

linéaires y sont moins importants. Mais ce rayonnement est très faible (il faudrait placer des antennes sur la face cachée de la Lune pour se protéger des émissions venant de la Terre!). Un tel projet ne verra le jour que d'ici 20 à 30 ans.

Pourquoi certains physiciens sont-ils pessimistes quant à la possibilité de tester l'inflation ?

Certains considèrent que l'inflation est une idée impossible à tester par les observations, ce qui est un critère essentiel pour une théorie scientifique. Ils ajoutent que la diversité des scénarios inflationnaires et leur flexibilité face aux contraintes empêchent le paradigme inflationnaire d'être réfutable.

Une polémique à ce sujet est récemment née d'un article paru dans *Scientific American* et cosigné par Paul Steinhardt. Ce chercheur de l'université de Princeton est l'un des pères de la théorie de l'inflation, mais il se montre aujourd'hui très critique. Il est sain que des scientifiques mettent le doigt sur des difficultés que les autres n'ont pas vues, cela fait partie du processus normal de la recherche. C'est en essayant de répondre à ce genre de critiques que l'on améliore une théorie ou, au contraire, que l'on se rend

Il y a encore beaucoup de chemin à faire pour comprendre vraiment l'inflation

compte qu'elle n'est pas satisfaisante. L'article virulent de Paul Steinhardt a été mal accueilli par la communauté et une trentaine de scientifiques lui ont répondu dans une lettre ouverte. Les critiques de Paul Steinhardt sont multiples; il évoque notamment la non-testabilité de l'inflation et le problème de l'inflation éternelle.

De quoi s'agit-il ?

L'inflation éternelle est l'idée que si un champ scalaire provoque l'inflation, cette phase d'expansion ne peut pas prendre fin, parce qu'elle est alimentée par des fluctuations quantiques. Cela avait été découvert en 1983 par Paul Steinhardt et d'autres. L'expansion exponentielle ne s'interromprait que dans des régions limitées, où se formeraient des univers analogues au nôtre. Ces bulles forment un multivers. Le problème, pour

Paul Steinhardt, c'est qu'à chaque « univers-bulle » correspondront des conditions initiales arbitraires, puisque les fluctuations ayant conduit à la formation de cet univers bulle sont aléatoires. Il est alors impossible de prédire les propriétés de notre propre univers.

C'est un cadre qui se prête à de nombreuses réflexions théoriques. Par exemple, Yasunori Nomura utilise cette idée d'inflation éternelle et de multivers pour dresser un parallèle avec l'interprétation de la mécanique quantique proposée par Hugh Everett en 1957 (voir l'article page 26 à 34). La plupart des cosmologistes pensent que la question de l'inflation éternelle est probablement importante sur le plan conceptuel, mais que ses conséquences pratiques sont limitées. C'est peut-être une erreur, mais au quotidien, on n'utilise pas cette notion d'inflation éternelle lorsqu'on cherche à résoudre les problèmes de l'inflation dans notre univers.

Le problème du réchauffement, par exemple ?

Oui, mais pas seulement. J'ai récemment publié un article qui, je pense, sera important pour étudier des scénarios inflationnaires réalistes. Jusqu'à présent, nous nous sommes uniquement concentrés sur la forme du potentiel. Mais j'ai montré que nous avons omis une autre propriété importante. Dans une théorie à plusieurs champs scalaires, la dynamique de ces derniers est soumise à la géométrie de l'espace interne dans lequel vivent ces champs et ne dépend donc pas uniquement du potentiel. L'une des conséquences de ce nouveau facteur est que l'inflation peut s'interrompre de façon prématurée. Pour chaque modèle donné, les limites de compatibilité des données observationnelles sont alors modifiées. On le voit, il y a encore beaucoup de chemin à faire pour comprendre vraiment l'inflation.

Existe-t-il des alternatives à l'idée d'inflation ?

Il y en a quelques-unes. Je n'en suis pas spécialiste, mais le consensus scientifique est qu'elles présentent toutes des problèmes plus importants que l'inflation. L'univers avec rebond, par exemple, décrit un univers qui se contracte puis repart en expansion. L'idée est séduisante dans la mesure où elle évite la singularité initiale du Big Bang. Selon Paul Steinhardt, ce modèle ne présente pas certains problèmes de conditions initiales de l'inflation. Mais aucune théorie physique ne permet à l'heure actuelle de réaliser de manière satisfaisante un tel rebond.

L'inflation cosmique reste aujourd'hui le scénario le plus satisfaisant sur les plans théorique et observationnel. Mais les physiciens adorent les surprises et guettent la nouvelle idée qui fera progresser notre compréhension du monde – même si elle doit détrôner l'inflation! ■

Propos recueillis par Sean Bailly