

La cosmologie évolutionniste

Par Elisa Brune et Marc Lachièze-Rey

La physique actuelle est entachée de deux « points aveugles », deux situations singulières où elle perd toute assise. Il s'agit d'une part du big-bang, c'est-à-dire des instants très reculés de l'évolution cosmique où de nombreuses grandeurs physiques prennent des valeurs tellement élevées que nos théories sont inapplicables ; et d'autre part des trous noirs, qui posent des problèmes très semblables.

Lee Smolin, physicien à l'Université de Pennsylvanie, entend raccorder ces deux impasses théoriques. Des deux questions « qu'y avait-il avant le big-bang ? » et « qu'y a-t-il dans un trou noir ? », l'une donnerait la réponse à l'autre. Dans chaque trou noir, il y aurait un nouveau big-bang, dont l'évolution constituerait un nouvel univers.

L'idée n'est pas inédite ; il s'agit d'invoquer une topologie particulière pour l'espace-temps, qui suppose la mise en œuvre d'effets de gravité quantique – restant bien sûr à définir. Plutôt qu'une singularité avec des valeurs infinies, qui gênent tant les physiciens, on aurait alors une transition entre deux univers reliés par une connexion spatio-temporelle. De l'extérieur, nous la verrions comme un trou noir. De l'intérieur, elle apparaîtrait comme un big bang, une « naissance ». Une telle gymnastique géométrique constitue exactement ce que de nombreux physiciens attendent de l'idée de gravité quantique.

La vraie nouveauté réside dans une deuxième hypothèse de Smolin, purement darwinienne : dans chaque nouvel univers, issu d'un tel big-bang, les constantes fondamentales possèderaient des valeurs légèrement différentes de celles de l'univers géniteur. De petites mutations altéreraient légèrement le patrimoine génétique d'un univers à l'autre. On reconnaît bien là le modèle de l'hérédité biologique.

Ces deux postulats très simples mènent à un modèle évolutionniste dans lequel un univers comme le nôtre sera produit inmanquablement un jour ou l'autre. Pourquoi ? Parce que le cosmos doit évoluer selon les lois de la sélection naturelle. Une sélection basée sur le succès reproductif : un univers qui produit beaucoup de trous noirs est un univers qui se reproduit beaucoup. Tous ses descendants auront des paramètres très proches ; certains seront encore plus aptes à se reproduire. La productivité en trous noirs est ainsi favorisée au cours des générations. Au fil de cette évolution, un univers pris au hasard a toutes les chances d'être le fils d'un univers fécond, et d'être fécond à son tour.

Mais quel rapport avec la vie ? Un rapport certain car, pour générer des trous noirs, il faut générer des étoiles massives dont ils sont le résidu. Et les conditions particulières nécessaires pour générer ces étoiles à la chaîne sont aussi celles qui favorisent l'apparition de la vie. Dans cette perspective, nous serions la « cerise sur le gâteau » d'un processus évolutif fondé sur la production de trous noirs. Jusqu'ici considérés comme de simples curiosités, ceux-ci deviendraient alors des acteurs fondamentaux de l'histoire de l'Univers.

Mais comment la production de trous noirs a-t-elle pu s'amorcer si, comme on l'a dit, la plupart des combinaisons des valeurs de paramètres conduisent à des univers sans étoiles ou même sans matière ? C'est que, selon des raisonnements toujours très spéculatifs invoquant la future théorie quantique de la gravitation, de tels univers ont une espérance de vie minuscule, de l'ordre de 10^{-43} secondes. La durée totale de leur existence ne dépasserait pas ce temps, au bout duquel ils s'effondreraient sur eux-mêmes pour générer un nouvel univers, aux paramètres légèrement modifiés. Finalement, quelle que soit la distribution des paramètres au départ, le jeu des mutations conduira nécessairement - peut-être après de nombreux échecs, mais qu'importe – à un univers favorable aux trous noirs. La sélection par succès reproductif assurera ensuite une abondance de tels univers. Ce modèle possède un mérite essentiel : il évacue efficacement tout recours à une explication téléologique, puisque l'univers est devenu ce qu'il est par un simple processus causal et déterministe.

Extension inattendue des idées de Darwin, l'approche de Smolin se situe dans un vaste courant de réflexion à propos des limites de la cosmologie et des discours sur l'univers. Elle apporte des éléments à un débat qui occupe depuis longtemps épistémologues et philosophes, cosmologues et physiciens sur le statut de l'explication en physique. Nous avons l'habitude de considérer

qu'une explication est soit fondamentale, lorsqu'elle met en jeu des lois universelles de la physique - la pomme tombe parce qu'elle obéit à la gravitation universelle, et il ne pourrait en être autrement -, soit contingente, lorsqu'elle invoque des circonstances historiques - la pomme tombe sur Newton parce que Newton se trouvait là, alors qu'il aurait pu se trouver ailleurs. Mais les lois qui sont universelles pour nous, créatures immergées dans notre propre univers, ne sont pas nécessairement fondamentales pour l'Univers global. Elles pourraient lui avoir été attribuées par un processus aléatoire. Elles seraient opérantes dans notre univers, tout le temps qu'il vivra, mais auraient aussi bien pu être différentes, et seront différentes lors de la génération ultérieure. De nombreux théoriciens ont déjà sauté ce pas et considèrent que nos constantes fondamentales pourraient être purement contingentes, leurs valeurs étant attribuables au seul hasard. Lee Smolin apporte ici une originalité : le processus d'évolution qu'il propose transforme un éventuel aléatoire initial en une nécessité.

Il reste que ce processus d'évolution respecte, à son tour, des super-lois fondamentales, certes simples et élégantes, mais mystérieuses de nouveau. Qui énoncera ces super-lois ?

Bibliographie

Lee Smolin, *The Life of the Cosmos*, Oxford University Press, 1997

Marc Lachièze-Rey, *Au delà de l'espace et du temps : la nouvelle physique*, Le Pommier, 2003