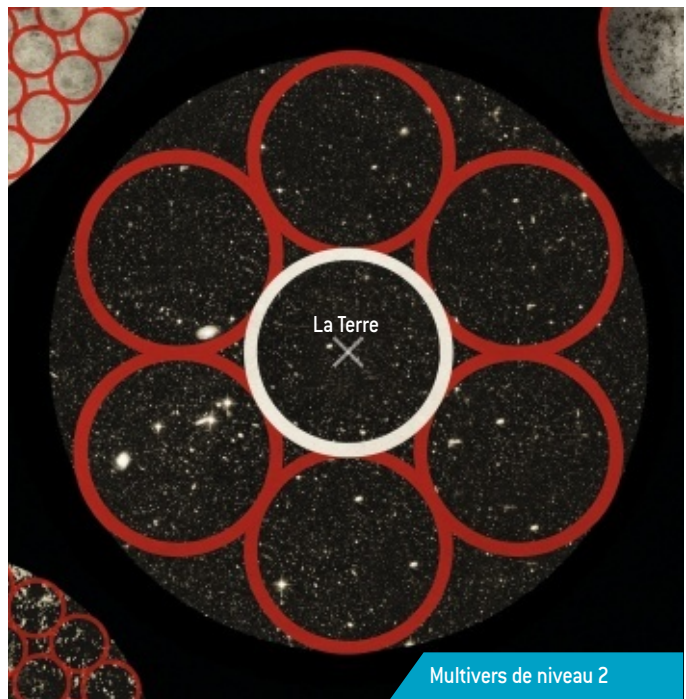




achoppe cependant sur le fait qu'il est nécessaire que le multivers existe pour calculer ce type de probabilité. Il est inapplicable s'il n'existe qu'un seul univers. En d'autres termes, on suppose *a priori* le résultat que l'on veut prouver. Ainsi, les probabilités sont un test de la cohérence du concept de multivers, mais pas une preuve de son existence.

Sixième argument : la théorie des cordes conduit à une grande diversité d'univers. La théorie des cordes, à l'origine censée être une théorie qui explique toute la physique connue, est devenue une théorie où presque tout est possible. Dans sa forme actuelle, elle prédit que de nombreuses propriétés essentielles de notre Univers sont de purs hasards. Si l'Univers est unique, ces propriétés sont difficilement explicables. Pourquoi les lois de la physique présentent-elles précisément ces propriétés qui permettent à la vie d'exister ? En revanche, si notre Univers n'est qu'un parmi d'autres, ces propriétés s'expliquent naturellement. Elles ne sont pas privilégiées ; ce sont simplement celles qui ont émergé dans notre région de l'Univers. Dans une autre région, si tant est que nous ayons pu y apparaître (la plupart sont inhabitables), nous aurions observé des propriétés différentes.

Cependant, la théorie des cordes n'est pas une théorie éprouvée. Ce n'est même pas une théorie complète. Si nous avions la preuve que la théorie des cordes est correcte, ses prédictions théoriques validées par l'expérience pourraient légitimement être utilisées pour étayer l'existence d'un multivers. Mais cette preuve fait défaut.

Septième argument : tout ce qui peut arriver arrive. En cherchant à expliquer pourquoi la nature obéit à certaines lois et pas à d'autres, certains physiciens ont imaginé que la nature n'avait en fait jamais fait un tel choix : toutes les lois concevables s'appliquent quelque part. L'idée est inspirée en partie de la mécanique quantique qui, comme Murray Gell-Mann l'a exprimé avec humour, veut que tout ce qui n'est pas interdit est obligatoire. Une particule emprunte tous les chemins possibles, et ce que nous voyons est la moyenne pondérée de toutes ces possibilités. Peut-être en va-t-il de même pour l'Univers entier : il existerait alors une superposition de tous les univers possibles, c'est-à-dire un multivers. Mais là encore, nous n'avons pas la moindre chance d'observer ces multiples réalisations. Pire, nous ne pouvons même pas savoir quelles sont les possibilités. Il manque un principe d'organisation

L'AUTEUR

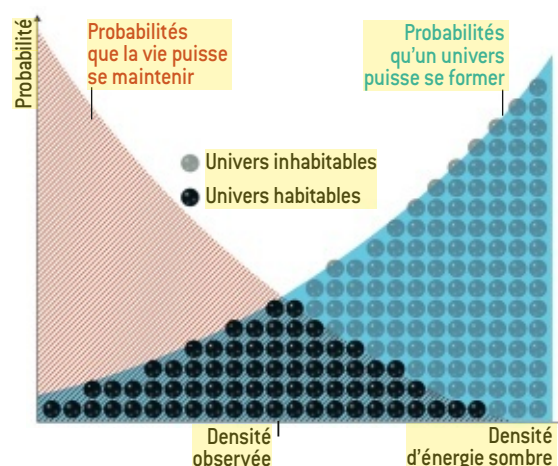


George ELLIS, cosmologiste, est professeur émérite à l'Université du Cap, en Afrique du Sud.

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.



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.

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.

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.