

COSMOLOGIE. Cinq astrophysiciens publient un concept ébouriffant dans «Nature».

# L'Univers-ballon des géomètres du cosmos

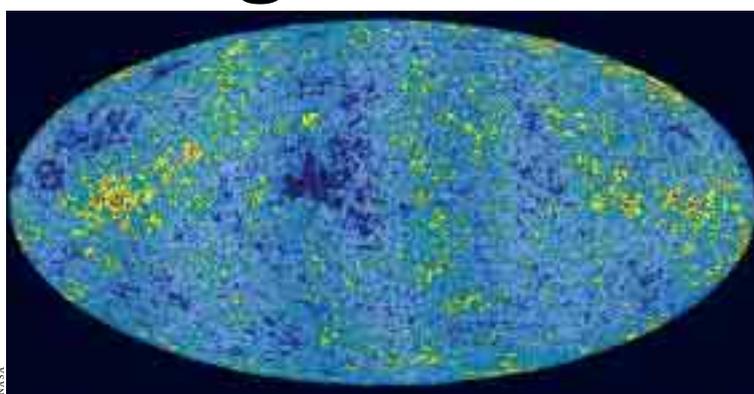
**C**ourt, dense, élégant, audacieux. Un quintette franco-américain d'astrophysiciens signait hier dans *Nature* (1) un article qui frappe fort. «Depuis l'Antiquité, les hommes cherchent à savoir si notre Univers est infini ou fini. Aujourd'hui, après plus de deux millénaires de spéculations, des observations scientifiques pourraient trancher ce débat.» Il pourrait marquer «une découverte majeure sur la nature de l'Univers», affirme le cosmologiste Georges Ellis.

**L'Univers est en forme de ballon de football, il n'est pas infini et sa véritable taille représente 80 % de l'Univers observable.**

L'Univers est en forme de ballon de football, il n'est pas infini et sa véritable taille représente 80 % de l'Univers observable. C'est l'étonnante proposition de Jean-Pierre Luminet (CNRS, Observatoire de Paris) et consorts. En langage d'initiés, la formulation est moins sexy. «Le modèle topologique correspondant le mieux avec les dernières observations par satellite – le Wilkinson Anisotropy Microwave Probe (WMAP) de la Nasa – du rayonnement fossile, émis par l'Univers 400000 ans après le Big Bang, est un espace dodécédrique de Poincaré», énonce-t-il. Cet espace est un concept topologique, élaboré par Henri Poincaré en 1906, bien avant l'invention de la Relativité générale ou la découverte de l'expansion de l'Univers. Il pourrait servir à la description de l'Univers? Ce ne serait pas la première fois que physique et maths se retrouvent ainsi après un long chemin séparé. Tout au long du XX<sup>e</sup> siècle, les mathématiciens ont inventé toutes les formes possibles pour un espace à trois dimensions: sphérique, torique, cylindrique, avec ou sans trous... Pendant

ce temps, les astrophysiciens découvraient les fins fonds du Cosmos, cataloguaient son bestiaire, mesuraient ses dimensions, identifiaient ses constituants, quantifiaient son contenu, mesuraient le rayonnement fossile émis par tout l'Univers 400000 ans après le Big Bang. Et découvraient que la masse-énergie totale de l'Univers, pour l'essentiel de nature inconnue, est constituée d'une matière et d'une énergie «noires», cette dernière fonctionnant comme une antigravitation accélérant l'expansion de l'Univers.

Il a fallu attendre 1995 – un article de Jean-Pierre Luminet et Marc Lachièze-Rey (CEA) – pour que l'approche topologique rencontre cette cosmo-



Cartographie des fluctuations du rayonnement fossile de l'Univers vues par le satellite WMAP.

logie expérimentale. «Depuis, cette démarche a donné lieu à de très nombreuses recherches», se réjouit Luminet. Provocateur, il s'est amusé à imaginer des topologies conduisant à un espace réel cent fois plus petit

que celui que nous croyons observer. Avec ses collègues il vient d'apporter une pierre qui pourrait se révéler décisive en étudiant les dernières observations du satellite WMAP, de la Nasa, sur le rayonnement fos-

sile. Pour expliquer leur découverte, il prend l'analogie du tambour: un tel instrument ne peut produire de vibrations à des longueurs d'onde supérieures à sa taille propre. Idem pour l'Univers et le rayonne-

ment fossile. L'absence de fluctuations à très grande échelle lui «a mis la puce à l'oreille», et conduit à proposer cette topologie singulière inventée par Poincaré. En outre, «c'est un espace simple, élégant, beau»... Le rêve pour un théoricien. Il débouche sur un modèle d'Univers finalement assez raisonnable: l'espace physique ferait les trois quarts de l'Univers observable. Reste à lui faire passer l'épreuve popperienne de la réfutation: dans quelques années, le télescope spatial européen *Planck Surveyor* servira de banc-test pour «l'espace dodécédrique de Poincaré». Nous saurons alors si l'Univers est un ballon de foot ●

S. H.

(1) Jean-Pierre Luminet, Jeffrey Weeks, Alain Riazuelo, Roland Lehoucq et Jean-Philippe Uzan (CNRS, CEA Saclay, université d'Orsay).

Jean-Pierre Luminet (CNRS), membre du quintette franco-américain:

## «Cet espace est fini, mais sans bords et sans limites»

Jean-Pierre Luminet a notamment publié *L'Univers chiffonné* (1), premier livre grand public sur la topologie cosmique.

**L'Univers serait donc fini?**

Le précédent célèbre du philosophe Kant affirmant l'impossibilité de prouver le caractère fini ou infini de l'Univers pouvait paralyser l'ambition des scientifiques. Et, jusqu'à la fin du XX<sup>e</sup> siècle, ces interrogations fondamentales semblaient rester hors de portée. Tout a changé, il y a une dizaine d'années, avec l'émergence d'une véritable cosmologie observationnelle de haute précision. Les télescopes terrestres et spatiaux ont maintenant accès aux paramètres cosmologiques, c'est-à-dire des quantités physiques fondamentales qui caractérisent la structure de l'Univers, son âge, son évolution au cours du temps, sa densité, sa géométrie locale, les formes d'énergie qui le constituent, sa vitesse d'expansion... Nos télescopes sont en particulier capables de cartographier avec une précision croissante le rayonnement fossile, émis lorsque l'Univers était âgé d'environ 380000 ans après le Big Bang. Ce rayonnement, aujourd'hui en micro-ondes radio,

présente de légères fluctuations de température d'un point à l'autre de l'espace qui résultent directement des grumeaux de matière à l'origine de toutes les grandes structures astronomiques – comme les galaxies ou leurs amas – observables aujourd'hui. C'est un outil d'analyse puissant des propriétés spatiales et temporelles de l'Univers. Il est devenu non seulement raisonnable mais enthousiasmant de répondre avec des propositions testables par l'observation à ces interrogations millénaires.

**L'Univers serait un «espace dodécédrique de Poincaré»; pouvez-vous traduire cette expression?**

*Nature* utilise l'image d'un ballon de football. Comme si nous vivions à l'intérieur d'une sorte de sphère formée de 12 pentagones légèrement incurvés. Mais, grosse différence avec un ballon, lorsque l'on arrive à une paroi pentagonale, on revient dans le ballon par la face opposée. Cet espace est fini, mais sans bords et sans limites, on peut donc y voyager indéfiniment. Du coup, on a l'impression de vivre dans un espace plus vaste, pavé de dodécédres qui se démultiplient comme dans un palais des glaces. Et le retour des

rayons lumineux qui traversent les parois produit des mirages optiques: un même objet a plusieurs images. Ce modèle n'est pas une alternative au Big Bang, mais une version écartant l'idée d'un espace infini, au profit d'un espace physique – dont le volume ne fait que 80% de celui observé – contenant un nombre fini de galaxies. En outre, il s'oppose à la vision jusqu' alors dominante d'un Univers «géométriquement plat», où les parallèles ne se rejoignent jamais, au profit d'un espace «bombé» comme une sphère où les parallèles se recourent à très grande distance.

**Ce modèle peut-il être réfuté?**

Il fait deux prédictions accessibles aux futurs instruments. Une densité totale en matière/énergie de l'Univers très précise, à un millièème près, alors que la barre d'erreur actuelle de la mesure, déjà de 1%, va s'améliorer. Et l'existence dans le rayonnement fossile de signatures spécifiques du modèle que l'on pourra également observer. D'ici quelques années, il sera donc soit réfuté, soit prouvé ●

Recueilli par SYLVESTRE HUET

(1) *L'Univers chiffonné*, Fayard, 2001, 372 pp.

## RENCONTRES

A l'occasion de son 30<sup>e</sup> anniversaire, *Libération*, en collaboration avec la Fnac-Montparnasse, vous invite à rencontrer les journalistes du quotidien et leurs invités, pour débattre des grands sujets d'actualité

Aujourd'hui à 17h30

## MONDIALISATION ALTERMONDIALISATION

Patrick Sabatier, directeur adjoint de la rédaction de *Libération*  
Christian Losson, journaliste à *Libération*  
Yannick Jadot, directeur des campagnes à Greenpeace  
Lionel Fontagné, directeur du Centre des Etudes Prospectives et d'Informations Internationales.

Débat animé par Eduardo Castillo  
Fnac-Montparnasse  
136, rue de Rennes-75006 Paris

