

Les vitesses affectées par la croissance des structures sont identifiables lorsque nous comparons les motifs de galaxies observés le long et perpendiculairement à la ligne de visée. Ces mesures nous permettent alors d'estimer la rapidité à laquelle les structures se sont formées. En utilisant les données d'eBOSS et de ses prédécesseurs, nous avons calculé ce taux de croissance avec une précision d'environ 3,5%, et le résultat est compatible avec les prédictions de la relativité générale.

Dans l'ensemble, l'étude des BAO avec BOSS et eBOSS semble conforter le modèle standard du Big Bang avec constante cosmologique. Nous ne voyons aucune surprise dans la croissance des structures, la dynamique de l'énergie sombre ou la géométrie de l'espace. La seule situation qui reste vraiment problématique est celle qui concerne la constante de Hubble. À partir des mesures du fond diffus cosmologique, notamment grâce au satellite *Planck*, l'estimation du taux d'expansion est de $67,28 \pm 0,61$ kilomètres par seconde et par mégaparsec (1 mégaparsec correspond à environ 3,26 millions d'années-lumière). Mais si les astrophysiciens évaluent la constante de Hubble en utilisant des «chandelles standard» comme les étoiles céphéides et les supernovæ de type Ia, les valeurs sont 10% plus élevées. Et les incertitudes sur les mesures sont trop petites pour justifier un tel écart.

En utilisant nos mesures sur les BAO, nous estimons la constante de Hubble à environ 67 kilomètres par seconde et par mégaparsec, que nous combinions ou non nos chiffres avec les données du fond diffus cosmologique. Comment comprendre l'écart entre les deux mesures cosmologiques (BAO et fond diffus cosmologique) et les mesures astrophysiques (chandelles standard)? La différence est assez importante pour remettre en question les hypothèses de base de notre modèle cosmologique. Il se peut qu'il y ait encore un problème avec une ou plusieurs des mesures qui alimentent ces calculs, mais il est au moins aussi probable que nous devions réviser le modèle de l'expansion précoce de l'Univers et de l'horizon sonore comobile. Nous devons peut-être introduire un nouveau type de particule, de champ ou d'interaction pour expliquer le désaccord.

PLUS GRAND, PLUS FORT

Au cours des vingt dernières années, le programme SDSS et ses spectrographes ont été à la pointe dans l'étude des décalages vers le rouge des galaxies, notamment grâce à eBOSS. Le programme se poursuit afin d'obtenir des cartes d'étoiles et de quasars toujours plus vastes et précises. Sa réussite a suscité le développement de nouveaux projets pour



À partir de 2000, le télescope de 2,5 mètres de la fondation Sloan, situé au Nouveau-Mexique, a été au cœur d'un ambitieux programme de cartographie de l'Univers, le SDSS (Sloan Digital Sky Survey).

comprendre l'histoire cosmique. L'un de ceux-ci, qui a commencé ses premières opérations scientifiques, se nomme DESI (*Dark energy spectroscopic instrument*, instrument spectroscopique pour l'étude de l'énergie sombre). Il utilisera un spectrographe à 5 000 fibres optiques installé sur le télescope Mayall de l'observatoire national de Kitt Peak, en Arizona. Ce nouveau spectrographe, capable d'observer 5 000 cibles simultanément, est placé sur un télescope dont le miroir primaire a un diamètre environ deux fois plus grand que celui du télescope Sloan. Plutôt que de faire appel à des humains, chacune des 5 000 fibres sera positionnée grâce à un robot dédié. Dans cinq ans, DESI sera en mesure de produire une carte des galaxies qui sera plus de dix fois plus grande que celle de SDSS.

Prévu pour être lancé en 2022, le satellite *Euclid*, dirigé par l'Agence spatiale européenne, effectuera aussi un grand relevé des décalages vers le rouge des galaxies. Grâce à sa position dans l'espace, qui lui évite les perturbations dues aux turbulences de l'atmosphère terrestre, *Euclid* examinera des décalages vers le rouge plus importants (c'est-à-dire à des distances plus grandes) que ceux que l'on peut voir clairement depuis le sol. Il mesurera les décalages vers le rouge d'environ 35 millions de galaxies. Outre DESI et *Euclid*, d'autres projets de grands spectrographes multiobjets sur des télescopes plus grands, d'environ 10 mètres de diamètre, sont à l'étude. De quoi faire un grand pas en avant dans notre compréhension de l'Univers. ■

BIBLIOGRAPHIE

S. Alam *et al.*, **Completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey : Cosmological implications from two decades of spectroscopic surveys at the Apache Point Observatory**, *Physical Review D*, vol. 103, article 083533, 2021.

B. W. Lyke *et al.*, **The Sloan Digital Sky Survey quasar catalog : Sixteenth data release**, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, vol. 250(1), article 8, 2020.

A. J. Ross *et al.*, **The Completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey : Large-scale structure catalogues for cosmological analysis**, *MNRAS*, vol. 498(2), pp. 2354-2371, 2020.

M. Aubert *et al.*, **The Completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey : Growth rate of structure measurement from cosmic voids**, en ligne sur arXiv.org, 17 juillet 2020.

J. Frieman, **Le projet DES à la poursuite de l'énergie sombre**, *Pour la Science*, n° 467, septembre 2016.

JEAN-JACQUES HUBLIN
est directeur du département
Évolution humaine à l'institut
Max-Planck d'anthropologie
évolutive, à Leipzig,
en Allemagne, département
qu'il a créé en 2004. Il est aussi
depuis 2014 professeur au Collège
de France, où il occupe
la chaire internationale
de paléanthropologie.
Ses nombreux travaux en font un
éminent spécialiste des espèces
du genre *Homo*.



Non, on ne vient pas de découvrir deux nouvelles espèces humaines!

Deux équipes internationales ont publié chacune la découverte d'une nouvelle espèce humaine datant d'environ 140 000 ans : l'homme de Nesher Ramla, en Israël, et l'« homme dragon », en Chine. Le genre *Homo* s'est-il ainsi agrandi de deux espèces, alors qu'on lui en connaît déjà une douzaine ? Comme plusieurs autres paléanthropologues, Jean-Jacques Hublin le conteste. Il nous explique pourquoi.