

Des astrophysiciens ont apporté une nouvelle preuve que l'expansion de l'univers s'est accélérée depuis quelques milliards d'années. Mais pourquoi ? Ils soupçonnent une énigmatique énergie noire.

Par SYLVESTRE HUET

**P**reuve.» En anglais, «evidence», lit-on dans le titre d'un article publié dans le dernier numéro de la revue *Astronomy & Astrophysics* (1). Les scientifiques, gens en général prudents, ne sortent ce terme que sûrs de leur coup. Aussi, lorsque l'on découvre que la «preuve» annoncée par une équipe d'astrophysiciens européens et américains concerne le mouvement d'expansion de l'univers tout entier, un sentiment s'impose : c'est du lourd.

«L'univers accélère» affirme donc cette équipe où l'on trouve Karim Benabed et Yannick Mellier, rencontrés à l'Institut d'astrophysique de Paris (CNRS). Il accélère depuis sept milliards d'années. Cela peut sembler long, mais ne représente qu'un peu moins de la moitié de l'âge de l'univers connu, dont l'histoire débute avec le big-bang, il y a un peu plus de treize milliards d'années. A l'époque, l'univers était très dense, très chaud, homogène et très petit. Aujourd'hui, il est très vide, très froid, très inhomogène (de grands vides séparant des regroupements de matière) et très grand. Son histoire est celle d'une expansion. Mais à quelle vitesse ?

### Quelque chose cloche

Ce paramètre, décisif pour décrire l'histoire et la géographie du cosmos est baptisé «constante de Hubble», explique Yannick Mellier, car elle est née en 1929 des observations d'Edwin Hubble : plus les galaxies sont loin de nous et plus elles s'éloignent vite. Ce mouvement décale leur lumière vers le rouge, un peu comme le son d'un camion de pompiers devient plus grave au fur et à mesure qu'il s'éloigne.

Depuis la découverte d'Edwin Hubble, mesurer la vitesse de cette expansion constitue «l'un des objectifs prioritaires des observateurs», affirme Karim Benabed. Cette vitesse détermine en grande partie la figure générale du cosmos, elle permet d'accéder à son passé comme à son destin. Mais, là, Yannick Mellier sourit : «Le problème, c'est que la constante de Hubble... n'est pas constante. Aujourd'hui, je veux dire ici et maintenant, elle vaut environ 70 kilomètres par seconde et par mégaparsec [1 parsec = 3,261 années-lumière]».

A l'origine, on pensait que l'expansion de l'univers – après avoir été vertigineuse au début de l'univers, après le

big-bang – devait petit à petit décélérer, comme sous l'effet d'une force de rappel, en raison de la gravitation. Un peu comme un élastique tendu qui reviendrait à sa longueur d'origine une fois relâchée. La fin de l'histoire restait énigmatique, entre une expansion infinie mais de plus en plus lente, un équilibre final, ou un mouvement en sens inverse, la gravitation l'emportant sur l'impulsion initiale, provoquant un big... crunch, duquel pourrait surgir un nouveau big-bang.

«Ce dogme s'est brisé en 1998», relate Mellier. Deux équipes – celles des Américains Adam Riess (aujourd'hui au Space Telescope Institute) et Saul Perl-

mutter (au National Laboratory Lawrence Berkeley) – avaient cherché durant près de dix ans à mesurer la décelération de l'univers en utilisant des supernovæ comme témoins. Ces supernovæ correspondent à l'explosion de naines blanches, un type d'étoiles. Durant quelques jours, elles brillent alors comme dix milliards de Soleil, puis disparaissent de la vue des télescopes. Leur brillance intrinsèque étant bien connue, il est possible de calculer leur distance comme leur vitesse d'éloignement. Surprise : les deux équipes découvrent qu'il y a environ 7 milliards d'années – soit la moitié de l'âge de l'univers, «la constante de Hubble ne valait pas celle prédite pour une expansion sans accélération», précise Yannick Mellier.

A l'époque, grand trouble dans les labos. Certains doutèrent de la mesure. «Surtout ceux qui n'étaient pas spécialistes des supernovæ», s'amuse Mellier. Mais beaucoup sont alors rassurés et excités par la découverte, car elle vient compléter un puzzle ahurissant, celui du contenu de l'univers.

Les astrophysiciens ont en effet un grave problème de masse. Dès les années 1930, ils se rendent compte que quelque chose cloche. Les galaxies ne pourraient rester liées en amas par la gravitation de leur seule masse visible. Cette dernière est insuffisante pour les

empêcher de s'éloigner l'une de l'autre. Pour les «tenir» entre elles, il faut une force gravitationnelle bien plus puissante, et donc une masse gigantesque en surplus de ce que les télescopes révèlent. Les astronomes ont donc imaginé une «matière noire», invisible et de nature inconnue, représentant quatre ou cinq fois la masse des étoiles, des poussières et du gaz. Depuis, la quête de cette matière noire se poursuit, tant dans le ciel que dans les accélérateurs de particules... sans aucun succès. Pourtant, plus on regarde le ciel et plus les mouvement des étoiles, des galaxies et l'histoire de l'univers plaident en faveur de sa présence, perceptible uniquement en raison de son effet gravitationnel.

### Une masse de quoi ?

En poursuivant leur enquête, les cosmologistes en arrivent à cette conclusion ébouriffante : les trois quarts du contenu en masse et énergie de l'univers sont inconnus. Une conclusion dictée par une découverte : «L'univers est plat», explique Karim Benabed. Plat ? Les deux scientifiques sont en mal de métaphore afin d'aider le pauvre journaliste. «L'univers est euclidien»,

un champ céleste tout petit, dans la constellation de la Baleine, près de l'étoile Spica. Un champ très noir, dénué d'étoiles proches, où il a pu détecter près de 500 000 galaxies dont les plus lointaines se situent aux confins de l'espace/temps, à près de 12 milliards d'années lumière.

«Au VLT, raconte Mellier, nous avons utilisé un instrument exceptionnel installé sur Melipal, l'un des quatre télescopes de 4 mètres de l'observatoire.» Cet instrument (Vimos) construit par une équipe européenne conduite par Olivier Le Fevre (observatoire de Marseille), accepte des masques dans lesquels «on a percé 800 infimes fentes de deux microns, pointées vers autant de galaxies identifiées. Cela permet d'obtenir leur spectre lumineux, et donc de calculer leur décalage vers le rouge et leur distance.»

Un travail minutieux qui a permis de positionner près de 150 000 galaxies et de réaliser une cartographie en trois dimensions de cette minuscule portion d'univers, mais allant jusqu'à ses confins.

Toutes ces galaxies ont une image curieusement déformée par les énormes concentrations de matière noire situées entre le télescope et elles. Cette

# L'univers met

tente Benabed. Et de préciser : «Les parallèles ne s'y rejoignent pas.» Bref, conclut-il «à très grande échelle, et si elle ne passe pas près d'une masse gravitationnelle, la lumière s'y propage en ligne droite.» Sûr et certain, pour les spécialistes, c'est clair. Pour le commun des mortels, c'est une autre histoire ! Cette conviction d'une «platitude de l'univers» provient d'observations du rayonnement fossile émis quelques centaines de millions d'années après le big-bang. Elle explique plein de choses, mais suppose qu'une masse ou une énergie (c'est la même chose, on le sait depuis Einstein) égale à trois fois la masse visible plus la matière noire, remplisse le cosmos. Mais une masse de quoi ?

La «preuve» avancée par l'article co-signé par Mellier et Bendabed apporte justement sa pierre à l'édifice. Pas directement, mais en confirmant l'accélération de l'expansion de l'univers par une mesure totalement indépendante de celle des supernovæ lointaines.

«Notre travail a porté sur l'évolution de la distribution de la matière noire au cours de l'histoire», explique Karim Benabed. L'observation ? Une fructueuse coopération entre le Hubble Space Telescope (Nasa/Esa) et le Very Large Telescope (VLT) de l'Observatoire européen austral (ESO) implanté au Chili sur le mont Paranal. Le télescope spatial a observé

déformation provient de légères déviations de la trajectoire des photons, attirés par la masse gravitationnelle. Du coup, au lieu de montrer leur forme réelle, les galaxies apparaissent comme des «ellipses caractéristiques» de la distribution de la matière noire de l'univers. Un énorme travail de statistique, de calculs, de comparaison avec la modélisation numérique de l'univers a suivi ces observations. Une étude menée par une équipe de 22 astrophysiciens, sous la coordination de Tim Schrabback (université de Leiden au Pays-Bas). En est sorti une sorte de «tomographie» du cosmos, un découpage par tranche d'espace/temps où la déformation des galaxies les plus lointaines par la matière noire permet de cartographier la distribution de cette dernière aux différentes époques de l'histoire de l'univers. Conclusion : «L'univers accélère bel et bien depuis sept milliards d'années», affirme Yannick Mellier.

### Le côté obscur

Pourquoi ? Les cosmologistes aimeraient bien répondre simultanément à deux questions : ce qui accélère l'expansion de l'univers pourrait-il en constituer les trois quarts de son contenu, pour l'instant invisible et totalement inconnu ? L'accélération pourrait en effet s'expliquer par une