

Les amas de galaxies

PATRICK HENRY • ULRICH BRIEL • HANS BÖHRINGER

Les gigantesques amas de galaxies et de gaz sont les structures liées par la gravitation les plus massives de l'Univers. Ils se sont assemblés lentement, pendant des milliards d'années. Cette concentration touche peut-être à sa fin.

Dans la nuit du 15 avril 1779, de son observatoire parisien, Charles Messier observait la comète de 1779 qui, au cours de ses pérégrinations dans le Système solaire, passait devant les constellations de la Vierge et de la Chevelure de Bérénice. Messier était un si grand spécialiste des comètes que Louis XV l'avait surnommé «le furet des comètes» ; cette nuit-là, il marqua l'histoire de l'astronomie, parce qu'il aperçut trois taches diffuses aux allures de comètes et qui, pourtant, n'avaient pas bougé par rapport aux nuits précédentes. Pour être sûr de ne pas les confondre avec les comètes lors d'une traque ultérieure, il les ajouta à sa liste d'«imposteurs». C'était des galaxies.

Plus tard, il observa qu'une petite région située entre les constellations de la Vierge et de la Chevelure de Bérénice contenait 13 des 109 taches fixes diffuses que Pierre Méchain et lui avaient identifiées. Ces taches, aujourd'hui nommées objets de Messier, sont bien connues des astronomes : par exemple, M31 (le 31^e objet du catalogue de Messier) est la galaxie spirale d'Andromède.

Cette découverte, comme bien d'autres, était fortuite : alors qu'il ne les cherchait pas, Messier venait de découvrir l'amas de galaxies de la Chevelure de Bérénice, le premier exemple des structures les plus massives de l'Univers. Les amas sont des groupes de galaxies, tout comme les galaxies sont des groupes d'étoiles.

Dans l'organigramme des structures cosmiques, ils occupent le siège de vice-président, un cran sous l'Univers lui-même. Les amas sont plus massifs par rapport aux humains que les humains ne le sont par rapport aux particules subatomiques.

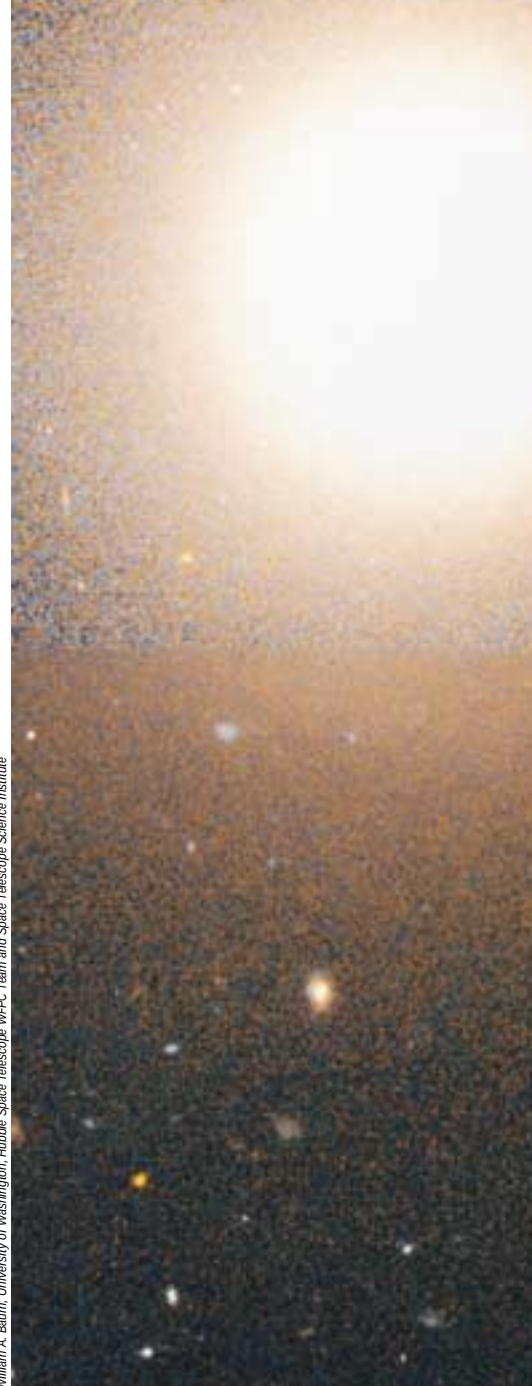
À bien des égards, l'étude des amas est la meilleure façon d'appréhender l'Univers dans son ensemble : constitués d'étoiles et de galaxies de tous les âges et de tous les types, les amas sont des échantillons représentatifs du matériau cosmique, y compris de la matière sombre, invisible, mais dont l'influence gravitationnelle est primordiale. De surcroît, comme les amas résultent de l'action de la gravitation à très grande échelle, leur structure et leur évolution sont liées à la structure et à l'évolution de l'Univers lui-même. Ainsi, l'étude des amas aide à répondre à trois questions importantes de la cosmologie : quelle est la composition de l'Univers ? Comment est-il organisé ? Quel sera son destin ?

Quelques années après les observations de Messier, William Herschel et sa sœur Caroline commencèrent à examiner les objets de Messier de leur jardin, en Angleterre. Intrigués, ils décidèrent d'en chercher d'autres à l'aide de meilleurs télescopes que celui de leur prédécesseur. Ils découvrirent alors plus de 2 000 taches diffuses, dont 300 dans l'amas de la Vierge. Herschel et son fils John remarquèrent que ces objets – que l'on sait aujourd'hui

être des galaxies – étaient groupés dans le ciel. Pourquoi ?

Au milieu des années 1930, une autre question apparut lorsque les astronomes Fritz Zwicky et Sinclair Smith mesurèrent les vitesses des galaxies de l'amas de la Vierge et de l'amas de la Chevelure de Bérénice. Tout comme les planètes tournent autour du centre de gravité du Système solaire, les galaxies tournent autour du centre de gravité de leur amas. Toutefois, les galaxies tournent si vite que leur masse totale visible ne suffit pas à les conserver groupées en amas, par leur attraction gravitationnelle. Autrement dit, pour expliquer ce qu'ils voyaient, les astronomes devaient supposer que les amas étaient 100 fois plus massifs

William A. Baum, University of Washington, Hubble Space Telescope WFC3 Team and Space Telescope Science Institute





1. DEUX GALAXIES BRILLANTES, l'une elliptique (*en haut, à gauche*) et l'autre spirale (*en haut, à droite*) apparaissent dans l'amas de la Chevelure de Bérénice sur cet assemblage d'images prises par le télescope spatial *Hubble*, en 1994. Cet amas est l'un des premiers amas de galaxies identifié par les astronomes. La plupart des autres taches de l'image sont des galaxies plus lointaines encore.

que la masse représentée par les galaxies visibles. Les astronomes en déduisirent que les amas étaient composés essentiellement de matière sombre, une matière invisible, mais massive. Quelle est exactement cette matière ?

Aujourd'hui encore, la nature de la matière sombre et la répartition hétérogène des galaxies confondent les astronomes. Le problème a même été aggravé, au milieu des années 1960, après la découverte du fond diffus cosmologique : ce rayonnement, qui indique la structure de l'Univers quelques milliers d'années après le Big Bang, est remarquablement uniforme. Comment un Univers très uniforme s'est-il transformé en un Univers hétérogène tel que nous le voyons ? Les astronomes

imaginent que de minuscules hétérogénéités initiales ont grossi jusqu'à devenir les galaxies que nous connaissons aujourd'hui, mais les détails de cette croissance sont encore discutés. Pour ce qui concerne la matière sombre, les astronomes en savent un peu plus qu'à l'époque de Zwicky, mais ils ignorent toujours la nature de la majeure partie de l'Univers.

La lumière de la matière sombre

Aiguillonnés par les questions ouvertes, les astronomes ont intensifié la recherche d'amas de galaxies au cours des 40 dernières années. On en connaît aujourd'hui 10 000 environ. En 1950,

en recensant les galaxies sur des photographies du ciel boréal prises à l'aide du télescope du mont Palomar, en Californie, l'astronome américain George Abell dressa la première liste des amas. Au début des années 1970, les astronomes pensaient avoir compris les propriétés fondamentales des amas : ils étaient constitués de galaxies en mouvement, liées entre elles par beaucoup de matière sombre. Ces objets étaient stables et immuables.

Puis en 1970, le satellite *Uhuru* («liberté» en swahili, en l'honneur de son lancement du Kenya) commença à observer le rayonnement X des amas, jusqu'alors quasi inaccessible aux astronomes. En pointant *Uhuru* vers les amas de la Vierge et de la Chevelure