

L'un des membres de l'équipe, Yehuda Hoffman, de l'université hébraïque de Jérusalem, a développé des méthodes pour déduire précisément la distribution de matière noire à partir des vitesses propres contenues dans les données *Cosmicflows*.

Le catalogue s'étoffant, nous avons eu la surprise de découvrir un motif inattendu caché dans la masse des données : les contours d'une nouvelle structure cosmique qui n'avait jamais encore été observée. Les amas de galaxies d'une région large de plus de 400 millions d'années-lumière se déplaçaient tous ensemble au sein d'un « bassin d'attraction » local, comme l'eau qui s'accumule au point topographique le plus bas d'un paysage. S'il n'y avait pas l'expansion continue de l'Univers, ces galaxies finiraient par s'agréger en une structure compacte liée par la gravitation. Ce vaste essaim de galaxies constitue le superamas Laniakea.

Jusqu'à présent, l'étude du mouvement des galaxies au sein de Laniakea est en parfait accord avec les modèles les plus consensuels de distribution de la matière noire. De surcroît, la densité totale de matière visible et noire dans Laniakea suggère que, comme le pensaient les théoriciens de l'énergie sombre, l'Univers est destiné à subir une perpétuelle expansion accélérée.

Ces conclusions restent provisoires. La tâche immense de cartographie des écoulements galactiques ne fait que commencer. Actuellement, on ne dispose d'une estimation des vitesses propres que pour 20 % des galaxies situées à moins de 400 millions d'années-lumière, et de nombreuses mesures de distance faites grâce aux chandelles cosmiques sont encore entachées d'incertitudes élevées. De surcroît, les cartes actuelles ne couvrent qu'un millionième du volume de l'Univers observable. Néanmoins, ces premières esquisses de notre voisinage galactique donnent une perception nouvelle de notre position dans les bassins cosmographiques et les vastes étendues de l'Univers.

Un voisinage complexe

Faisons le tour des torrents tumultueux qui composent notre foyer céleste récemment découvert, Laniakea, en partant de l'élément qui nous est le plus familier : nous. Quelle que soit la vitesse à laquelle nous voyageons sur Terre en lisant cet article, nous tournons autour du Soleil avec le reste de la planète à environ 30 kilomètres

par seconde. Le Soleil, quant à lui, tourne autour du centre de la Voie lactée à quelque 200 kilomètres par seconde. Et l'ensemble des galaxies du Groupe local, dont la Voie lactée, se précipitent vers une mystérieuse concentration de masse dans la direction de la constellation du Centaure à une vitesse supérieure à 600 kilomètres par seconde (nous reviendrons sur ce point). Vous n'imaginiez probablement pas qu'il était possible de se déplacer aussi vite rien qu'en lisant un article, voire en ne faisant rien du tout !

Mais au lieu de nous laisser emporter par la Terre, prenons notre envol pour avoir une vue d'ensemble sur notre voisinage. Nous quittons d'abord la Voie lactée, et notre périple à travers les étendues de Laniakea commence par la rencontre avec deux galaxies naines, les Petit et Grand Nuages de Magellan, situés à des distances comprises entre 180 000 et 220 000 années-lumière « seulement ». On peut discerner les Nuages de Magellan depuis l'hémisphère Sud de la Terre, mais le meilleur point de vue est en Antarctique, pendant l'hiver. La seule autre galaxie visible à l'œil nu est la spirale géante d'Andromède, bien qu'elle n'apparaisse guère que comme une tache floue par une nuit très sombre.

Andromède se trouve à 2,5 millions d'années-lumière et vient à la rencontre de la Voie lactée à une vitesse propre de quelque 110 kilomètres par seconde. Dans quatre milliards d'années environ, les deux galaxies se rencontreront lors d'une collision frontale au cours de laquelle elles fusionneront en une galaxie elliptique unique, homogène et constituée de vieilles étoiles rouges. Il est peu probable que le Système solaire soit affecté par ce carambolage cosmique : la distance entre les étoiles est tellement grande qu'il n'y a pratiquement aucune chance que deux étoiles s'approchent suffisamment l'une de l'autre pour entrer en collision. La Voie lactée, Andromède et une cinquantaine d'autres galaxies sont membres du Groupe local, une région où la gravité a gagné la bataille contre l'expansion cosmique et qui est en cours d'effondrement. Comme la Voie lactée et ses Nuages de Magellan, chacune de ces grandes galaxies est accompagnée d'un cortège de galaxies naines.

Juste au-delà du Groupe local, à l'intérieur d'un volume d'environ 25 millions d'années-lumière, toutes les galaxies de cette région, dont la nôtre, font partie de ce que faute d'imagination on a nommé la « Feuille locale ». Comme l'indique le

Cosmicflows, un catalogue de galaxies en expansion

Le premier catalogue de galaxies *Cosmicflows* a été élaboré en 2008. Il répertorie la position des galaxies les plus proches de la Voie lactée et leur vitesse propre.

La deuxième version du catalogue, *Cosmicflows-2*, a été publiée en 2013. Elle contient 8 000 galaxies.

Une prochaine version fournira les caractéristiques de près de 13 000 galaxies. L'augmentation du nombre de galaxies permettra d'esquisser avec encore plus de précision les contours de Laniakea.

terme de « feuille », c'est une structure de faible épaisseur, environ 3 millions d'années-lumière. Elle se trouve dans le plan équatorial de ce qu'on appelle le système de coordonnées supergalactique. Au-dessous de ce plan, après une région vide, se trouvent un filament de galaxies, l'Éperon du Lion, ainsi que l'amas de galaxies de la Machine pneumatique (en latin *Antlia*) et de la Dorade, du nom des constellations où on les trouve, vues de la Terre. Au-dessus du plan, il n'y a pratiquement rien à proximité : c'est la région connue sous le nom de Vide local.

Si l'on ne considère que les galaxies contenues dans la Feuille locale, la situation est sans surprise. Ces galaxies s'éloignent les unes des autres au rythme de l'expansion et ne présentent que de faibles vitesses propres dues aux interactions locales. C'est aussi le cas au-dessous de la Feuille locale pour les galaxies de la Machine pneumatique, de la Dorade et du Lion. Cependant, elles s'approchent toutes ensemble à grande vitesse de la Feuille locale. Le coupable est probablement le Vide local. Avec l'expansion de l'Univers, les vides gonflent comme des ballons et la matière, qui s'écoule des régions moins denses vers les régions plus denses, tend à s'accumuler à leurs frontières. Nous comprenons désormais que la Feuille locale est une paroi du Vide local dont l'expansion est en train de nous pousser vers les nuages de la Dorade, de la Machine pneumatique et du Lion.

Des amas aux superamas

En continuant à prendre du recul, nous rencontrons l'amas de la Vierge, qui contient 300 fois plus de galaxies que le Groupe local, entassées dans un volume de 13 millions d'années-lumière de diamètre. Les galaxies de l'amas de la Vierge y tournoient à des vitesses de l'ordre de 700 kilomètres par seconde, et toutes les galaxies situées à moins de 25 millions d'années-lumière de l'extérieur de l'amas tombent vers lui et l'intégreront d'ici 10 milliards d'années. Notre Voie lactée, située à 50 millions d'années-lumière, est donc juste en dehors de cette zone de capture.

Laniakea
apporte un éclairage
sur la formation des structures
de galaxies, mais aussi
sur la matière noire
et l'énergie sombre

À l'échelle suivante, la grande région autour de l'amas de la Vierge qui contient notre propre voisinage est nommée le Superamas local (aussi nommé superamas de la Vierge). Il y a près de trente ans, un groupe d'astronomes surnommés depuis les « Sept samourais » – Sandra Faber, de l'université de Californie à Santa Cruz, et six collègues – a découvert que la Voie lactée n'était pas la seule à filer en direction de la constellation du Centaure à plusieurs centaines de kilomètres par seconde. En fait, ce mouvement est celui de l'intégralité du Superamas local. Ils ont donné le nom de Grand Attracteur à la masse mystérieuse qui attire toutes ces galaxies. À de nombreux égards, le Grand Attracteur n'est pas si mystérieux : la densité de matière dans cette direction du cosmos doit être à l'évidence élevée puisqu'elle contient sept amas comparables à celui de la Vierge dans une sphère de 100 millions d'années-lumière de diamètre. Trois parmi les plus gros de ces amas sont la Règle, le Centaure et l'Hydre.

Si l'on définit les superamas comme des « bassins versants » cosmiques délimités par des « lignes de partage des eaux » au-delà desquelles les galaxies sont destinées à s'éloigner irrémédiablement, le « Superamas local » est mal nommé. Il ne représente qu'une partie d'un ensemble plus vaste (à savoir Laniakea) qui englobe d'autres grandes structures, telles que le superamas du Paon-Indien (du nom de deux constellations de l'hémisphère Sud) et l'amas d'Ophiuchus. Si Laniakea était une grande cité, la région du Grand Attracteur en serait le centre-ville embouteillé. Comme pour la plupart des noyaux urbains, il est difficile d'en préciser le centre exact, mais on peut le placer approximativement quelque part entre les amas de la Règle et du Centaure.

Une telle position relègue notre Voie lactée aux faubourgs reculés, non loin des frontières d'un autre superamas adjacent, dit de Persée-Poissons. Cette frontière est tellement proche en termes cosmiques que nous pouvons l'étudier en détail pour déterminer que Laniakea a une forme globuleuse, plutôt ronde et s'étend sur près d'un demi-milliard d'années-lumière. Au total, les frontières de Laniakea englobent une masse de matière ordinaire et noire