



L'énigme de la masse cachée

Roger Ferlet, I.A.P.

ARTICLE DE FOND

Le passionnant problème de la recherche de la matière noire nous est proposé sous la forme d'un feuilleton en deux épisodes par des astrophysiciens de l'I.A.P..

Roger Ferlet nous invite ici à la recherche de la matière noire baryonique, tandis que Claudine Golbach et Gérard Nollez traiteront de la matière noire non baryonique dans le prochain numéro.

1933.

Sans le savoir, l'astronome suisse Fred Zwicky écrit la première ligne de ce qui ressemble par bien des points à une enquête juridico-scientifique.

Cette sombre histoire commence dans le grand amas de galaxies Coma. En y mesurant la vitesse des galaxies, Zwicky conclut qu'elles ne représentent qu'une fraction 1/10 de la masse totale de l'amas. où sont cachés les 9/10 restants ? Une plainte contre X est déposée qui, faute de preuves, n'aboutit pas.

Cinquante ans plus tard.

L'instruction reprend. De nouveaux plaignants sont apparus, certains soutenus par de nouvelles observations, d'autres par les progrès de la cosmologie ou de la physique des particules. Il devient nécessaire de changer notre vision du monde et de faire preuve d'humilité : l'Univers "visible", c'est-à-dire directement accessible par la lumière qu'il émet à différentes longueurs d'onde, ne suffit pas à expliquer les effets dynamiques que nous observons. Il faut lui adjoindre un compagnon Univers obscur. Toutes les échelles astronomiques sont touchées et le mal semble irréparable.

Les charges sont accablantes :

- les études dynamiques des grands amas de galaxies révèlent toutes une masse au moins dix fois supérieure à celle des composants visibles des amas. La découverte des "mirages" gravitationnels a fourni un outil puissant pour l'étude de cette masse noire.

- Les mesures des vitesses de rotation dans les galaxies spirales ne peuvent se comprendre qu'en postulant l'existence d'un gigantesque halo de masse invisible autour de ces galaxies, y compris pour notre propre galaxie, la Voie lactée.

- Le modèle standard du Big Bang et de la nucléosynthèse primordiale des éléments légers prédit que la densité de l'Univers sous forme de protons et de neutrons (matière baryonique) devrait être au moins quatre fois plus grande que celle de la matière visible.

1990

La conclusion ne fait guère de doute : la plus grande partie de l'Univers, peut-être 90%, semble constituée d'une matière sombre dont la nature nous est totalement inconnue, et même dont une partie doit être sous forme autre que des atomes ordinaires !

L'accusé n'a toujours pas comparu, mais la liste des suspects s'allonge au gré de l'imagination des théoriciens. Le dossier "matière noire" est un fourre-tout assez pratique où règne une certaine confusion. ; l'essentiel des candidats est constitué de particules hypothétiques encore jamais détectées au laboratoire (cf. CC n° 88). La parole est aux expérimentateurs pour fournir des contraintes observationnelles.

Si le Halo invisible de la Voie lactée est fait d'atomes ordinaires, de tous les suspects possibles, les plus probables sont les naines brunes, des objets compacts trop peu massifs (masse inférieure à 0,07 fois la masse du Soleil) pour avoir allumé des réactions thermonucléaires en leur sein et être ainsi devenus des étoiles visibles. Mais comment confondre de tels objets ?

1986

L'astronome polonais Bohdan Paczynski a repris une idée déjà proposée avec scepticisme par Einstein en 1936 : l'effet de microlentille gravitationnelle. Un objet massif "courbe" le trajet de la lumière venant d'une étoile située loin en arrière-plan lorsque l'objet, l'étoile et l'observateur sont alignés. Le résultat net pour l'observateur est de voir une amplification de la lumière de l'étoile. Mais dans le cas de notre Halo, la probabilité d'apparition de cet effet est si petite qu'il faut surveiller non pas une mais des millions d'étoiles, pendant des mois et des années toutes les nuits ou presque !

Et voilà pourquoi les enquêteurs-astronomes n'osaient pas se lancer dans cette course à la matière cachée, jusqu'à ce qu'ils fassent équipe avec des physiciens des particules, autres inquisiteurs de la matière, plus habitués à surveiller des quantités énormes d'événements dans leurs accélérateurs.

1990

Une collaboration interdisciplinaire franco-française s'est mise en place autour de moyens d'observation situés à l'Observatoire Européen Austral, situé dans le désert de la Cordillère des Andes chilienne, à 2400 m d'altitude.

En effet, les étoiles d'arrière-plan les moins difficiles à observer se situent dans les Nuages de Magellan, petites galaxies les plus proches de la Voie lactée, seulement visibles dans l'hémisphère sud. Cette collaboration, s'est appelée EROS - Expérience de Recherche d'Objets Sombres - pour se distinguer d'un projet concurrent australo-américain MACHO - Massive Astronomical Compact Halo Objects. Elle ne disposait à cette époque que de "petits" télescopes, dont un de 40 cm de diamètre ; elle allait prouver qu'on pouvait tenter de résoudre une des grandes énigmes de l'astrophysique moderne avec un VLT (Very Little Telescope) pourvu qu'il soit équipé d'un détecteur adéquate, en l'occurrence une mosaïque de CCD, réalisée pour la première fois en astronomie, par le CEA à Saclay.

Septembre 1993

L'excitation est à son comble. Deux événements compatibles avec un effet de microlentille sont détectés. Va-t-on publier immédiatement ou bien attend-on encore une nouvelle vérification face à la complexité des logiciels d'analyse ? Mais les concurrents aussi ont détecté un événement. Alors finalement, les deux annonces paraîtront dans le même numéro de la revue Nature.

1996

EROS entre dans une seconde phase, avec un télescope de 1 m de diamètre pour résister à la pression de la concurrence. Tout en continuant à observer le Petit et le Grand nuage de Magellan, il devenait également possible de pointer vers le Centre de la Voie lactée. Par ailleurs, plusieurs autres projets similaires de surveillance démarraient de par le monde.

1999

A ce jour, seulement quelques "événements microlentilles" ont été enregistrés vers les Nuages, bien moins que le nombre attendu si toute la masse cachée du Halo était constituée de naines brunes. On en est bien sûr maintenant, celles-ci ne peuvent pas représenter plus de 20% de cette masse cachée.

Les observations n'en continuent pas moins car il existe encore une petite possibilité que cette masse soit en partie sous forme d'étoiles de très petites masses. Cependant le caractère "exotique" de la matière noire se renforce.

Par contre, vers le centre de la Galaxie ce sont plusieurs dizaines d'événements qui ont été détectés, bien plus que le nombre calculé avec les populations stellaires connues. Il semble que les étoiles du bulbe galactique soient concentrées dans une sorte de barre comme il en existe dans d'autres galaxies, dont le grand axe serait dirigé vers le Soleil.

Les gigantesques et uniques bases de données ainsi constituées renferment une mine d'autres découvertes potentielles dont les plus évidentes concernent les étoiles variables.

Parmi celles-ci, les Céphéides dont la relation période-luminosité joue un rôle de pierre angulaire dans la mesure des distances cosmiques.

De plus les projets en cours sont maintenant capables d'alerter la communauté astronomique avant même que l'amplification de la lumière soit à son maximum. Des télescopes dédiés répartis autour du monde peuvent alors prendre le relais pour échantillonner la courbe de lumière de façon bien plus précise. Il en résulte des potentialités extraordinaires comme par exemple la possibilité de détecter des planètes extrasolaires. En effet, si les étoiles responsables des "événements microlentilles" vers le Centre galactique possèdent des planètes, dans certaines configurations géométriques celles-ci peuvent aussi amplifier gravitationnellement la lumière de l'étoile surveillée et ainsi signer leur présence même dans le cas d'un objet de la masse de la Terre. Il n'y a pas eu encore de détection.

EROS et les autres projets ont inauguré une nouvelle façon de faire de l'astrophysique à travers de grandes bases de données.