

- les observations actuelles vont probablement finir par converger au milieu, et que le modèle Λ CDM sera validé (il a plus tard précisé qu'il plaisait à moitié).

Dans la salle du séminaire, Barry Madore s'est assis près de moi et d'un autre journaliste et nous a demandé: «Alors, de quel côté va pencher la balance?» Vers le milieu, semblerait-il. «Vous connaissez cette chanson, "Stuck in the middle with you"?» a-t-il demandé. «On y entend "Des clowns à ma gauche, des plaisantins à ma droite. Et me voici, coincé au milieu avec vous."»

LA CONSTANTE IVRE

Juste avant le déjeuner, nouveau rebondissement. Mark Reid, du Centre Harvard-Smithsonian d'astrophysique a présenté ses récentes mesures de masers (des effets proches du laser dans les galaxies) à partir desquelles il a obtenu une valeur de H_0 égale à 74,8, plus ou moins 3,1. Adam Riess a photographié la présentation. Dan Scolnic s'est quant à lui exprimé lors d'un tweet: «C'en est trop pour cette semaine. Rentre chez toi, H_0 , tu es ivre.»

À la pause de midi, Adam Riess semblait dépassé par toutes ces nouvelles mesures. Pendant plusieurs années, son équipe et lui sortaient du lot en s'écartant de la valeur de la constante de Hubble fixée par l'équipe Planck. «À cette époque, il y avait une tension et une divergence, et nous avons essuyé des coups durs», a-t-il confié. Mais en deux semaines, son isolement n'était plus qu'un souvenir, puisque trois nouvelles valeurs venaient semer la zizanie. Selon lui «la tension grandit, car personne ne propose de valeur inférieure à celle de Planck. Pourquoi aucune équipe n'a trouvé une valeur de 62 ou de 65?».

Quant à cette fameuse valeur de 69,8 du CCHP, Adam Riess avait quelques questions concernant la méthode de Wendy Freedman pour calibrer le premier barreau de son échelle de distance avec le TRGB dans le Grand Nuage de Magellan. «Le Grand Nuage de Magellan n'est pas une galaxie, c'est un nuage poussiéreux et amorphe, explique-t-il. C'est là toute l'ironie. Ils ont choisi d'utiliser le TRGB pour échapper au problème de la poussière,» mais ils doivent bien les calibrer quelque part – «autrement dit, ils doivent choisir des géantes rouges dont on connaît la distance par quelque autre méthode. Et le seul endroit où ils ont fait ça, c'est dans le Grand Nuage de Magellan.»

Une heure plus tard, Wendy Freedman, l'air serein, a présenté son argumentaire. «Si nous plaçons tous nos œufs dans le panier des céphéides, nous ne découvrirons jamais les inconnues inconnues», a-t-elle commenté.

Elle a alors expliqué qu'elle et ses collègues ont utilisé les géantes rouges du Grand Nuage de Magellan comme étalon parce que la distance du nuage a été mesurée avec une précision extrême

par diverses méthodes. Par ailleurs, ils ont employé une nouvelle approche pour corriger l'effet de la poussière sur la luminosité, une approche qui a recours aux étoiles elles-mêmes, en exploitant leurs changements de luminosité en fonction de la couleur. Elle a ainsi remarqué que ses paires de géantes rouges et de supernovæ, sur le second barreau de son échelle de distance, faisaient montre de moins de variations que les paires de céphéides et de supernovæ d'Adam Riess, suggérant ainsi que sa mesure de la poussière était potentiellement plus précise.

**Des clowns
à ma gauche,
des plaisantins
à ma droite.
Et me voici
coincé au milieu**

Durant la discussion, Wendy Freedman a également souligné que de meilleures mesures étaient encore nécessaires pour écarter de potentielles erreurs systématiques. «Je pense que nous en sommes à ce stade que, a-t-elle précisé.»

De là, la discussion s'est changée en joute verbale entre Wendy Freedman et Adam Riess. «Wendy, pour répondre à votre question, a lancé Adam Riess alors qu'aucune question n'avait été posée, il y a eu cinq résultats indépendants présentés jusqu'à maintenant. Ce rêve d'enfin y parvenir... est justement en train de se produire.»

LA PIÈCE OÙ TOUT SE JOUE

Dan Scolnic, le collaborateur d'Adam Riess et membre de l'équipe SH0ES, m'a proposé de le rejoindre dehors. Nous nous sommes assis au Soleil. «Voilà une journée comme je n'en avais jamais connu», m'a-t-il confié.

Avec l'arrivée du TRGB de Wendy Freedman et des masers de Mark Reid, les résultats pour tant récents de HOLICOW lui paraissaient déjà anciens. «Cela fait trois nouvelles fracassantes en une seule semaine. Et je ne sais pas vraiment sur quel pied nous dansons, à présent.» Même si la divergence est réelle, «il n'existe pas de bonne version capable de tout expliquer, ni du côté théorique, ni du côté des observations. C'est ce

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'instant: 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