

Les filaments et grumeaux galactiques de matière noire

La détection directe de matière noire n'est possible que si la Terre traverse une région de la Galaxie contenant une densité suffisante de matière noire. Cependant, les physiciens ne connaissent pas la répartition de la matière noire galactique, et utilisent donc des modèles théoriques.

La distribution de la matière noire serait sphérique – ce qu'on nomme le halo de matière noire – avec une concentration plus importante au centre de la galaxie et plus faible en périphérie.

Les modèles donnent tous, pour la position du Système solaire, une densité moyenne de quelques particules de matière noire (d'une masse de 100 gigaelectronvolts) par litre. Mais même si la densité moyenne de matière noire était bien connue

en fonction de la distance au centre galactique, cela ne donnerait aucune information sur la densité locale. En effet, le halo ne serait pas homogène : les simulations montrent que la matière noire forme des structures en filaments et des grumeaux (voir la simulation *Aquarius* ci-contre, où les points lumineux sont des grumeaux de matière noire). La Terre pourrait être située dans un de ces filaments, ou au contraire se trouver dans une région pauvre en matière noire.

Un autre paramètre entre en compte dans l'estimation du nombre de particules de matière noire que l'on pourrait détecter : la distribution des vitesses de ces particules dans la Galaxie. Elle pourrait différer sensiblement de celle, très simple, que considèrent en général les théoriciens, faute de

mieux. Les scientifiques n'ont à ce jour aucun moyen de connaître la vitesse et la direction des particules. Cette incertitude pèse à la fois sur l'estimation des capacités de détection directe et sur les conclusions que l'on peut tirer de l'absence de détection par une expérience.



Volker Springel/Censurium Virgo

probabilité d'interagir avec d'autres particules). Si l'abondance de particules WIMP doit être égale à la densité de matière noire moyenne dans l'Univers, il en résulte des contraintes supplémentaires sur la masse et la section efficace de ces particules.

Comment mesurer avec précision leurs caractéristiques ? Les expériences de détection directe sont une voie dont l'idée a émergé dans les années 1980, une décennie après les travaux des astrophysiciens sur la dynamique des galaxies. Ces travaux avaient montré que le mouvement des étoiles dans les galaxies ne pouvait être compris que si les galaxies sont entourées d'un nuage, ou halo, sphérique de matière noire (voir l'encadré ci-dessus).

Détecter le recul de noyaux atomiques

Dans ce cas, des particules de matière noire sont présentes dans le voisinage de la Terre et traversent notre planète à chaque instant sans interagir, ou de façon exceptionnelle. En 1985, Mark Goodman et Edward Witten, de l'Université Princeton aux États-Unis, ont proposé de concevoir des dispositifs capables de détecter ces particules. Dès l'année suivante, plusieurs équipes ont réalisé qu'elles pouvaient reprendre assez directement et à peu de frais des techniques qui avaient

été développées pour la recherche d'un processus nucléaire rare (la désintégration double bêta sans émission de neutrinos).

Le principe consiste à observer la trace laissée par un WIMP lors de son passage dans un détecteur. Lorsqu'un WIMP atteint un bloc de matière (la cible), la probabilité qu'il interagisse avec un atome du milieu est extrêmement faible et, la plupart du temps, le WIMP traverse le milieu sans le perturber. Mais, parfois, un WIMP percute un noyau (typiquement une interaction tous les dix jours dans un kilogramme de germanium). Il lui communique un mouvement de recul, comme au billard. Ce recul peut déclencher trois processus différents que les instruments pourraient détecter : l'ionisation, l'élévation de température ou la scintillation (voir la figure 2).

Dans le processus d'ionisation, des électrons sont arrachés à l'atome dont le noyau a été percuté par le WIMP. Un champ électrique appliqué au matériau les conduit vers des électrodes. On mesure alors la charge totale recueillie par le détecteur.

Dans le cas d'une élévation de température, le WIMP cède son énergie par collision à un atome, qui lui-même le transmet à d'autres atomes du milieu *via* son mouvement de recul. Cette agitation des atomes se traduit par une vibration qui prend la forme d'ondes acoustiques (phonons).

■ À ÉCOUTER

Le jeudi 4 septembre 2014, de 14h à 15h, Richard Taillet reviendra sur la recherche de la matière noire dans la partie Actualités de l'émission **La marche des sciences** sur France Culture. www.franceculture.com

■ BIBLIOGRAPHIE

L. E. Strigari, **Galactic searches for dark matter**, *Physics Reports*, vol. 531(1), pp. 1-88, 2013.

R. Sanders, **À la recherche de la matière noire**, De Boeck, 2012.

M. Trodden *et al.*, **Matière noire, un Univers caché**, *Dossier Pour la Science*, n° 71, avril-juin 2011.

T. J. Sumner, **Experimental searches for dark matter**, *Living Reviews in Relativity*, vol. 5, n° 4, 2002.

S. van den Bergh, **A short history of the missing mass and dark energy paradigms**, *Historical Development of Modern Cosmology*, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, vol. 252, 2001.