

qui rend l'ensemble si déroutant. C'est comme dans la chanson de la comédie musicale *Hamilton*, a-t-il poursuivi avant de réciter les paroles: "C'est dans cette pièce que tout se joue", en ce moment même. Wendy Freedman est alors apparue. «Hey, Wendy, l'a interpellée Dan. Je disais à l'instinct: n'a-t-on pas la sensation qu'il s'agit là de "la pièce où tout se joue"? En tant qu'enfant, n'aurais-tu pas voulu être dans cette pièce?»

UN PSYCHODRAME POUR PAS GRAND CHOSE

«N'est-ce pas là que nous voulons être aujourd'hui? a-t-elle répondu. Nous travaillons sur des données extraordinaires, qui nous apprennent comment l'Univers évolue.» Et Dan Scolnic de rajouter: «Et les nombres sont très proches; nous débattons de quelques points de pourcentage seulement. Quand on considère tout le psychodrame déclenché, c'est amusant qu'il ne soit question que de 3 kilomètres par seconde par mégaparsec.»

«Vous avez la bonne attitude», a acquiescé Wendy Freedman. Alors que l'heure du dîner approchait, tous les deux sont partis trouver un moyen de regagner le bâtiment, dont les portes étaient fermées à cette heure de la soirée.

Le troisième jour est venu avec deux nouvelles mesures de la constante de Hubble: une échelle de distance cosmique étalonnée à partir d'étoiles variables (dites de «type Mira») comme les céphéides, a donné une valeur de 73,6, et les fluctuations de luminosité de surface galactique 76,5, plus ou moins 4 pour les deux. Adam Riess a encore pris des photographies et, à la fin de la journée, un graphique reprenant toutes les mesures existantes avait été établi (voir l'encadré page 80).

Les deux prédictions faites à partir de l'Univers primordial couvraient la partie gauche du graphique, avec des barres d'erreurs serrées autour de 67,4. Et cinq mesures de l'Univers actuel occupaient la partie droite, gravitant autour de 73 et 74. Puis, au milieu, se trouvait la mesure de Wendy Freedman, égale à 69,8, un véritable bâton dans les roues des autres équipes, la douloureuse suggestion conciliatrice selon laquelle toutes les mesures pourraient, *in fine*, se rejoindre, nous laissant face aux mystères du modèle Λ CDM, sans rien de neuf à dire sur la nature. Cela étant, toutes les mesures de H_0 de l'Univers actuel, même celle de Wendy Freedman, sont supérieures à 67,4. Or, des mesures erronées auraient dû tomber tant en dessous qu'au-dessus de cette barre. La divergence est-elle réelle...

Dernier intervenant, Francis-Yan Cyr-Racine, a réalisé un sondage pour déterminer comment nommer cette contradiction. La plupart des participants ont voté pour les termes «tension» et «problème». Graeme Addison, expert en oscillations acoustiques des baryons,

a dit dans un courriel après la conférence: «Mon impression est que la divergence de Hubble est un véritable problème, et qu'il nous manque des éléments physiques importants, quelque part. Mais les solutions proposées jusqu'à maintenant ne sont pas très convaincantes.»

En revanche, pour Graeme Addison, la cohérence des résultats des équipes H0LiCOW et SH0ES est particulièrement convaincante. Et, bien que l'article de Wendy Freedman suggère que «les incertitudes associées aux céphéides de l'équipe SH0ES ont été sous-estimées», il pense que des questions se posent aussi sur la calibration des géantes rouges dans le Grand Nuage de Magellan. Wendy Freedman estime avoir amélioré la mesure de la poussière, mais Adam Riess et ses collègues le contestent.

Le lundi 5 août 2019, dans un article publié sur arxiv.org, Adam Riess et ses collaborateurs prétendent que la calibration de Wendy Freedman repose sur les données télescopiques à faible résolution. Selon eux, en remplaçant ces données par d'autres de meilleure résolution, la valeur estimée de H_0 augmenterait de 69,8 à 72,4, et serait alors compatible (dans la marge d'erreur) avec les mesures de H0LiCOW, de SH0ES et des autres équipes. «Il semble y avoir de sérieux défauts dans leurs interprétations de notre méthode de calibration», a répondu Wendy Freedman. Avec ses collègues, elle a refait son analyse en utilisant les données plus récentes et, précise-t-elle dans un courriel, «nous ne trouvons pas le résultat revendiqué par Adam Riess et ses coauteurs.»

DE NOUVELLES CHANDELLES

Si les quatre nouvelles mesures de H_0 à droite du graphique n'effacent pas la valeur de Wendy Freedman dans l'esprit de plusieurs astrophysiciens, c'est en partie à cause de son humeur égale en toutes circonstances. Et, surtout, «elle est particulièrement bien respectée, et a la réputation d'effectuer un travail méticuleux et approfondi», estime Daniel Holz, un astrophysicien de Chicago qui utilise les collisions d'étoiles à neutrons comme des «chandelles standard», une nouvelle technique prometteuse pour mesurer H_0 .

D'ici à deux ou trois ans, le télescope spatial *Gaia* devrait fournir de nouvelles données permettant de mieux calibrer les céphéides et les géantes rouges, géométriquement cette fois, en fonction de leur parallaxe, c'est-à-dire de la distance les séparant selon différents points d'observation dans le ciel. Le télescope spatial *James-Webb*, le successeur de *Hubble*, fournira également de nouvelles données plus fiables lorsqu'il sera lancé en 2021. Les cosmologistes connaîtront la valeur exacte de H_0 probablement au cours des dix prochaines années. Ils pourront alors résoudre la *tension*, le *problème* ou la *crise*. ■

BIBLIOGRAPHIE

G. CHEN ET AL., A SHARP view of H0LiCOW: H_0 from three time-delay gravitational lens systems with adaptive optics imaging, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 490(2), pp. 1743-1773, 2019.

W. FREEDMAN ET AL., The Carnegie-Chicago Hubble program. VIII. An independent determination of the Hubble constant based on the tip of the red giant branch, *The Astrophysical Journal*, vol. 882(1), 2019.

P. AGRAWAL ET AL., Rock'n' Roll Solutions to the Hubble tension, arxiv.org/abs/1904.01016

A. RIESS ET AL., Large Magellanic Cloud cepheid standards provide a 1% foundation for the determination of the Hubble constant and stronger evidence for physics beyond Λ CDM, *The Astrophysical Journal*, vol. 876(1), 2019.

Planck Collaboration, Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters, arxiv.org/abs/1807.06209

À la poursuite de l'énergie sombre

Pour expliquer l'accélération de l'expansion de l'Univers, les physiciens invoquent une énergie sombre répulsive. Les scientifiques espèrent en savoir plus en sondant les confins du cosmos.

