quantique rejoint en apparence les cosmogonies antiques. Celles-ci divergent entre elles : au début était le Chaos (Lao Tseu, Hésiode, les Sumériens), au début était le Vide (Hésiode encore), au début était le Néant (Upanishad), au début était le Verbe (Textes des Pyramides, Bible, Védas), au début était la Loi (Platon). Les cosmologistes hésitent eux aussi entre le chaos (rebaptisé vide quantique ou fonction d'onde de l'univers), le néant ou la loi. Beaucoup de correspondances entre mythes anciens et modernes ne sont souvent que de simples rapprochements de vocabulaire ou de très vagues analogies, mais elles reflètent parfois l'identité des idées fondamentales : la formulation de Guillaume d'Auvergne au XII^{ème} siècle sur l'identité entre le monde, le temps et l'espace est reprise dans sa forme et dans son fond par les cosmologistes modernes. Les modes de pensée et de représentation du monde accessibles à nos cerveaux restent les mêmes à toutes les époques, ce qui explique que l'on retrouve l'image de l'Œuf cosmique dans le big bang, et les conceptions de Platon et d'Aristote chez une grande figure de la cosmologie moderne comme Fred Hoyle (dont l'opposition irréductible à la théorie du big bang a considérablement perfectionné celle-ci en obligeant ses défenseurs à approfondir leurs descriptions).

Puisque parmi tous les univers possibles seuls certains permettent la présence d'êtres conscients, un courant de pensée soutient que notre existence même sélectionne notre univers parmi tous les possibles (principe anthropique). Les lois de la physique seraient ainsi en partie contingentes et résulteraient de conditions particulières de notre monde-univers. Il pourrait exister d'autres univers, ou d'autres régions de notre univers, avec des lois très différentes. Ces spéculations sont rendues possibles parce que les lois de la physique sont souvent traduites par des équations différentielles, et que les solutions de ces équations dépendent de conditions aux limites (conditions initiales, conditions "aux bords") qui sont fixées en dehors de ces lois. On peut donc facilement imaginer que les mêmes lois conduisent à des réalisations (des univers) très différentes selon les conditions aux limites imposées. Mais par quoi ces conditions aux limites sont-elles imposées ? Le hasard ou une autre loi ? La distinction entre loi et condition initiale est particulièrement floue en physique (à la différence des mathématiques) et l'histoire des sciences montre une continuelle réduction de la part du contingent dans les explications scientifiques du monde. Ce qui paraissait accidentel à une époque apparaît ensuite comme imposé par une loi plus générale.

<i>William Blake - Dieu Architecte</i>

Plusieurs physiciens, mathématiciens et cosmologistes ont par conséquent cherché à montrer que l'existence du monde tel qu'il est était une conséquence inévitable des lois de la physique. "Ce qui m'intéresse