

DOSSIER

L'UNIVERS manquant

Le modèle du Big Bang, qui décrit l'Univers et son histoire, est-il un colosse aux pieds d'argile ?

Sa situation est en tout cas paradoxale. Il a été bâti sur deux pans bien testés de la physique moderne : la théorie de la relativité générale d'Albert Einstein et le modèle standard de la physique des particules. Mais pour rendre compte de façon satisfaisante d'une grande variété d'observations, le modèle du Big Bang repose sur une hypothèse hardie, à savoir que 95 pour cent de l'énergie totale contenue dans l'Univers nous sont invisibles.

La matière ordinaire – les étoiles, les planètes et tout ce qui nous entoure – ne représenterait ainsi que cinq pour cent de l'Univers. Le reste se partagerait entre l'hypothétique « matière noire » et la non moins inconnue « énergie sombre ». Il ne s'agit pas là d'hypothèses gratuites. Depuis 20 ans, depuis que l'on est entré dans l'ère de la « cosmologie de précision », une grande variété d'instruments ont collecté des indices de la présence de ces composantes invisibles du cosmos (voir l'article de Volker Springel, page 22).

Toutefois, ces preuves indirectes ne suffisent pas, et les natures de la matière noire et de l'énergie sombre restent à identifier. Plusieurs dispositifs de détection traquent, sous terre, les particules de matière noire (voir l'article de Richard Taillet, page 30). Et, en attendant des indices observationnels ou expérimentaux, les théoriciens explorent les diverses réponses possibles à la question de l'énergie sombre (voir l'article de Cédric Deffayet, page 38). Notre dossier fait le point sur ces recherches visant à élucider le plus grand mystère de la cosmologie moderne.

– Sean Bailly

22 Sur les traces de l'Univers invisible
par Volker Springel

30 Les chasseurs souterrains
de matière noire par Richard Taillet

38 Énergie sombre ou nouvelle
gravitation ? par Cédric Deffayet

Sur les traces de l'Univers invisible

Dans l'Univers, la matière ordinaire n'occuperait qu'une place minime par rapport à deux composantes encore mystérieuses : la matière noire et l'énergie sombre. Les indices en faveur de l'existence de cette face cachée du cosmos se sont accumulés.

Volker Springel





1. LES OBSERVATIONS du télescope spatial *Hubble* (à gauche) ont permis de reconstruire la distribution de la matière noire (en bleu). La répartition d'abord homogène de cette substance a évolué, au cours du temps, vers des ensembles morcelés (de la droite vers la gauche).

L'ESSENTIEL

- Le modèle du Big Bang décrit de façon satisfaisante l'Univers, mais repose sur l'hypothèse que son contenu est dominé par l'énergie sombre et la matière noire.
- Bien que la nature de ces deux composantes reste inconnue, les indices de leur existence s'accumulent.
- Les idées proposées sur la nature de la matière noire et de l'énergie sombre sont confrontées aux observations. Des pistes alternatives, où l'on se passerait de ces deux entités, sont aussi considérées.

Lars Lindbergh Christensen, ESO

Quel est le point commun entre le satellite *Planck*, la simulation *Milennium-XXL*, l'expérience *DAMA*, le télescope spatial *Fermi* et le *Supernova Cosmology Project*? Toutes ces expériences visent à explorer l'Univers et à en améliorer la compréhension. Les cosmologistes tentent de mettre de l'ordre dans la multitude d'observations et de données. Comment les interpréter et bâtir une théorie qui décrit l'Univers? Depuis le XX^e siècle, les chercheurs ont élaboré de nombreux modèles. Celui qui semble aujourd'hui le plus satisfaisant est le modèle dit du Big Bang. Comparé aux autres, il explique mieux et plus simplement les observations.

Cependant, ce modèle fait l'hypothèse que la matière ordinaire – les étoiles, la poussière et le gaz, que les physiciens nomment matière baryonique – n'est qu'une petite fraction du contenu de l'Univers.

Dans ce modèle, une substance mystérieuse, la «matière noire», est prédominante par rapport à la matière baryonique. Une autre composante non moins étrange, qui s'oppose à la force gravitationnelle omniprésente, entre aussi en jeu : l'«énergie sombre». Elle est associée à l'accélération, découverte récemment, de l'expansion de l'Univers, expansion qui voit les galaxies s'éloigner les unes des autres de plus en plus vite.

Le rôle cosmologique de la matière noire et de l'énergie sombre semble bien compris, mais la nature de ces deux entités échappe encore aux physiciens. Les détracteurs du modèle du Big Bang y voient deux hypothèses *ad hoc*, ajoutées par les cosmologistes pour rendre compte de certaines observations qu'ils ne savent pas expliquer autrement.

Des idées justifiées par l'observation

Pourtant, les concepts de matière noire et d'énergie sombre reposent sur des arguments observationnels solides. Nous allons montrer comment diverses observations indépendantes ont convaincu la plupart des scientifiques de l'existence de ces deux entités, dont la nature reste mystérieuse, mais que les observations aident à circonscrire. Nous ferons ensuite état des expériences mises en place pour les déboucher.

L'idée que l'Univers n'est peut-être pas rempli uniquement de matière ordinaire s'est