

LES AMAS DE GALAXIES

Les galaxies ne sont pas réparties au hasard dans l'Univers, elles s'assemblent pour bâtir un gigantesque réseau cosmique de filaments et de feuillettes enveloppant d'immenses vides ; aux nœuds de ce réseau, les amas de galaxies sont les plus grandes structures cosmiques maintenues par la gravité.

Les grandes structures de l'Univers

En bas à gauche : distribution des galaxies dans l'Univers local réalisée par le SDSS, un programme de relevé des objets célestes dont

le but est de cartographier 25 % du ciel et de recueillir des informations sur plus de cents millions d'objets célestes. Chaque point représente la position d'une galaxie, la couleur indique leur luminosité :

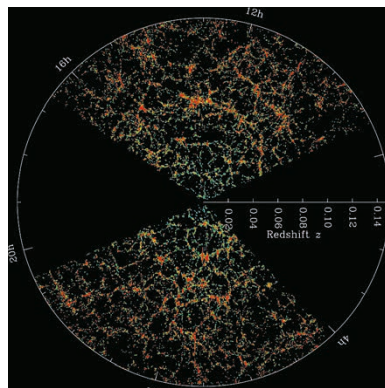
les plus lumineuses sont rouges, les moins lumineuses bleues.

Les galaxies tracent les grandes structures sous la forme d'alignements le long de filaments intergalactiques.

En bas à droite : l'amas de galaxies Abell 1689, situé à $2,2 \times 10^9$ a.l est composé de l'association de plusieurs milliers de galaxies.

À l'échelle de l'histoire de l'Univers, les amas sont les dernières structures à s'être formées lors d'un long processus au cours duquel les galaxies ont glissé le long des filaments pour converger vers ces régions les plus denses en galaxies. De par leurs dimensions, qui les placent entre galaxies et grandes structures, les amas permettent d'étudier la formation des galaxies et servent d'étalons pour déterminer des paramètres cosmologiques, comme la densité de matière dans l'Univers et les proportions relatives de la matière ordinaire, de la matière noire (de nature encore inconnue) ou encore de l'énergie noire, la composante cosmique la plus récemment mise en évidence.

La caractéristique la plus remarquable des amas est la présence d'un gaz entre les galaxies. Comme ce gaz est très chaud (plusieurs dizaines de millions de kelvins) et qu'il se comporte en gros comme un corps noir, il émet un rayonnement très abondant essentiellement dans le domaine des rayons X.



C'est la très grande masse des amas qui piège ce gaz et lui communique une telle température. Plus un amas est massif, plus son gaz est chaud. L'étude des amas de galaxies dans le domaine des rayons X permet donc d'estimer leur température, et, partant, de déterminer leur masse et d'en suivre l'évolution aux différentes époques de l'histoire de l'Univers.

On peut voir ci-contre un amas de galaxies en formation par fusion d'amas plus petits. Cette fusion s'est produite le long d'un filament intergalactique et, au cours du processus, la température du gaz a augmenté du fait du choc des amas. En mesurant la température du gaz chaud dans un grand nombre d'amas de galaxies après que de telles fusions ont eu lieu, on peut déterminer la masse totale des amas en question, car c'est elle qui est responsable du chauffage du gaz. On a ainsi constaté que la masse totale d'un amas est cinq à dix fois plus élevée que celle de toute la matière apte à rayonner, aussi bien celle contenue dans toutes les galaxies de l'amas que celle du gaz répandu entre ces dernières. Au sein des amas de galaxies, le plus gros de la matière est donc vraisemblablement sous une autre forme : la matière noire.

Étudier les amas de galaxies en tant que population permet aussi de suivre au cours du temps le rythme auquel ils se sont formés. Or ce dernier résulte directement des paramètres comme la densité de matière dans l'Univers (matière ordinaire et matière noire) ou celle de l'énergie noire. Par la seule étude des amas de galaxies, on peut donc définir un domaine du possible pour les paramètres qui régissent l'histoire globale de l'expansion de l'Univers. Complétées par d'autres types d'approches, comme celle des fluctuations primordiales de l'Univers, les études des amas de galaxies fournissent un scénario d'évolution de l'Univers aux très grandes échelles.



Un amas de galaxies

Image composite de l'amas de galaxies MACSJ0717.5 + 3745 situé à $5,4 \times 10^9$ a.l. Le rayonnement diffus observé en rayons X par le satellite Chandra provient du gaz intra-amas chauffé jusqu'à 2×10^8 K. La couleur varie en fonction de la température du gaz du rouge (plus froid) au bleu (plus chaud).