

## La matière noire

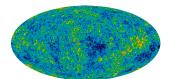
La matière invisible



Amas de galaxies\*



Lentille gravitationnelle: les galaxies paraissent longues et déformées\*



Fonds diffus cosmologique



Collision des amas de galaxies Bullet \*

Notre univers contient tout ce que nous savons et tout ce que nous essayons encore de cerner. Pendant des années, les physiciens du monde entier, étudiant l'Univers pour mieux comprendre sa nature et son avenir, ont constaté que nous comprenons seulement environ 4 % de la matière et de l'énergie (y compris les étoiles, les planètes et le gaz chaud). Le reste, 96 %, nous est invisible et 23 % de cette matière invisible se constitue de ce qu'on appelle la matière noire.

Si la matière noire est invisible, comment savons-nous qu'elle existe?

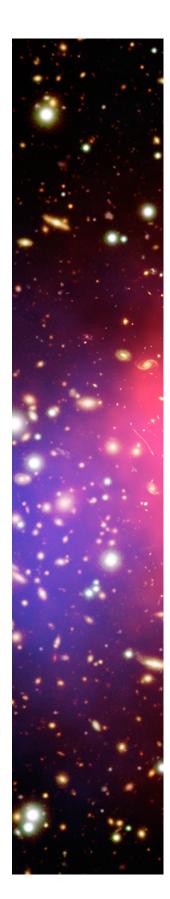
Pour répondre à cette question, il faut revenir aux années 1930, au physicien Fritz Zwicky (Ph.D) qui a inventé le terme matière noire alors qu'il étudiait les amas de galaxies, c'est-à-dire une association des milliers de galaxies (à l'instar de notre Voie lactée, par exemple) tenues ensemble par la gravitation. Lorsque le physicien a calculé la masse totale visible des galaxies dans l'amas de Coma, il a trouvé qu'elle n'était pas suffisante pour créer la gravité nécessaire au maintien de l'ensemble de l'amas (la masse provoque la gravité). Il a conclu qu'il doit y avoir une matière invisible source de la gravité supplémentaire : la matière noire.

Passons rapidement aux années 1970, à Vera Rubin (Ph.D), alors qu'elle étudiait les courbes de rotation des galaxies. Selon les lois de Newton, quand des objets tournent autour du même centre, les objets les plus éloignés du centre se déplacent plus lentement que ceux qui sont près de celui-ci, sinon les objets les plus éloignés s'envoleraient. Mme Rubin a constaté que les étoiles dans les galaxies n'obéissent pas à cette loi affirmant en fait que les étoiles à la bordure extérieure des galaxies se déplacent à peu près à la même vitesse que les étoiles près du centre. Elle a conclu que la gravité supplémentaire nécessaire au maintien des étoiles, qui les empêche de s'envoler, s'explique par la présence d'une matière : la matière noire.

La preuve de l'existence de la matière noire a également été relevée par l'étude des lentilles gravitationnelles. Lorsque la lumière traverse notre univers, elle est tirée et pliée par la gravité chaque fois qu'elle traverse une zone de masse suffisante. Les physiciens examinant la lumière à partir des galaxies éloignées ont constaté qu'elle se courbe beaucoup plus qu'on s'y attendrait lorsqu'elle traverse les amas de galaxies en direction de la Terre. Cela signifie que la gravité est bien plus qu'on s'y attendrait et qu'elle tient à une matière invisible : la matière noire.

Le fond diffus cosmologique (CMB) ou le fond cosmique de micro-ondes constitue une preuve supplémentaire. Nous savons que l'Univers primitif était très chaud, qu'il contenait une étendue lisse de particules ionisées et que, à cette époque, la lumière n'était pas encore visible. Alors que l'Univers s'est mis à refroidir, les particules sont devenues neutres et la lumière pouvait alors les traverser librement. Puisque cette lumière traverse l'Univers depuis, nous pouvons maintenant la mesurer de la Terre à l'aide de radiotélescopes et les mesures ont confirmé que l'Univers primitif était lisse et plat, mais que l'Univers est maintenant très granulaire avec de la poussière et des roches, des planètes et des étoiles. En clair, il devait y avoir dans l'Univers primitif quelque chose pour créer la gravité nécessaire à la mise en branle du processus d'agglutination des matières : la matière noire.

<sup>\*</sup> Images courtoisie de apod.nasa.gov



Encore récemment, en 2006, les études de la collision des amas de galaxies Bullet (deux groupes de galaxies en collision) ont démontré l'existence de la matière noire. Les physiciens étudient l'emplacement de la masse d'une galaxie, après une collision, de deux manières : 1) les observations d'émission des rayons X et 2) les lentilles gravitationnelles. Lorsque les amas de galaxies entrent en collision, leurs particules de gaz deviennent plus chaudes du fait de l'énergie de la collision. Les observations d'émission des rayons X montrent là où se situent ces particules plus chaudes. Les lentilles gravitationnelles, comme il a été précédemment expliqué, montrent également la distribution de la masse par l'étude des effets gravitationnels. Les résultats d'observations de rayons X et des lentilles gravitationnelles doivent correspondre. Toutefois, les physiciens ont trouvé qu'une quantité supplémentaire de matière est nécessaire pour les faire correspondre : la matière noire.

En bien, nous savons donc que la matière noire existe, mais c'est quoi la matière noire?

Personne ne sait exactement ce qu'est la matière noire, mais les physiciens d'aujourd'hui essaient de la détecter directement pour mieux la comprendre. Une mauviette (particule massive interagissant faiblement), une particule prédite par la théorie dite supersymétrie, est un candidat vedette à la désignation de particule de matière noire. Malheureusement, nous ne savons pas à quel point les mauviettes sont massives et susceptibles d'interagir avec la matière normale. Pour accroître nos chances de détecter des particules de matière noire, nous devons nous éloigner des rayons cosmiques (c.-à-d. du bruit) à la surface de la Terre. À 2 km sous terre à SNOLAB, le bruit des rayons cosmiques est tellement réduit de telle sorte que les expériences offrent plus de chances de détecter une particule de matière noire faiblement interactive.

Les expériences suivantes sur la matière noire sont en cours à SNOLAB :

- **PICO** consiste en deux expériences en chambres à bulles, l'une remplie de 37 kg de CF<sub>3</sub>l; l'autre remplie de 3 kg de C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>, l'objectif étant de détecter une mauviette (particule massive faiblement interactive ou WIMP en anglais) en interaction avec ces liquides.
- **DEAP-3600** utilise 3 600 kg d'argon liquide. Il est environ 20 fois plus sensible que les précédentes recherches de matière noire visant les mauviettes plus lourdes.
- **MiniCLEAN** à utilisé 500 kg d'argon liquide et 92 photodétecteurs sensibles pour chercher des éclairs de lumière produits lorsque les WIMP interagissent avec l'argon.
- DAMIC (Dark Matter In CCDs) utilise des versions de pointe des dispositifs à couplage de charge, les capteurs CCD trouvés dans les appareils photo numériques. Ils sont épais et ont un faible niveau de bruit intrinsèque, ce qui en fait le dispositif d'exposition idéal de longue durée nécessaire à la recherche de mauviettes.
- **SuperCDMS** (Super Cryogenic Dark Matter Search) utilise des détecteurs cryogéniques au germanium (cryogénique signifie à très faible température, aussi basse que 10 mK) pour chercher des mauviettes.
- NEWS-G (New Experiment with Spheres Gas)