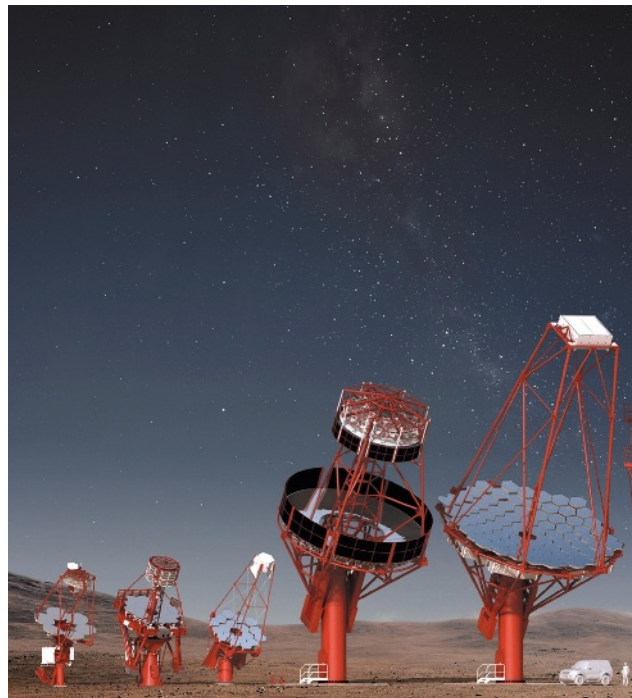


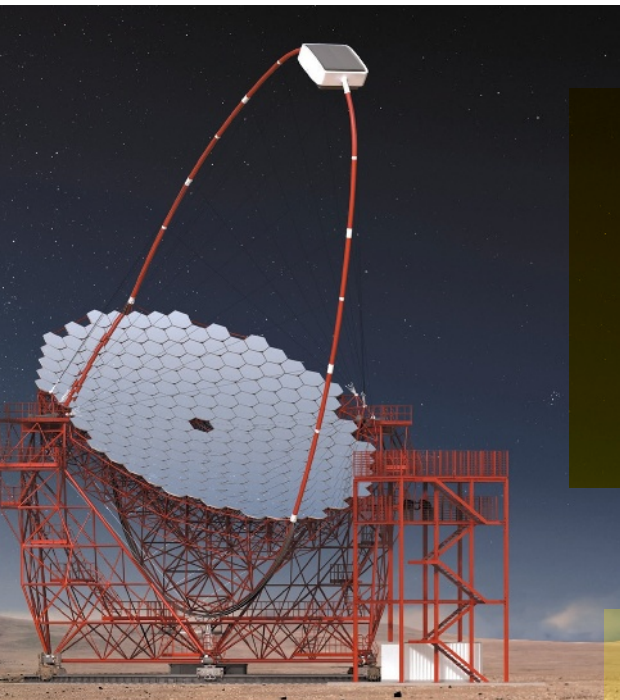
Et si l'Histoire bégayait ?

Dans les années 1840, les astronomes sont aux prises avec un défi : l'orbite de la planète Uranus, à l'époque planète la plus lointaine du Système solaire, montre certaines irrégularités en contradiction avec les lois de la mécanique céleste newtonienne. Ce qui conduit Urbain Jean Joseph Le Verrier, astronome à l'Observatoire de Paris, à postuler l'existence d'une « planète manquante » dont l'influence gravitationnelle expliquerait les anomalies de l'orbite d'Uranus. En effet, une telle planète, nommée Neptune, est découverte en 1846 par Johann Gottfried Galle, un astronome de Berlin, presque exactement au point indiqué par les calculs de Le Verrier. Un peu plus tard, c'est Mercure qui attire l'attention des astronomes : son mouvement montre également une anomalie, la précession du périhélie, non prédite par la gravité newtonienne. Le Verrier, sûr de son coup, l'interprète une nouvelle fois comme l'effet de la présence d'une autre planète, appelée Vulcain, très proche du Soleil. Malgré des décennies de recherches, et même de fausses découvertes, Vulcain n'a jamais été trouvée. En revanche, Einstein a démontré comment l'anomalie est due à une correction de la gravité newtonienne à proximité d'un corps extrêmement massif comme le Soleil et est parfaitement prédite par la théorie de la relativité générale. L'analogie avec la situation actuelle est évidente : les « anomalies » en astrophysique et en cosmologie sont-elles liées à la matière (noire), comme dans le cas de Neptune ? Ou bien sont-elles un signe d'échec des lois de la gravité, comme dans le cas de Mercure ?



particules SuSy et extradimensionnelles font partie de la classe des WIMPS (pour *weakly interacting massive particles*), très populaires car leur mécanisme de production dans l'Univers primordial est particulièrement convaincant. Chaque jour, ou presque, la littérature scientifique s'enrichit de nouvelles propositions : les technibaryons, les WIMPzillas, les GUTzillas, les Q-balls, les pépites de quarks... Ou de modèles tels que la matière noire minimale, mimétique, fluorescente, gonflable, cannibale... et ainsi de suite. Les qualificatifs en apparence facétieux ne doivent pas tromper : dans la plupart des cas, il y a derrière un travail scientifique rigoureux, nécessaire pour construire une théorie qui soit en accord avec les données et qui fournisse des prévisions vérifiables. L'un de ces candidats et l'un de ces modèles seront, espérons-le, celui vraiment choisi par la nature.

Même si l'hypothèse de nouvelles particules élémentaires est de loin la plus accréditée dans la communauté des physiciens, pour toutes les bonnes raisons déjà évoquées, il est important de ne négliger aucune autre piste, au moins jusqu'à ce qu'une solution convaincante soit trouvée. Une hypothèse radicale s'inspire de la remarque, extrêmement importante, que les manifestations



← Projet européen, l'observatoire CTA (*Cherenkov Telescope Array*) vise à déployer, au Chili (hémisphère sud) et aux îles Canaries (hémisphère nord), une centaine de télescopes sensibles aux rayons gamma produits par les particules de matière noire dans le halo de la Galaxie. Cette vue d'artiste traduit la diversité des équipements nécessaires : entre 8 mètres de haut pour 8 tonnes et 45 mètres pour 100 tonnes.

en 1964 comme conséquence d'une substance mystérieuse (le champ de Higgs) qui imprègne l'ensemble de l'Univers et confirmé en 2012. La particule de matière noire sera peut-être la prochaine grande découverte, attendue depuis quatre-vingts ans. L'histoire de la physique nous enseigne que, souvent, quand il s'agit de pénétrer les concepts les plus fondamentaux de la nature, il faut faire preuve d'audace dans les propositions et... de patience dans l'attente des réponses.

attribuées à la matière noire ont seulement à voir avec la gravité. La question surgit alors spontanément : au lieu de postuler l'existence d'une masse manquante, ne serait-ce pas la loi de la gravité qu'il faut changer ? Après tout, au XIX^e siècle, l'astronomie a déjà vécu un épisode comparable (voir l'encadré page ci-contre). La possibilité de repenser la gravitation a été considérée, depuis les années 1980, par une série de théories dites « MOND » (*modified newtonian dynamics*), qui réécrivent, sous différentes formes, les lois de Newton et d'Einstein dans les conditions propres des galaxies et des grandes structures. Pour le moment, aussi simples et suggestives soient-elles, MOND et ses consœurs n'ont pas encore réussi à expliquer toutes les manifestations attribuables à la matière noire à toutes les échelles. C'est pourquoi la communauté reste en grande majorité convaincue par l'idée de particules supplémentaires.

En vérité, physique des particules et cosmologie n'ont jamais été avares en hypothèses apparemment bizarres (quoique fondées sur des indices solides), mais qui se sont révélées exactes. Pensons aux neutrinos, inventés en 1930 par Wolfgang Pauli presque par désespoir et révélés en 1956. Pensons au cas du boson de Higgs, postulé

— L'auteur —

> **Marco Cirelli**
est physicien au Laboratoire de physique théorique et hautes énergies (LPTHE - CNRS & Sorbonne Université)

— À lire —

> **M. Cirelli et al.**, *Dark matter*, à paraître dans *arXiv*, 2022.

> **M. Cirelli et al.**, *Voyager 1 electrons and positrons further constrain primordial black holes as dark matter*, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 122, 2019.

> **S. Profumo**, *An Introduction to Particle Dark Matter*, World Scientific, 2017.

> **G. Bertone et al.**, *Particle Dark Matter: Observations, Models and Searches*, Cambridge University Press, 2010.

> **D. Hooper**, *Dark Cosmos: In Search of Our Universe's Missing Mass and Energy*, Smithsonian Books, 2009.