

Françoise Combes, de l'Académie des sciences, participe au projet de simulation de l'histoire de l'univers:

«Tester les théories par le virtuel»

Les astrophysiciens demandent aux ordinateurs de simuler l'histoire de l'Univers depuis le big-bang, péché d'orgueil?

Au contraire, c'est très humble. Nous estimons que cette démarche peut nous aider à mieux comprendre cette histoire, et donc à combler nos ignorances. Il fallait au préalable réunir les conditions indispensables d'une simulation numérique d'envergure cosmologique, et elles ne le sont que depuis peu. D'abord, nous disposons d'une bonne description des «conditions initiales» – c'est-à-dire du bébé Univers dont l'ordinateur doit simuler l'histoire. Nous pensons avoir identifié les paramètres fondamentaux de l'Univers: sa densité; sa géométrie – elle est plane et non courbée puisque la lumière s'y propage en ligne droite –; son contenu, constitué à 30% de matière et à 70% d'une énergie, dite noire, qui explique sa vitesse d'expansion. Ensuite, nous bénéficions de bonnes informations sur près de 95% de l'histoire de l'Univers, grâce aux observations des télescopes qui nous montrent les galaxies à différentes étapes de leur évolution. L'évolution de cet Univers suit des lois physiques connues, surtout la gravitation, et les simulations utilisent aussi nos connaissances sur la formation des étoiles ou l'expansion de l'Univers. Enfin, nous disposons de moyens de calcul (ordinateurs et logiciels) dont la puissance permet cette ambition qui semble démesurée: simuler l'histoire du cosmos.

Comment démarre cette histoire de l'Univers?

Le big-bang est maintenant daté à 13,7 milliards d'années. 400 000 ans après, l'Univers émet le rayonnement cosmologique dit «fossile» cartographié en 1992 par le satellite Cobe, de la Nasa. Son successeur Wmap a détaillé en 2002 (image ci-contre) ses minuscules fluctuations, révélatrices des écarts de densité à partir desquels tout le cosmos s'est organisé en galaxies et en grandes structures.

A cette époque, pas d'étoiles... le ciel est donc tout noir?

Oui, nous avons baptisé «âge sombre» cette ère où la matière du cosmos n'est constituée que de gaz neutre, qui s'étend, se dilue et se refroidit. Trois cents millions d'années après, naissent les premières étoiles et se forment les premiers trous noirs au centre des galaxies. La suite, durant plus de dix milliards d'années, ce sont des galaxies qui grossissent en avalant du gaz, entrent en collision, fusionnent, se lient par la gravitation en amas découplés de l'expansion générale de l'Univers. Au fur et à mesure que les étoiles massives explosent en supernovae, les galaxies s'enrichissent en éléments lourds (oxygène, azote, carbone, fer, uranium) fabriqués dans les cœurs stellaires. Ils vont favoriser la formation d'autres étoiles, plus petites, et de planètes.

Ce scénario comporte pourtant des interrogations majeures, quelles sont-elles?

Le plus grand mystère règne sur des éléments fondamentaux. La nature de la matière noire, invisible, mais dont la présence se trahit par son effet sur la rotation des galaxies, demeure énigmatique. Nous avons éliminé une hypothèse selon laquelle elle était constituée de «machos», des milliards de gros Jupiter à la périphérie des galaxies. L'énergie noire, indispensable pour expliquer la réaccélération de l'expansion de l'Univers depuis deux milliards d'années, reste un

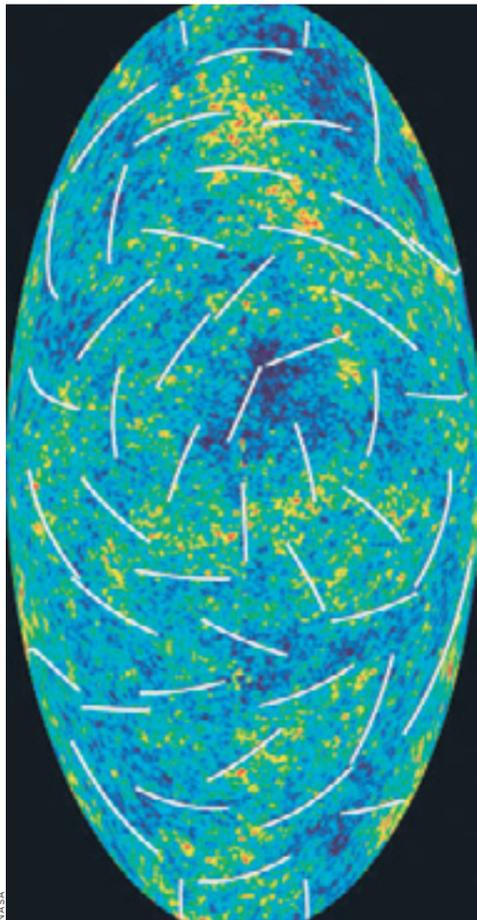


Image de tout l'univers, 400 000 ans après le big bang, vu grâce au rayonnement cosmologique capté par le satellite Wmap de la Nasa, en 2002. Les couleurs indiquent les écarts de densité de la matière dans un univers alors très homogène.

défi: est-elle la constante cosmologique d'Einstein? Ou une quintessence, une sorte de cinquième élément provoquant une force répulsive qui accélère l'expansion? Questions insolubles pour l'instant.

Vos univers virtuels ne sont-ils pas confinés dans un scénario sans pouvoir le contester?

Non. C'est paradoxal, mais il est plus facile de tester des hypothèses alternatives aux théories dominantes avec les univers virtuels qu'avec les observations. En variant les conditions initiales, les recettes de formation stellaires ou les lois physiques, on fait raconter des histoires différentes par l'ordinateur. Ainsi, l'équipe de Jean-Michel Alimi (Observatoire de Meudon) a réalisé des simulations où l'on fait varier la valeur de la constante cosmologique selon le temps, d'autres se passent de matière noire mais changent la loi de la gravité. Nos «univers virtuels théoriques» sont ainsi plus souples, s'apparentant à des expériences de laboratoire, que les cam-

pagnes d'observations. C'est de la confrontation avec les observations que viendront les solutions aux problèmes actuels de la cosmologie, en liaison avec les travaux fondamentaux en physique des particules. ◀

À LIRE

Le Goût piquant de l'Univers

Elisa Brune

Le Pommier,

229 pp., 20 €.

Elisa Brune passe une semaine avec des cosmologistes, réunis dans un village provençal, pour réaliser un film. Et finit par écrire un livre où l'humour et la compétence se conjuguent pour un accès non conventionnel aux mystères de l'Univers.

De l'infini...

Mystère et limites de l'Univers.

Jean-Pierre

Luminet et Marc

Lachize-Rey,

Dunod, **quai des sciences,**

180 pp., 20 €.

Difficile d'éviter le problème de l'infini, dès lors que l'on s'intéresse à l'Univers. Ce livre, écrit par deux astrophysiciens de haute volée, veut initier le lecteur aux infinis de la physique et de la cosmologie modernes.

SUR LE WEB

<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbig/>

Faut-il croire au big-bang,

comment l'étudie-t-on, avec quels instruments? Le dossier multimédia du big-bang présenté par le CNRS pour un large public.



Françoise Combes travaille à l'Observatoire de Paris.

Recueilli par SYLVESTRE HUET

Chall'OMusic

Claude Challe
presents

CLAUDE CHALLE presents
JUST GOOD MUSIC
par JEAN-PIERRE LUMINET et MARC LACHIZE-REY

39 Eclectic Pearls
Plus de 3 heures
de musique

3 CDs
Une Playlist de Rêve !

Just Good Music
Just Good Perfume



ARPÈGE POUR HOMME | LANVIN PARFUMS