

➤ mécanisme de formation, plus exotique, ne fait donc intervenir aucune étoile.

Bien que ces hypothétiques trous noirs primordiaux n'aient jamais été observés, certains modèles théoriques suggèrent qu'ils se seraient formés en grand nombre dans le plasma dense et brûlant qui remplissait le cosmos moins d'une seconde après le Big Bang.

Les deux trous noirs massifs à l'origine des ondes gravitationnelles détectées par *Ligo* seraient-ils de tels trous noirs primordiaux ? Les futures observations de *Ligo* et d'autres observatoires, tel *Virgo*, en Italie, mettront bientôt cette idée à l'épreuve. Notre compréhension de l'Univers pourrait alors connaître une révolution. Au-delà de la détection des ondes gravitationnelles, ce serait quelque chose d'encore plus extraordinaire !

LA MARCHÉ DES MACHOS

De prime abord, les trous noirs sont de bons candidats à la matière noire puisqu'ils n'émettent pas de lumière. De fait, ils appartiennent à une classe de candidats proposés dans les années 1980 et nommés « machos » (acronyme de *massive compact halo objects*). En plus des trous noirs, les machos incluent aussi les planètes et les naines brunes (étoiles trop peu massives pour déclencher les réactions de fusion de l'hydrogène). Présents à la fois dans les halos sphériques entourant les galaxies et à proximité du centre lumineux de chaque galaxie, les machos produiraient le surplus d'attraction gravitationnelle requis pour expliquer le mouvement du gaz et des étoiles.

Quelle que soit sa nature, machos ou autres, la matière noire se manifeste à différentes échelles dans l'Univers. Elle influe sur la dynamique des galaxies et des amas de galaxies, mais elle a aussi contribué à la naissance de ces structures. Elle a déterminé où et à quelle vitesse grandissent les galaxies ainsi que les amas et superamas de galaxies. Ces objets se sont en effet formés à partir de l'accumulation de gaz vers le centre de grands nuages de matière noire. Les cosmologistes ont cartographié avec précision la distribution spatiale de ces grumeaux de matière au moyen des relevés de galaxies. Et ils ont relié l'émergence de ces structures aux minuscules variations de température du fond diffus cosmologique, la lueur résiduelle du Big Bang qui imprègne tout l'Univers et dont les caractéristiques ont été mesurées avec précision.

Par ailleurs, la matière noire se manifeste aussi par des effets dérivés de la relativité générale. La masse diffuse de la matière noire des galaxies et des amas galactiques contribue à courber l'espace et à dévier la lumière des objets lointains, un phénomène de lentille gravitationnelle que les astronomes observent partout dans le ciel.

Si la plupart des physiciens sont convaincus que la matière noire existe bel et bien, l'hypothèse des machos est tombée en disgrâce il y a près d'une décennie, leur recherche expérimentale indirecte ayant fait chou blanc. En particulier, les astronomes les ont recherchés par le biais des effets de microlentille, une variante des lentilles gravitationnelles où un trou noir, une naine brune ou même une simple planète passe devant une étoile lointaine et amplifie momentanément la lumière de cet astre distant.

Aucun des programmes d'observation par microlentilles portant sur des millions d'étoiles des Grand et Petit Nuages de Magellan, les principales galaxies satellites de la Voie lactée, n'ont pu prouver que les machos constituaient une grande portion du halo galactique. Plus précisément, les physiciens ont exclu les machos de masses inférieures à 10 masses solaires comme constituants principaux de la matière noire. Et tandis que ces relevés étaient effectués, les scientifiques ont développé des arguments en faveur d'une autre hypothèse, les « wimps » (*weakly interacting massive particles* ou « particules massives interagissant faiblement »).

**De prime abord,
les trous noirs
sont de bons
candidats à la
matière noire**

Ces particules sont prédites de façon naturelle dans des extensions du modèle standard de la physique des particules, mais elles restent au moins aussi insaisissables que les machos. À ce jour, aucune détection n'a été confirmée, en dépit de décennies de recherche au moyen d'accélérateurs de particules, de détecteurs souterrains et de télescopes spatiaux. Les résultats négatifs s'accumulant pour les wimps, des chercheurs ont commencé à reconsidérer l'hypothèse des machos, en se concentrant en particulier sur les trous noirs primordiaux. Mais si ces objets peuplent en grand nombre l'Univers, il fallait expliquer comment ils ont pu échapper si longtemps à la détection.

Dès les années 1970, les physiciens Stephen Hawking, Bernard Carr et George Chapline ont ➤