

COURS

Cours élémentaire d'astronomie et d'astrophysique : XI- Des étoiles aux galaxies

Georges Paturel, Observatoire de Lyon

Résumé : *Voici un cours facile, sans calculs, sur l'histoire de la découverte des galaxies.*

Introduction

Au début du siècle dernier, vers les années 1920, l'image que les astronomes donnaient de l'univers était très différente de ce que nous savons aujourd'hui. Certes, on avait dépassé la conception antique selon laquelle tout l'univers était limité à notre système solaire. Les étoiles commençaient à livrer leur mystère. Leur source d'énergie était identifiée, même si le détail de leur formation et de leur évolution n'était pas encore compris¹.

Les étoiles sont-elles les briques de l'univers ?

Les astronomes avaient donc compris que notre Soleil n'était qu'une étoile parmi d'autres. Une étoile bien quelconque d'ailleurs, une étoile naine. Bon, admettons. Depuis Galilée et sa célèbre lunette astronomique (c'est-à-dire, depuis 1610 environ), on savait que la traînée laiteuse qui barrait le ciel était composée d'étoiles. Elles y étaient si serrées que le ciel devenait laiteux, d'où le nom de Voie Lactée.

Quand nous regardons la Voie Lactée, nous n'avons pas vraiment l'impression que notre

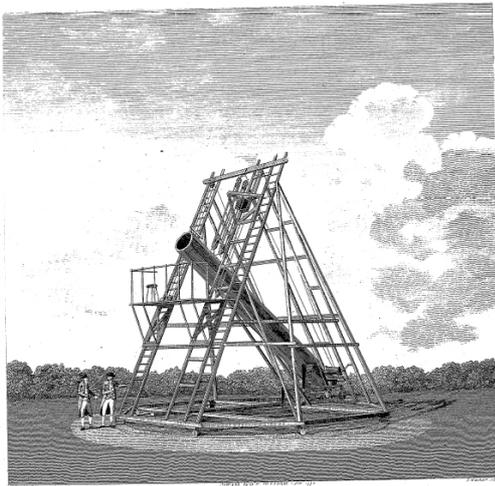
Soleil en fait partie. Pas plus que les étoiles que l'on voit de part et d'autre de ce chemin laiteux. Et pourtant les astronomes vont montrer que toutes ces étoiles, Soleil compris, forment un objet unique, notre Galaxie. C'est William Herschel qui, le premier, comprit cela.



Image Wikimedia, libre de droit
William Herschel (1738-1822)

Venu tard à l'astronomie, William Herschel fit de nombreuses découvertes, dont celle de la planète Uranus. Il découvrit aussi le rayonnement infrarouge. C'était également un compositeur de musique dont les œuvres pour l'orgue rappellent un peu la musique de J.S. Bach.

¹ C'est en 1938 que les réactions nucléaires précises seront découvertes par Bethe et il faudra attendre les calculateurs des années 1960 pour faire les premiers modèles précis.



Cliché, libre de droit, communiqué par A. Bremond

*Le télescope de 20 pieds de distance focale
construit par W. Herschel*

La découverte n'a pas été facile. Herschel, un des premiers, avait recensé les étoiles entourant le Soleil. En supposant que toutes avaient la même luminosité, il estima leurs distances relatives par la mesure de leur éclat apparent. Il cartographia ainsi la forme de la distribution apparente des étoiles qui nous entourent. Que pensez-vous qu'il trouva ? Il trouva que ce n'était plus la Terre qui occupait le centre de l'univers mais le Soleil.

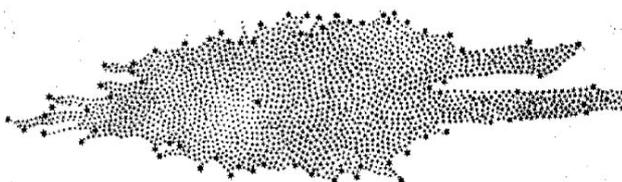


Image Wikimedia, libre de droit

*Notre Voie Lactée vue par Herschel. Le Soleil est
presqu'au centre.*

Mais ce résultat était faux. En effet, dans le brouillard d'étoiles qui forme notre Galaxie, le regard porte à une distance limitée. En regardant autour de soi, on a l'impression d'occuper le centre. Il semblait même que notre Galaxie d'étoiles *était* l'univers. Les étoiles apparaissaient alors comme les briques de l'univers.

William Herschel et son fils John firent un travail remarquable. Ils recensèrent dans le ciel un très grand nombre de nébuleuses, objets flous de constitution mystérieuse. Ce relevé

conduisit à la publication du "General Catalog", augmenté plus tard par Dreyer sous le nom de "New General Catalog". Tous les objets de ce catalogue étaient désignés par leur numéro NGC. La diversité et la nature de ces objets étaient tout aussi nébuleuses que leur aspect. Nous allons voir bientôt que ce catalogue allait se révéler de première importance. Mais il fallait encore améliorer la description de notre Voie Lactée.

Un astronome américain, H. Shapley, ancien reporter spécialisé dans les affaires criminelles², refit en 1918, ce que Herschel avait fait, mais il eut la chance, ou l'idée brillante, de ne pas prendre les étoiles comme traceurs, mais des amas d'étoiles, plus précisément, des amas globulaires. Ces amas de quelques 100 000 étoiles étaient plus lumineux qu'une étoile individuelle, ils devaient donc être détectables plus profondément. Mais la chance, qui sourit aux esprits éclairés, fit que ces amas globulaires n'étaient pas répartis dans le plan de la Voie Lactée, mais dans une sorte de halo sphérique.



Harlow Shapley (1885 - 1972)

Shapley dressa la distribution des amas et il constata que notre Soleil n'était pas au centre de cette distribution, mais plutôt sur un bord, à environ 30 000 pc du centre. Nous reproduisons ci-après la figure originale publiée par cet astronome.

² Comme Tintin dont il a un peu la physionomie

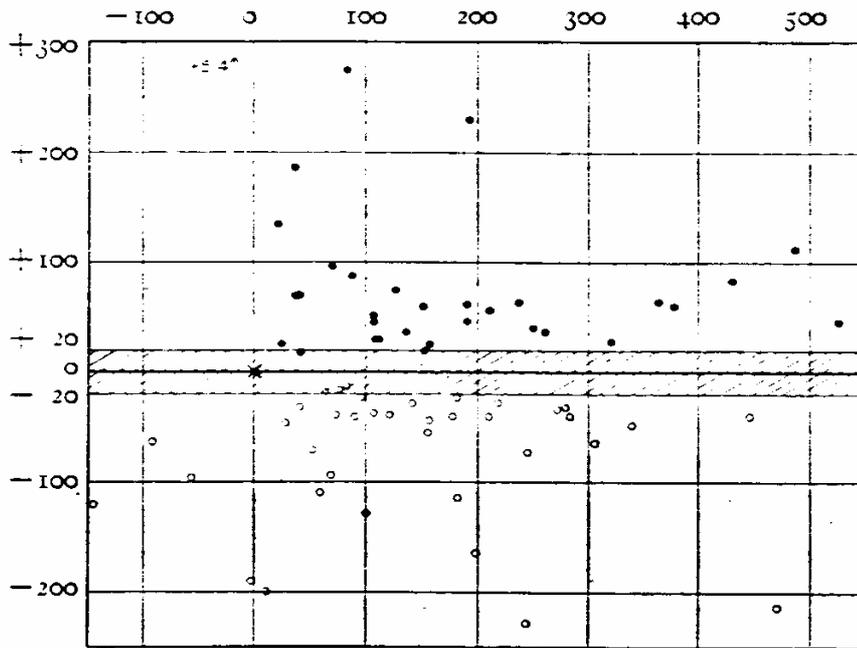


FIG. 4.—Projection of the positions of globular clusters on a plane perpendicular to the Galaxy, illustrating (1) the absence of clusters from the mid-galactic region, (2) their symmetrical arrangement with respect to the Galaxy, (3) the eccentric position of the sun (the cross) with respect to the center of the system of clusters. The ordinates are distances from the galactic plane, $R \sin \beta$; the abscissae are projected distances in the direction of the center, $R \cos \beta \cos (\lambda - 325^\circ)$. The unit of distance is 100 parsecs; the side of a square is accordingly 10,000 parsecs. On this scale the actual diameter of the clusters is about one-fifth the diameter of the circles and dots. The cluster N.G.C. 4147 is outside the boundary of the diagram, as indicated by the arrow.

Astrophysical Journal 48, 1918

Il remarque que les amas globulaires ne sont pas particulièrement localisés dans le plan de la Voie Lactée, qu'ils sont distribués de manière symétrique et que le Soleil n'est pas au centre de cette distribution. D'après son article, le Soleil serait à environ 20 000 pc du centre de notre Galaxie. Le diamètre de notre galaxie serait environ de 50 000 pc, soit environ 163 000 années-lumière.

Les nébuleuses extragalactiques

Le problème suivant s'est posé : Est-ce que les taches floues, visibles sur les photographies astronomiques, sont des nébuleuses internes à notre Galaxie, ou sont-elles d'autres galaxies, extérieures à la nôtre, des Univers-îles comme on le disait à l'époque ?

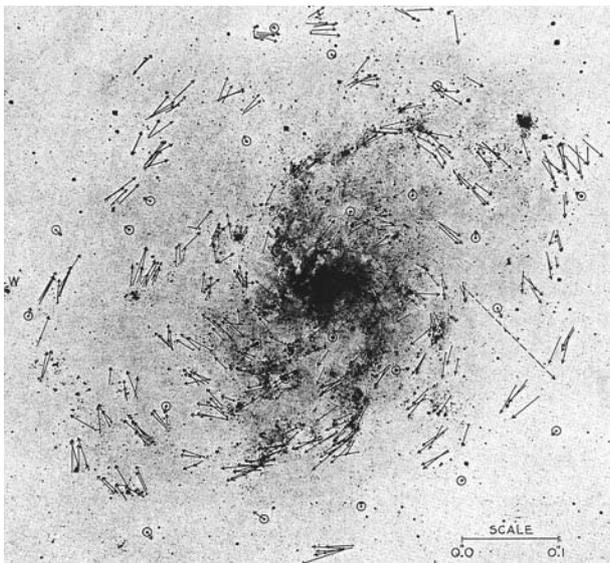
Quelques astronomes, comme H.D. Curtis et K. Lundmark, pensent que ces nébuleuses sont "extragalactiques", hors de notre Galaxie. L'observation de novae, ces étoiles qui subissent des sursauts d'éclat dus à la réalimentation en hydrogène par une étoile voisine, place la grande nébuleuse d'Andromède en dehors de notre Galaxie.

Mais un argument imparable va montrer le contraire (je vous préviens de suite pour le cas où vous cesseriez la lecture ici, cet argument imparable s'est révélé faux).

L'argument imparable

Van Maanen était un spécialiste reconnu pour la mesure de mouvements propres. Si on observe une étoile sur deux clichés pris à de

nombreuses années d'intervalles, il est possible de voir un déplacement angulaire, très faible, de quelques étoiles. C'est le mouvement propre. Naturellement, un tel mouvement n'est pas détectable pour les objets distants. C'est pour la même raison que vous voyez les avions à réaction se déplacer tout doucement dans le ciel, alors que, s'ils passaient plus près de vous, leur grande vitesse réelle serait évidente.



Astrophysical Journal 63, 1926

Les mesures erronées de mouvement propre des étoiles de quelques nébuleuses spirales forcèrent, pour un temps, à les considérer comme faisant partie de notre Voie Lactée.

Or Van Maanen mesura des déplacements pour des étoiles des bras spiraux de quelques nébuleuses, comme³: M33, M101 ou M51. Les vitesses angulaires étaient telles que si ces nébuleuses avaient été en-dehors de notre Galaxie, leur vitesse réelle aurait été plus grande que la vitesse de la lumière. Donc, nécessairement, les nébuleuses devaient être dans notre Galaxie. Le débat semblait clos.

Mais Lundmark reprit les mesures de Van Maanen et, bien qu'il ne voulût pas critiquer trop ostensiblement celui-ci, il ne confirma pas les résultats. On peut s'interroger sur l'origine des erreurs de Van Maanen. Nous ne le ferons pas ici mais nous en reparlerons peut-être dans un autre contexte, même si ce genre de recherche a seulement un intérêt académique.

³ Objets du catalogue de Messier

La confirmation des galaxies

La confirmation de l'existence de nébuleuses extragalactiques (les galaxies) est venue des travaux de E. Hubble.



NASA & MtWilson observatory

Hubble guide le télescope Schmidt du Mt Palomar à l'aide de la "raquette", en suivant une étoile du champ dans le "chercheur".

Grâce au nouveau télescope du Mont Wilson, Hubble put détecter des étoiles variables Céphéides. Ces étoiles obéissent à une relation Période-Luminosité, découverte en 1913, par Henrietta Leavitt. La simple mesure de la période de variation donne la luminosité moyenne. De la comparaison avec l'éclat apparent on peut déduire la distance (voir l'article sur la mesure des distances par les Céphéides, dans ce même Cahier). C'est ainsi que Hubble a pu obtenir la distance des nébuleuses, M33, M31 et de quelques d'autres.

On comprit alors que notre univers était peuplé d'innombrables galaxies, semblables à la nôtre. Cette découverte, pressentie par plusieurs astronomes, comme Lundmark ou Curtis, était enfin la preuve attendue et l'aboutissement de cette longue quête pour décrire notre Univers.

Dans le prochain et dernier cours, nous aborderons l'étude de l'univers, pris dans son ensemble. Nous estimerons le nombre de galaxies de notre Univers.