

# La matière noire est la plus grande énigme

A l'échelle de l'Univers, notre ignorance est immense. Nous ne comprenons l'origine que de 4,9 % de sa masse totale.

GAZETA **wyborcza**

DÉCODAGE

PIOTR CIESLINSKI

Dans nos laboratoires, nous avons scruté la matière à des échelles infiniment petites, mille fois inférieures au diamètre du noyau d'un atome d'hydrogène. Nous avons identifié les particules élémentaires qui nous composent, telles que les électrons et les quarks, tout en mesurant les forces qui interagissent entre elles.

La théorie qui décrit la structure de la matière – connue sous le nom de « modèle standard » – s'est achevée il y a dix ans avec la découverte du boson de Higgs. Depuis lors, aucune expérience menée sur Terre n'a mis en évidence l'existence d'autres particules.

Toutes nos observations concordent jusqu'à la dixième décimale. Certes, il arrive qu'un chercheur s'écrie « Euréka ! » en croyant déceler les signes d'une « nouvelle physique », mais ces indices restent sans confirmation. En général, des expériences plus précises révèlent qu'il s'agit simplement d'erreurs de mesure ou de fluctuations statistiques, des phénomènes inhérents à tout processus expérimental.

Il est donc étonnant de constater qu'à l'échelle de l'Univers, c'est tout l'inverse : notre ignorance est immense. Nous ne comprenons l'origine que de 4,9 % de sa masse totale.

## De quoi l'Univers est-il constitué ?

Les observations et les mesures du rayonnement micro-ondes nous ont permis de découvrir que ces 4,9 % se composent des éléments suivants :

- l'hydrogène, l'élément chimique le plus abondant de l'Univers et le principal constituant des étoiles. Il représente environ 74 % de la matière connue de l'Univers ;

- l'hélium, formé simultanément avec l'hydrogène (ainsi que des traces de deutérium et de lithium) dans les trois premières minutes ayant suivi le Big Bang. Sa présence est environ trois fois moindre que l'hydrogène, soit environ 24 % de la matière connue ;

- tous les autres éléments du tableau périodique, notamment, par ordre de prévalence : l'oxygène, le carbone, le néon, le fer, l'azote, le silicium, le magnésium et le soufre. Issus des résidus d'étoiles consumées, ces éléments représentent à peine 1,9 % du poids de la matière connue ;

- les neutrinos, les particules les plus

abondantes – après les photons lumineux – dans le Cosmos, sont des sous-produits des réactions nucléaires au sein des étoiles. Bien qu'il y ait en moyenne 300 millions de neutrinos par mètre cube, ils restent imperceptibles, car dépourvus de charge électrique et traversant la matière sans interagir. Très légers, leur contribution à la masse de l'Univers est donc infime, à peine 0,1 % de la masse totale de la matière connue.

Le reste de ce qui occupe l'espace, soit plus de 95 % de la masse de l'Univers, demeure un mystère.

Nous appelons ces mystères « énergie noire » et « matière noire » – des noms qui traduisent parfaitement notre ignorance à leur sujet. En effet, en tentant de les détecter et de les comprendre, nous errons dans une obscurité presque totale.

Il y a une douzaine d'années, Frank Wilczek, lauréat américain du prix Nobel de physique, déclarait lors de la sortie de son livre *Longing for the Harmonies : Themes and Variations in Modern Physics*, (littéralement, *Désir d'harmonies : thèmes et variations dans la physique moderne*) que si l'on devait établir un classement des plus grandes énigmes non résolues en physique, la matière noire occuperait la première place.

Il s'agit également de la plus grande énigme de l'astrophysique. Elle nous enveloppe de toutes parts et, selon toute vraisemblance, traverse la Terre et nos corps en permanence. Pourtant, nous sommes incapables de la percevoir. Elle est aussi transparente pour nous que nous le sommes pour elle. Sa composition demeure totalement inconnue, bien que les physiciens la traquent tant sur Terre que dans l'espace depuis des années.

Mais se pourrait-il qu'elle n'existe simplement pas ? Serait-elle semblable à l'éther du XIX<sup>e</sup> siècle, cette substance hypothétique censée remplir l'espace, mais qui s'est avérée n'être qu'une illusion ? Trouver une réponse à ces questions vaudrait sans doute un prix Nobel et déclencherait certainement une révolution majeure dans le monde de la physique.

## Qu'est-ce qui maintient la Chevelure de Bérénice ?

La première trace de cette mystérieuse matière remonte à 1933. Le scientifique suisse Fritz Zwicky, l'un des astrophysiciens les plus originaux du siècle dernier, a mesuré les vitesses de déplacement des galaxies au sein de l'amas de la Chevelure de Bérénice (également connu sous le nom d'« amas de Coma »). Il cherchait à comprendre ce qui permettait à ce regroupement de plus d'un millier de galaxies de rester soudé, alors que celles-ci

orbitent autour du centre de l'amas à des vitesses vertigineuses – en moyenne, 1.000 km par seconde.

Quiconque est déjà monté sur un manège dans un parc d'attractions sait que si un siège se détachait, il serait projeté au loin plutôt que de suivre le mouvement circulaire. Dans un amas de galaxies, cette force qui maintient la cohésion agit comme une « chaîne » : c'est la gravité. Or, les mesures de Zwicky ont indiqué que les galaxies de l'amas se déplaceraient si rapidement qu'elles auraient dû se libérer de l'emprise gravitationnelle depuis longtemps, et se disperser dans toutes les directions. Zwicky en a donc conclu qu'au-delà des étoiles visibles, l'amas devait contenir une masse supplémentaire exerçant une gravité. Comme les télescopes ne permettent

d'observer que ce qui émet de la lumière, il a baptisé cet élément hypothétique et invisible « matière noire ».

A l'époque, son hypothèse a été perçue comme une simple anomalie astronomique et peu de scientifiques l'ont prise au sérieux. Peut-être parce que, comme le souligne l'astrophysicien Neil de-Grasse Tyson, Zwicky avait une profonde compréhension du Cosmos à « un langage coloré et une capacité exceptionnelle à irriter ses collègues ».

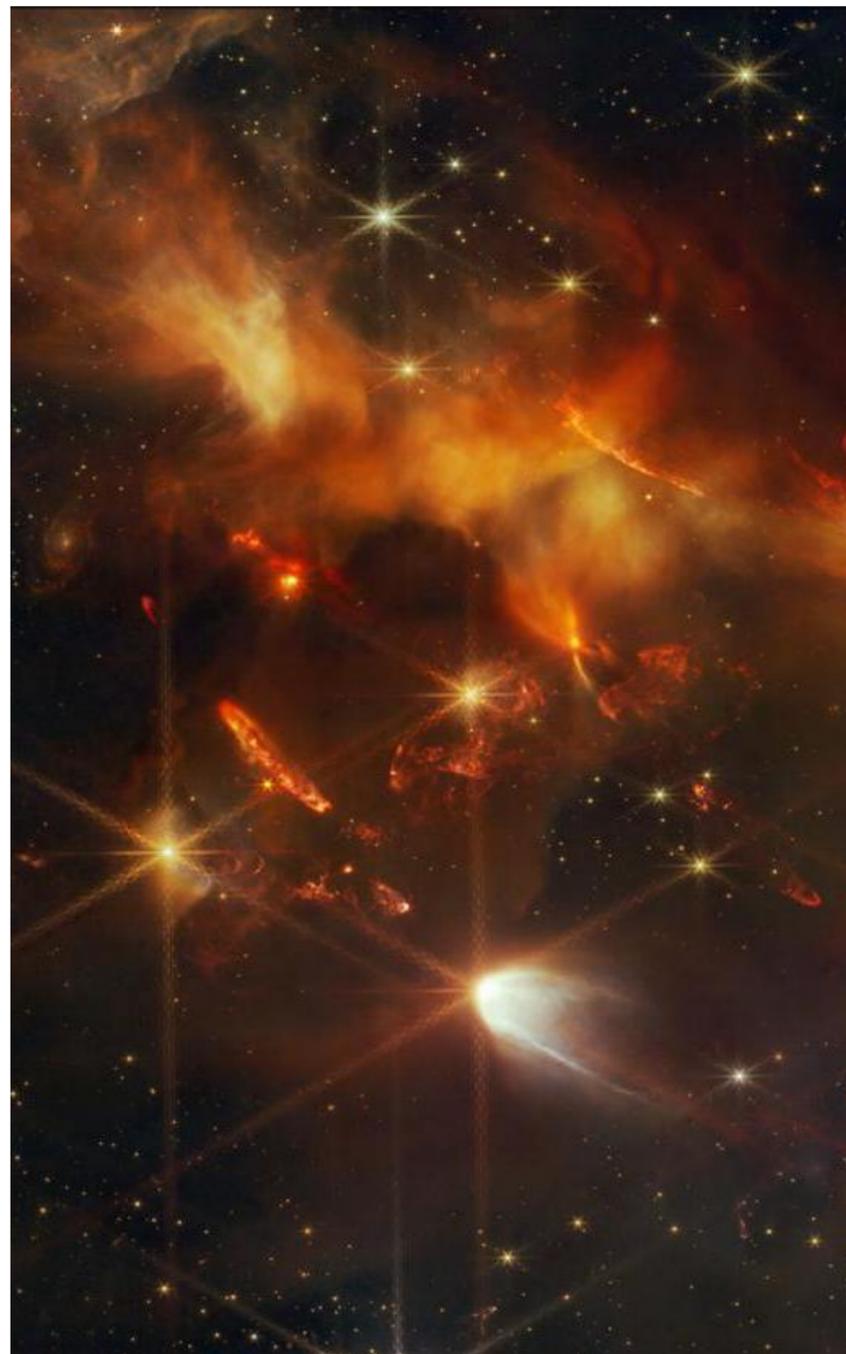
## Une structure bien plus vaste

Mais la mystérieuse matière a refait parler d'elle dans les années 70, lorsque Vera Rubin, de la Carnegie Institution de Washington, a publié ses observations sur le mouvement des étoiles dans les galaxies. Née à Philadelphie dans une famille d'immigrants juifs – son père venait de Vilnius et sa mère, de Moldavie –, Vera Rubin a construit son premier télescope à l'âge de 14 ans, avec l'aide de son père, ingénieur électricien.

Elle a ensuite décidé d'étudier l'astrophysique, bien que le bureau des admissions du Swarthmore College, dans l'Etat de Pennsylvanie, lui ait suggéré une orientation plus « féminine », comme la peinture de tableaux sur le thème de l'astronomie. Elle a finalement choisi d'intégrer le Vassar College, où elle est devenue en 1948 la seule femme diplômée de sa promotion. Elle souhaita ensuite rédiger son mémoire de maîtrise à l'université de Princeton, mais à l'époque, l'établissement n'acceptait pas encore les femmes en astronomie (cela n'a changé qu'en 1971). Elle s'est donc tournée vers l'université de Cornell pour poursuivre ses études.

Rubin a mesuré la vitesse des étoiles situées aux confins de la grande nébuleuse d'Andromède, une galaxie légèrement plus grande que la Voie lactée. Elle s'attendait à ce que les étoiles de la péri-

phérie, plus éloignées du noyau massif de la galaxie, se déplacent plus lentement que celles qui orbitent à proximité du centre, à l'image de notre système solaire : la majorité de la masse étant concentrée dans le Soleil, les planètes les plus éloignées, comme Neptune, tournent bien plus lentement que les planètes proches, comme Mercure.



La Nébuleuse du Serpent capturée par le télescope James Webb. © NASA/ESA.

**Supernova 1987a dans le Grand Nuage de Magellan. Découverte le 23 février 1987, elle a explosé avec la puissance de 100 millions de soleils et a fourni aux astronomes la meilleure opportunité à ce jour d'étudier les phases avant, pendant et après la mort d'une étoile.** © NASA/ESA.

Mais, à sa grande surprise, Rubin a découvert que les étoiles situées près du centre et celles en périphérie tournaient presque à la même vitesse. Elle a ensuite mesuré les rotations stellaires de plus de 200 autres galaxies, et partout, elle a observé le même phénomène.

Les résultats ont indiqué que la masse des galaxies n'est pas uniquement concentrée dans leur centre, dense en étoiles. Il est apparu que les galaxies étaient immergées dans une structure bien plus vaste, dont la masse dépassait largement celle de la somme des étoiles visibles au travers des télescopes.

**L'Univers dans une boîte de lessive**  
Les observations similaires se sont multipliées et, vers 1980, la plupart des astrophysiciens ont admis l'existence de la matière noire. Sa masse est estimée comme étant plusieurs fois supérieure à celle de tout ce qui émet ou absorbe la lumière, comme les étoiles ou les nuages moléculaires.

Pendant un temps, les scientifiques ont envisagé que cette matière noire puisse simplement être constituée de matière ordinaire, mais insuffisamment lumineuse pour être détectée : des étoiles éteintes et leurs systèmes planétaires, des étoiles à neutrons, des trous noirs, ou encore des naines brunes – des étoiles « avortées », n'ayant jamais atteint la masse critique pour s'enflammer et qui s'accumulent en périphérie des galaxies. Ces objets ont été regroupés sous l'acronyme Macho (Massive Astrophysical Compact Halo Objects), soit, en français, « objets célestes massifs et com-

