

QU'Y A-T-IL AU-DELÀ ?

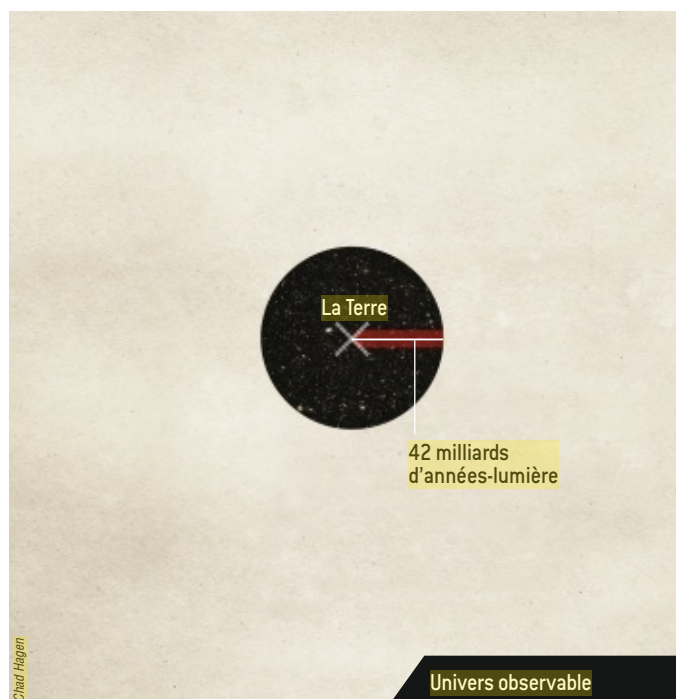
L'Univers observable est une boule d'environ 42 milliards d'années-lumière de rayon centrée sur la Terre. Sa frontière, notre horizon cosmique, correspond à la distance que la lumière a pu parcourir depuis le Big Bang, il y a 13,7 milliards d'années, distance à laquelle s'ajoute l'expansion du cosmos durant cette période. En supposant que l'espace s'étend au-delà de cet horizon cosmique, à quoi ressemble-t-il alors ?

MULTIVERS DE NIVEAU 1 : PLAUSIBLE

L'hypothèse la plus simple est que notre volume d'espace est un échantillon représentatif du reste. Des observateurs distants voient des volumes centrés sur des points différents, mais équivalents, hormis peut-être en ce qui concerne la distribution de matière. L'ensemble de ces régions forment le multivers basique.

MULTIVERS DE NIVEAU 2 : DISCUTABLE

De nombreux cosmologistes imaginent qu'assez loin, le cosmos est très différent de notre Univers observable. Celui-ci serait une bulle-univers parmi de nombreuses autres, flottant toutes dans un espace vide par ailleurs. Les lois de la physique seraient différentes d'une bulle à l'autre, ce qui donnerait lieu à une variété presque inconcevable d'univers. Ces autres bulles d'univers seraient impossibles à observer, même en principe.



avoir l'un comme l'autre, selon les hypothèses que l'on fait.

Deuxième argument : les théories physiques actuelles prédisent l'existence d'autres univers. Les théories proposées pour unifier les interactions font intervenir des champs scalaires, parents hypothétiques d'autres champs tels que le champ magnétique. Ces champs seraient à l'origine de l'inflation cosmique et créeraient des bulles-univers à l'infini. Ces scénarios sont solides d'un point de vue théorique, mais la nature précise des champs hypothétiques n'est pas connue, et aucune expérience n'a encore démontré leur existence et encore moins permis de mesurer leurs propriétés supposées. Autre point crucial, il n'est pas établi que le comportement de ces champs entraîne des lois physiques différentes dans les univers-bulles distincts.

Troisième argument : la théorie de l'inflation, qui prédit une infinité d'univers, a passé avec succès le test observationnel du rayonnement du fond diffus cosmologique. Celui-ci révèle en effet à quoi ressemblerait notre Univers à la fin de sa phase d'expansion initiale. Les motifs du fond diffus suggèrent que notre Univers a réellement connu une période d'expansion accélérée. Mais tous les types d'inflation ne durent pas éternellement

en créant une infinité d'univers-bulles. Les observations ne permettent pas de distinguer le type d'inflation requis des autres. Certains cosmologistes, comme P. Steinhardt, pensent même que l'inflation éternelle aurait conduit à des motifs de fond diffus différents de ceux observés. A. Linde et d'autres ne sont pas d'accord. Qui a raison ? Tout dépend des hypothèses faites sur la nature du champ responsable de l'inflation.

Des hypothèses impossibles à vérifier

Quatrième argument : les constantes fondamentales sont ajustées précisément pour que la vie soit possible. Un des aspects remarquables de notre Univers est que les constantes physiques y ont juste les bonnes valeurs pour permettre l'émergence de structures complexes, et donc de la vie. Steven Weinberg, Martin Rees, Leonard Susskind et d'autres soutiennent que l'existence d'un multivers de niveau 2 apporte une explication élégante à cette coïncidence : si toutes les valeurs possibles des constantes sont réalisées dans un ensemble suffisamment grand d'univers, alors il y en a sûrement quelques-uns qui peuvent héberger la vie. Ce raisonnement a été invoqué

notamment pour expliquer la densité d'énergie sombre, responsable de l'accélération de l'expansion cosmique.

Le multivers est certes une solution plausible pour expliquer cette densité. C'est peut-être même la seule piste dont nous disposons aujourd'hui. Cependant, nous n'avons aucun espoir de la valider un jour par l'observation. En outre, la plupart des raisonnements supposent que les équations de base de la physique restent valables partout, et que seules les constantes changent. Or si l'on considère le multivers dans son sens le plus général, ce n'est pas nécessairement le cas.

Cinquième argument : les constantes fondamentales concordent avec les prédictions des théories de multivers. Cet argument affine les précédents en suggérant que l'Univers n'est pas plus ajusté pour la vie que ce qui est strictement nécessaire. Les tenants de cette idée ont évalué les probabilités de diverses valeurs de la densité d'énergie sombre (voir l'encadré page 54). Plus cette valeur est élevée, plus elle est probable, mais plus l'univers résultant est hostile à la vie. La densité que nous observons devrait être juste à la limite du domaine de valeurs compatibles avec la vie, et il semble que ce soit le cas. Cet argument probabiliste