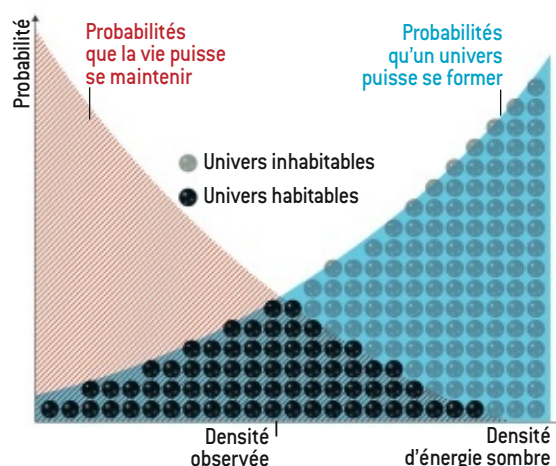


La densité d'énergie sombre est souvent invoquée comme preuve de l'existence du multivers. Le processus d'inflation éternelle donne naissance à des univers ayant des valeurs aléatoires de la densité d'énergie sombre. Peu d'entre eux ont une densité nulle ou faible tandis que la plupart ont une densité élevée (*région bleue*). Mais une densité d'énergie sombre trop élevée conduit à une expansion brutale, qui disperse la matière avant qu'elle n'ait pu former des structures

complexes. La plupart des univers sont ainsi inhabitables.

Or la densité d'énergie sombre de probabilité maximale parmi les densités compatibles avec la vie est précisément celle de notre Univers (*pic de la zone de recouvrement*) ! Cela justifierait la distribution des densités d'énergie sombre, et donc le multivers. Mais ce raisonnement est circulaire : il n'a de sens que si l'on fait au départ l'hypothèse du multivers.



Jen Christiansen

ou un cadre permettant de déterminer ce qui est autorisé et ce qui ne l'est pas. M. Tegmark a par exemple proposé que toutes les structures mathématiquement possibles doivent être réalisées dans un domaine physique ou un autre. Cependant, nous n'avons pas la moindre idée du type d'univers que ce principe autorise, en dehors du nôtre. Et nous n'avons aucun moyen de vérifier l'existence ou la nature d'un tel principe organisateur. C'est peut-être une proposition séduisante, mais aussi une pure spéculation.

Des tests empiriques

Parallèlement à ces arguments théoriques, les tenants du multivers ont aussi proposé divers tests empiriques. Voyons les principaux.

Le rayonnement du fond diffus cosmologique pourrait porter la trace d'univers alternatifs. Ce serait le cas si, par le passé, notre Univers était entré en collision avec un autre univers-bulle, tels ceux engendrés dans le scénario d'inflation éternelle. Dans le scénario de l'univers cyclique, des vestiges d'univers qui existaient avant le Big Bang pourraient aussi être décelables dans le fond diffus. De tels motifs dans le fond diffus seraient un élément de preuve en faveur du multivers. Certains cosmologistes ont même affirmé voir de telles signatures, mais ces annonces sont très débattues. En outre, beaucoup des multivers potentiellement possibles ne donneraient pas lieu à de tels indices observationnels. Ainsi, l'observation du fond diffus cosmologique ne permettrait de vérifier l'existence que de quelques classes particulières de multivers.

Un autre test consiste à rechercher des variations des constantes fondamentales, ce qui corroborerait l'hypothèse que les lois de la physique ne sont pas immuables. Certains chercheurs affirment avoir découvert de telles variations. La plupart des cosmologistes considèrent cependant que ces observations ne sont pas probantes.

Un troisième test s'appuie sur la forme de l'Univers observable : est-il sphérique (courbure positive), hyperbolique (courbure négative) ou plat (courbure nulle) ? Les scénarios de multivers prédisent en général que l'Univers n'est pas sphérique, parce qu'une sphère se referme sur elle-même, ce qui implique un volume fini. Néanmoins, ce test n'est pas totalement concluant. L'Univers situé au-delà de notre horizon pourrait prendre une forme différente de celle de la région observable ; en outre, tous les scénarios de multivers n'excluent pas une géométrie sphérique.

La topologie de l'Univers offre un meilleur test : est-il replié en boucle sur lui-même ? Si c'est le cas, l'Univers serait formé d'un volume de taille finie répété à l'infini, ce qui invaliderait certaines versions de la théorie de l'inflation, et en particulier les scénarios de multivers fondés sur l'inflation éternelle. Les observateurs ont cherché des motifs qui se répètent – ce qui prouverait que l'Univers forme une boucle sur lui-même – sans les trouver. Mais ce résultat négatif n'est pas pour autant un point en faveur du multivers.

Enfin, certaines des théories qui prédisent un multivers pourraient être réfutées. On pourrait par exemple trouver des preuves observationnelles allant à l'encontre de l'inflation éternelle, ou décou-

BIBLIOGRAPHIE

P. Steinhardt, L'inflation cosmique en débat, *Pour la Science*, n° 406, août 2011, <http://bit.ly/408inflation>

A. Riazuelo, Un autre univers est-il possible ?, Dossier *Pour la Science*, n° 71, avril-juin 2011, <http://bit.ly/y4snRY>

A. Barrau et al., Multivers - Mondes possibles de l'astrophysique, de la philosophie et de l'imaginaire, Éditions La ville brûle, 2010.

A. Jenkins et G. Perez, La vie est-elle possible dans d'autres univers ?, *Pour la Science*, n° 390, avril 2010, <http://bit.ly/390jenkins>

M. Bojowald, L'Univers rebondissant, Dossier *Pour la Science*, n° 71 - avril-juin 2011, <http://bit.ly/w2b1ke>

M. Tegmark, De l'Univers au multivers, *Pour la Science*, n° 308, juin 2003.

vrir une incohérence mathématique ou empirique qui contraigne à abandonner le paysage de la théorie des cordes. Le concept de multivers perdrait alors une bonne partie de son intérêt, sans que cela suffise à le rejeter totalement.

Trop de flexibilité

En fin de compte, les arguments en faveur du multivers ne sont pas très concluants. La raison fondamentale en est que cette idée est extrêmement flexible. C'est davantage un concept qu'une théorie bien définie. La plupart des scénarios mettent en jeu un assemblage d'idées différentes plutôt qu'un tout cohérent. Par exemple, le mécanisme de l'inflation éternelle, en soi, n'entraîne pas une physique différente dans chaque région du multivers; pour cela, il faut le coupler à une autre théorie spéculative. Cette combinaison n'a rien d'inévitable.

L'étape clef pour étayer l'hypothèse du multivers est une extrapolation du connu à l'inconnu, du vérifiable à l'invérifiable. On obtient des réponses différentes selon ce que l'on choisit comme extrapolation.

Puisque les théories du multivers peuvent expliquer pratiquement n'importe quoi, toute observation peut être conciliée avec une des variantes de multivers. Les différentes «preuves» proposées sont de nature théorique. Or il se trouve que jusqu'à présent, l'exigence centrale de toute démarche scientifique était la vérification par les observations. Si nous relâchons cette exigence de données tangibles, cela revient d'une certaine façon à abandonner le principe fondamental qui a fait le succès de la science au cours des siècles derniers.

Certes, une explication unifiée et cohérente d'un ensemble de phénomènes disparates a intrinsèquement plus de valeur qu'une collection d'arguments distincts pour chacun de ces phénomènes. Si ce cadre unificateur suppose l'existence d'entités non observables telles que le multivers, c'est un argument en faveur de celui-ci.

Mais la question est ici de savoir combien d'entités hypothétiques invérifiables sont nécessaires. Le cadre unificateur suppose-t-il d'introduire plus ou moins d'entités que le nombre de phénomènes à expliquer? Dans le cas du multivers, nous

supposons l'existence d'un nombre immense, voire infini, d'univers non observables pour expliquer un seul univers dont l'existence est avérée, le nôtre. Cela s'accorde mal avec le principe d'économie, ou «rasoir d'Ockham» qui stipule qu'il ne faut pas multiplier les éléments d'une théorie sans nécessité.

Les partisans du multivers ont un dernier argument: il n'y a pas de bonne alternative. Aussi déplaisante que soit la prolifération des univers parallèles, si c'est la meilleure explication, nous devrions l'accepter. Réciproquement, si nous abandonnons l'idée du multivers, nous avons besoin d'une alternative viable. Cette recherche d'alternatives dépend du type d'explications que nous sommes prêts à accepter. Les physiciens ont toujours espéré que les lois de la nature sont inévitables, c'est-à-dire que les choses sont telles qu'elles sont parce qu'il est impossible qu'elles soient autrement. Mais nous n'avons jamais réussi à le montrer. Il existe d'autres options. L'Univers pourrait être le fruit du hasard; il se trouve alors simplement qu'il a pris



LES {Partagez les savoirs} RENDEZ-VOUS DU MUSÉUM

Entrée gratuite

Au Jardin des Plantes

Détails sur www.jardindesplantes.net, dans "l'agenda du jardin"

CONFÉRENCES

Cycle : le centenaire de la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO)
Lundi 6 février — 18h
Les rapaces, de la guerre sans merci à la réhabilitation
M. Terrasse, responsable de la Mission Rapace de la LPO, président de la Vulture Conservation Foundation

Lundi 13 février — 18h
La connaissance des migrations d'oiseaux au service de la conservation
G. Jarry, ornithologue, expert du Muséum auprès de l'Union Européenne

Lundi 27 février — 18h
Il y a cinquante ans aux Saintes-Maries - Les zones humides
T. Salathé, biologiste, conseiller principal au secrétariat de la Convention sur les zones humides, Gland, Suisse et Michel Métais, ornithologue, directeur général de la LPO

MÉTIERS DU MUSÉUM

Dimanche 26 février — 15h, Entomologiste, C. Villemant

Auditorium de la Grande Galerie de l'Évolution
36 rue Geoffroy Saint-Hilaire, Paris 5^e - Métro : Jussieu

COURS PUBLICS

Cycle : La taxinomie
Jeu 2 février — 18h
Nomenclature phylogénétique : une révolution en nomenclature biologique
M. Laurin, dir. de recherche, CNRS, Muséum

Grand Amphithéâtre du Muséum
57 rue Cuvier, Paris 5^e - Métro : Jussieu



Un pari raisonnable

George Ellis invite dans cet article à la prudence vis-à-vis de l'idée de multivers. C'est une sage précaution dans la mesure où cette proposition est incontestablement spéculative. Il faut toutefois se méfier d'un excès de circonspection qui, au regard de l'histoire des sciences, pourrait se révéler plus dangereux qu'une audace responsable. Le « pari » du multivers me semble raisonnable, et ce pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, l'idée du multivers est réfutable, même s'il est impossible d'observer les autres univers. En effet, le multivers n'est pas un modèle – auquel cas il serait effectivement artificiel –, mais une conséquence, parmi d'autres, de modèles élaborés pour répondre à des questions précises en gravitation ou en physique des particules (relativité générale, puis théorie des cordes). Or ces modèles peuvent, en principe, être mis à l'épreuve en la-

boratoire ! Si les théories qui prédisent l'existence du multivers étaient invalidées par des expériences locales, les univers multiples qu'elles engendrent s'évaporerait avec elles. *A contrario*, si ces théories atteignaient un niveau de confiance suffisant pour être acceptées, il serait naturel de considérer sérieusement les autres univers qu'elles impliquent.

Il en va de même avec la relativité générale – pourtant archétype d'une théorie solide : ses nombreux succès sont assez convaincants pour qu'elle soit utilisée, sans que personne ne s'en offusque, pour décrire l'intérieur des trous noirs, alors qu'il est impossible de vérifier directement de telles prédictions.

La réfutation du multivers ne peut se faire que de façon probabiliste – avec un certain niveau de confiance, qui n'est jamais de 100 pour cent – puisque nous ne disposons que d'un seul échantillon

accessible : notre Univers. Mais il n'y a rien ici de très spécifique ; qu'il s'agisse d'incertitudes d'origine classique ou quantique, les théories sont toujours infirmées (ou corroborées) de façon statistique (la découverte d'une nouvelle particule par le LHC, par exemple, ne s'entend qu'avec une certaine probabilité de vraisemblance). La spécificité de la situation est quantitative – on connaît mal les probabilités en question –, mais pas qualitative.

Le multivers explique de nombreuses coïncidences : s'il existe une infinité d'autres univers avec des lois physiques différentes, il est plausible que nous nous trouvions dans un de ceux compatibles avec l'existence de structures complexes. Cet univers n'est évidemment pas représentatif de l'ensemble du multivers, de la même façon que la Terre n'est pas représentative de notre Univers en général. Le principe d'économie conceptuelle – le rasoir

d'Ockham – invite donc plutôt à accepter ce scénario qui est non seulement prédit par certaines de nos meilleures théories, mais qui permet aussi d'expliquer sans hypothèse supplémentaire l'étrange ajustement des lois de l'Univers à l'existence de la vie. Il y aurait un certain acharnement à compliquer les modèles pour « empêcher » l'émergence de ces univers alternatifs qui résolvent pourtant beaucoup de paradoxes !

De ce point de vue, faire l'hypothèse du multivers ne constitue pas une révolution dans la démarche scientifique. Il est vrai qu'elle pourrait néanmoins légitimer un cadre de pensée davantage spéculatif. Mais si aujourd'hui, comme souvent dans le passé, la physique voyait ses pratiques évoluer, y aurait-il nécessairement lieu de s'en offusquer ?

Aurélien Barrau

LPSC (CNRS-IN2P3), Grenoble

cette configuration particulière parmi d'autres. Autre possibilité : que les choses aient été destinées à être telles, un but ou un dessein sous-tendant leur existence. La science ne peut pas trancher, car ce sont des options métaphysiques, c'est-à-dire non scientifiques.

Les scientifiques ont proposé le concept de multivers pour résoudre des questions fondamentales sur la nature de l'Univers et de l'existence, mais, en fin de compte, ces questions restent sans réponse : elles se posent encore à propos du multivers. Par exemple, si le multivers existe, est-il le fruit de la nécessité, du hasard ou d'un dessein ? C'est une question à laquelle aucune théorie physique ne peut répondre, ni pour l'Univers ni pour le multivers.

Pour avancer, nous devons nous en tenir à l'idée de la vérification empirique. Nous avons besoin d'une sorte de contact causal avec les entités que nous proposons ; sinon, il n'y a pas de limites à l'imagination. Ce lien peut être indirect. Si une entité n'est pas observable, mais absolument indispensable pour expliquer les propriétés d'autres entités qui, elles, sont effectivement vérifiées, on pourrait alors la considérer comme vérifiée. Il faut

cependant prouver de façon indiscutable que cette entité est absolument indispensable pour que l'échafaudage théorique tienne debout. Peut-on prouver que les univers parallèles inobservables sont indispensables pour expliquer l'Univers observable ? Et ce lien causal est-il essentiel et indéniable ?

Appeler les choses par leur nom

Aussi sceptique que je sois, je pense que la contemplation du multivers est une excellente occasion de réfléchir à la nature de l'Univers ainsi qu'à la méthode scientifique. Cette réflexion apporte des éclairages nouveaux et intéressants ; c'est donc un domaine de recherche productif. Pour explorer le concept de multivers, nous avons besoin de garder l'esprit ouvert, mais en restant prudents. Les univers parallèles peuvent exister ou non. La question n'est pas tranchée. Nous allons devoir vivre avec cette incertitude. Il n'y a rien de mal à faire des spéculations philosophiques fondées sur la science, et c'est exactement ce que sont les théories du multivers. Mais il faut appeler les choses par leur nom. ■