

ASTROPHYSIQUE

DES QUASARS POUR MESURER LA CONSTANTE DE HUBBLE

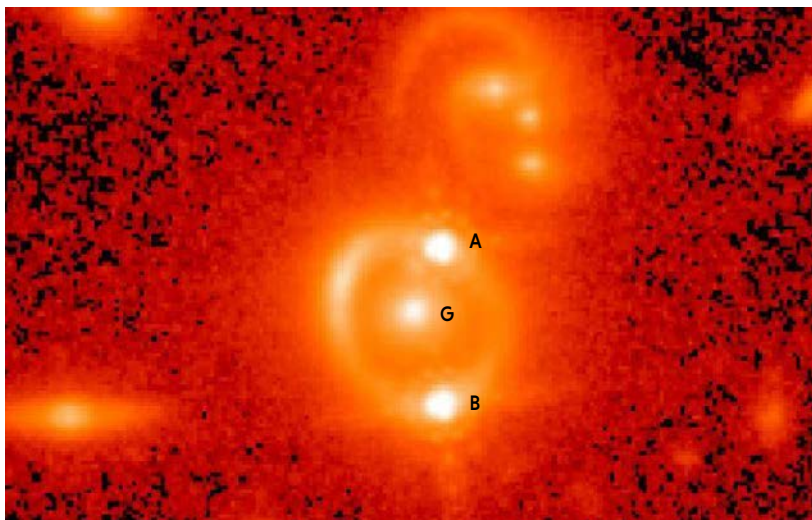
Deux méthodes sont en désaccord sur la valeur de cette grandeur qui décrit l'expansion de l'Univers. L'étude des quasars offre une technique indépendante pour la mesurer.

L'Univers est en expansion. Et depuis 1998, les astrophysiciens savent que cette expansion a commencé à s'accélérer il y a quelques milliards d'années. Pour mieux comprendre cette dynamique, les chercheurs tentent de déterminer la valeur précise du taux d'expansion actuel de l'Univers, que l'on nomme la « constante de Hubble ».

Grâce, en particulier, aux observations du télescope spatial *Planck*, l'analyse du fond diffus cosmologique (la lumière émise dans l'Univers alors âgé de 380 000 ans) conduit à une constante de Hubble de 67,4 kilomètres par seconde et par mégaparsec. Mais une méthode s'appuyant sur une mesure directe de la distance des supernovæ de type Ia (des explosions d'étoiles naines blanches) évalue cette constante à 73,5 kilomètres par seconde et par mégaparsec. Ces deux valeurs sont incompatibles, même en prenant en compte les incertitudes associées. Or la source de cette incompatibilité reste inconnue à ce jour.

Pour y voir plus clair, Simon Birrer, de l'université de Californie à Los Angeles, et ses collègues de la collaboration *HoLiCOW* ont étudié une méthode indépendante, reposant sur les quasars, pour estimer la constante de Hubble. Les quasars sont des galaxies dont le centre est occupé par un trou noir supermassif très actif. De grandes quantités de matière s'y précipitent tout en émettant un fort rayonnement électromagnétique. Les quasars sont les objets les plus brillants de l'Univers et peuvent être observés jusqu'aux confins de celui-ci, jusqu'à des régions où le cosmos n'était âgé que de 2 milliards d'années.

En 2017, la collaboration *HoLiCOW* a montré qu'il est possible d'estimer la constante de Hubble en observant des quasars dont on obtient quatre images différentes par un effet de lentille gravitationnelle. En effet, en accord avec la relativité générale, une galaxie (ou un amas de galaxies) déforme l'espace-temps dans son voisinage et dévie la lumière provenant d'un objet en arrière-plan, un quasar par exemple. Suivant la distribution de la masse de la galaxie (ou de l'amas), la lumière de ce quasar nous arrive par plusieurs chemins et forme autant d'images de cet objet. Et lorsque



Grâce à un effet de lentille gravitationnelle dû à une galaxie (notée G), les astrophysiciens observent deux images (les points A et B) du quasar SDSS 1206+4332, situé en arrière-plan.

la lumière du quasar fluctue, celle de ses images fluctue aussi, mais pas de façon synchrone, car les différents chemins que la lumière parcourt ne sont pas de même longueur. En mesurant le délai entre les fluctuations des différentes images et en modélisant le trajet de la lumière, il est possible de calculer la constante de Hubble.

Simon Birrer et ses collègues ont étudié SDSS 1206+4332, un quasar lentillé dont on ne voit que deux images, mais dont les mesures ont des incertitudes faibles. Les chercheurs ont montré qu'un tel système à deux images peut être aussi efficace que ceux à quatre images (qui ont l'inconvénient d'être beaucoup plus rares) pour mesurer la constante de Hubble. La valeur calculée par la collaboration *HoLiCOW* est de 72,5 kilomètres par seconde et par mégaparsec. « En termes statistiques, commente Vivien Bonvin, de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) et membre de l'équipe, notre résultat corrobore plutôt celui obtenu grâce aux supernovæ, mais il est trop tôt pour conclure. Un important travail sur les incertitudes des uns et des autres est encore nécessaire pour comprendre ces différences. » ■

S. B.

S. Birrer et al., *MNRAS*, en ligne, le 22 janvier 2019

L'EFFET DES VOLCANS NON TROPICAUX

Un préjugé veut que les volcans des zones tempérées ou polaires aient un moindre effet sur le climat. À partir des enregistrements contenus dans les glaces, Matthew Toohey, du centre Helmholtz pour la recherche océanique, à Kiel, en Allemagne, et des collègues viennent de montrer que, depuis l'année 750, les volcans extratropicaux ont produit, à injections égales de composés soufrés dans l'atmosphère, des refroidissements nettement plus grands que ceux causés par les volcans tropicaux.

20 MILLIONS D'ANNÉES DE HOP

Hop, hop, hop fait le kangourou. Depuis quand ? Autour de Wendy Den Boer, du Muséum d'histoire naturelle de Stockholm, des chercheurs ont analysé l'astragale et le quatrième doigt de pied d'un marsupial fossile de plus de 20 millions d'années. Le résultat suggère que l'animal pouvait déjà pratiquer la locomotion par sauts caractéristique des kangourous, que l'on pensait plus récente de 10 millions d'années.

CHINCHERO, SITE INCA OU AÉROPORT ?

La construction imminente d'un aéroport pour drainer les touristes en pays inca menace une série de sites... incas. Plus de 200 experts de cette civilisation apparue vers 1300 viennent d'appeler le président péruvien à déplacer l'emplacement de la structure, actuellement prévu à Chinchero, en plein milieu d'une région très riche en vestiges archéologiques. L'endroit comporte en particulier nombre d'établissements royaux extrêmement bien conservés et des terrasses de cultures d'époque inca, toujours utilisées.

UN DOPAGE ORGANIQUE

L'électronique moderne est avant tout constituée de silicium. Les dispositifs à base de composés organiques, comme les écrans à diodes électroluminescentes organiques (Oled) sont encore très peu utilisés, car les performances des semi-conducteurs organiques sont limitées par un dopage moins efficace. De fait, pour fonctionner, les semi-conducteurs sont « dopés » : l'adjonction de certaines espèces chimiques ajoute des électrons ou en enlève (ou ajoute des « trous ») pour rendre le matériau conducteur. En explorant de nouvelles stratégies de dopage, David Kiefer, de l'université technologique Chalmers, en Suède, et ses collègues ont mis au point un semi-conducteur organique où les molécules dopantes fournissent plus de charges électriques.

Les semi-conducteurs organiques sont des polymères, tels les plastiques, dont la structure est électriquement conductrice. Leur dopage est assuré par l'adjonction de molécules. Mais jusqu'à présent, le dopage n'y transférait généralement qu'une seule charge (électron ou trou) pour dix molécules dopantes environ, alors que dans les semi-conducteurs classiques, à base de matériaux inorganiques tels que le silicium, chaque atome dopant apporte une charge au système.



Hormis les écrans Oled, peu de dispositifs utilisent l'électronique organique du fait d'un rendement faible.

L'équipe de David Kiefer a choisi une molécule dopante, F6TTCNNQ, pour laquelle la capture, non pas d'un, mais de deux électrons est énergétiquement favorable. En l'utilisant pour doper un polymère, p(g42T-TT), où l'énergie nécessaire pour arracher un électron est faible, ils ont formé un semi-conducteur très performant pour lequel l'efficacité du dopage s'élève à 17 charges transférées pour 10 molécules dopantes. Les Oled, mais aussi les cellules photovoltaïques organiques, et les autres dispositifs électroniques organiques devraient bénéficier de ce résultat. ■

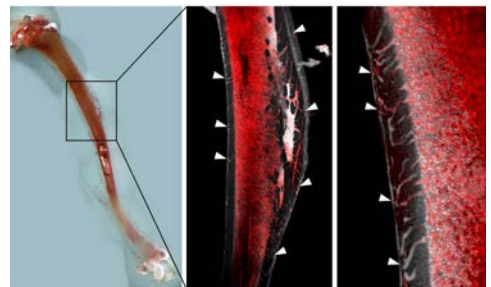
MARTIN TIANO

D. Kiefer et al., *Nature Materials*, vol. 18, pp. 149-155, 2019

MICROVAISSEAUX DANS L'OS

Les cellules du système immunitaire produites par la moelle osseuse parviennent très rapidement à la circulation sanguine. Or les modèles existants ne font état que d'un nombre limité d'entrées artérielles et de sorties veineuses dans les os. Grâce à des techniques de pointe d'imagerie, la microscopie à feuillet de lumière et la microscopie à rayons X, Anika Grüneboom et ses collègues, de l'université de Duisbourg et Essen, en Allemagne, ont mis au jour et caractérisé tout un réseau de centaines de microcapillaires sanguins dans la section perpendiculaire des os longs, chez la souris.

Les chercheurs ont montré que plus de 80% du flux artériel et près de 60% du flux veineux passent par ces microvaisseaux, et non par les vaisseaux principaux anciennement décrits.



En rendant l'os de souris transparent, les chercheurs ont mis en évidence un réseau de microvaisseaux sanguins.

Les chercheurs ont aussi étudié le rôle de ces microvaisseaux dans les pathologies articulaires de l'os telles que l'arthrite, une destruction chronique inflammatoire de l'os. Comme les microvaisseaux véhiculent directement des cellules inflammatoires sur l'os, de nouvelles stratégies thérapeutiques pourraient consister à bloquer cet arrivage. ■

NOËLLE GUILLON

A. Grüneboom et al., *Nature Metabolism*, en ligne le 21 janvier 2019