

Notre position dans la Galaxie: Lecture d'un article historique de Harlow Shapley en 1918.

Jean-Noël Terry

Observatoire de Lyon

Résumé : Ce n'est qu'à partir de l'utilisation des lunettes (Galilée en 1610), que la Voie Lactée perdit son nom! En effet, elle apparaît alors composée d'une multitude d'étoiles.

En 1750, l'astronome anglais Thomas Wright (1711-1786) proposa une Voie Lactée en forme d'un disque d'étoiles, près du centre duquel se trouverait le système solaire.

En 1800, William Herschel reprit cette idée.

Mots-clefs : BIOGRAPHIE, HISTOIRE, PUBLICATION ANCIENNE, TRAVAIL DIRIGÉ, AMAS, CENTRE GALACTIQUE, HALO, VOIE LACTÉE, ANALYSE DE DONNÉES, COORDONNÉES.

Introduction

Il s'agit ici de reprendre un « article historique » de l'astronomie, et de le relire sous forme de travail dirigé, à faire pour soi ou avec des élèves. Les solutions sont proposées. Si cela vous intéresse, nous pourrions continuer dans cette voie.

En 1981, Harlow Shapley, dans un article paru dans « Contributions from the Mount Wilson Solar Observatory », étudia la répartition des amas globulaires ; il montra que le Soleil n'est pas situé au centre et il détermina une distance nous séparant de ce centre. C'est une lecture active de cet article historique qui est proposée ici. Ceux qui veulent retrouver l'original peuvent, via Internet, le télécharger à partir du site :

http://cdsads.u-strasbg.fr/article_service.html

(ADS Journal Query Page) et ses références sont : Astrophysics Journal, n°48, pages 154 à 181.

Rappelons, pour brosser le paysage, que les amas globulaires sont des concentrations de quelques milliers à un million d'étoiles qui se répartissent avec une symétrie sphérique autour du centre de la Galaxie, dans ce qui est appelé le halo de la Galaxie. La Galaxie elle-même a une structure de spirale dans un plan avec, au centre, un noyau dense et lumineux.

Sont ici nécessaires juste un peu de trigonométrie, la notion de barycentre et... de la matière grise !

I- La démarche de Harlow Shapley

En décembre 1917, Harlow Shapley termine un article "The distances, distribution in space, and dimensions of 69 globular clusters".

Dans une partie de l'article, la distance d'un certain nombre d'amas globulaires est déterminée par différentes méthodes qui ne sont pas le thème qui nous intéresse ici (par la méthode des Céphéïdes, par la parallaxe dérivée de la magnitude et par le diamètre des images photographiques).

L'article décrit en détail comment ont été obtenues les données utiles: 300 photos d'amas furent prises dans les 3 ans qui précédèrent!

Ce sont 69 amas qui furent retenus par H. Shapley comme amas globulaires, et dont il étudia la répartition spatiale.

II- Les données

Les données sont, dans l'article, deux tableaux, ceux des pages 161 (28 amas) et 165-166 (41 amas). Ces deux tableaux sont mis bout à bout ci-dessous.

Tout système de repérage des objets astronomiques entraîne un choix un peu arbitraire, en fonction du côté pratique que nous y trouvons. Ici, la Galaxie sera privilégiée, par définition ! Ce sont donc des coordonnées galactiques que va utiliser Shapley : le système solaire appartient au plan de la Galaxie, un objet sera repéré par sa longitude et sa latitude galactiques exprimées en degrés, relativement à un pôle choisi dans la direction du centre (voir la figure 1 qui illustre ce système).

Un objet de latitude galactique nulle sera donc dans le plan galactique. Bien entendu, comme toujours en astronomie, la quantité manquante, ... et vitale, est la distance qui nous sépare de cet objet et qui doit être déterminée de façon indépendante.

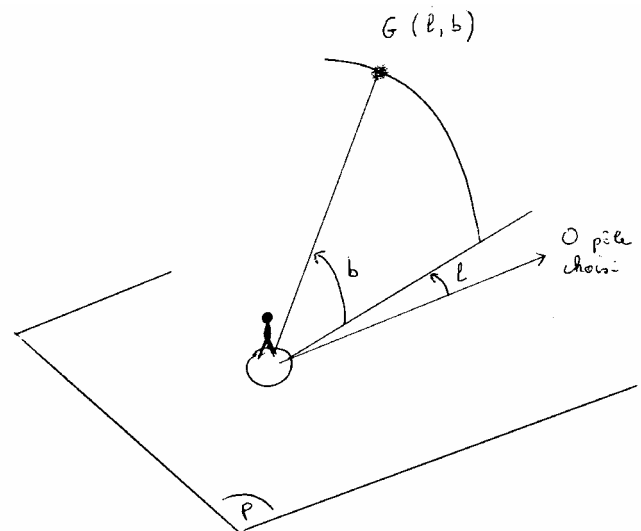


Figure 1

Numéro du catalogue NGC	Longitude galactique en °	Latitude galactique en °	Distance (unité 100 parsecs)
104	272	-44	68
362	268	-46	152
1261	238	-51	256
1851	211	-34	172
2298	213	-15	244
2808	249	-11	170
3201	244	+10	147
4372	269	-9	114
4590	268	+37	161
4833	271	-8	164
5286	279	+11	196
5634	309	+49	303
5897	311	+30	149
5986	305	+13	208
6101	284	-15	213
6144	319	+15	244
6171	331	+22	161
6235	326	+13	500
6266	320	+7	152
6273	324	+9	159
6284	325	+10	370
6287	327	+11	435
6293	325	+8	263
6304	323	+5	322
6316	325	+5	526
6352	308	-7	227
6362	293	-17	130

6388	312	-7	278
6397	304	-12	83
6441	321	-5	455
6541	316	-11	147
6584	309	-16	263
6624	330	-8	286
6637	329	-11	213
6652	328	-12	312
6681	329	-13	182
6715	333	-16	161
6723	327	-18	127
6752	303	-26	88
6809	335	-24	100
7006	32	-20	667
288	214	-88	189
1904	195	-28	256
4147	227	+78	526
5024	307	+79	189
5139	277	+16	65
5272	8	+77	139
5904	333	+45	125
6093	320	+18	200
6121	319	+15	114
6205	26	+40	111
6218	344	+25	123
6229	41	+39	435
6254	343	+22	120
6333	334	+9	250
6341	35	+34	123
6356	335	+9	385
6402	349	+14	233
6626	336	-7	185
6638	335	-8	345
6656	338	-9	85
6712	353	-6	312
6779	30	+7	250
6864	348	-28	455
6934	20	-20	333
6981	3	-34	294
7078	33	-29	147
7089	22	-37	156
7099	356	-48	172

(Rappel : 1 parsec est environ 3.26 années-lumière)

III- Activité proposée

Etude de la répartition en longitude

Il s'agit simplement de faire un histogramme en comptabilisant les amas sur des intervalles de longitude d'amplitude 15° .

On peut déjà faire des remarques. Lesquelles ?

L'histogramme (voir figure 2) présente un vide de 45° à 145° et, par contre, une concentration vers 315° - 345° . Ces deux zones sont, de plus, séparées d'environ 180° .

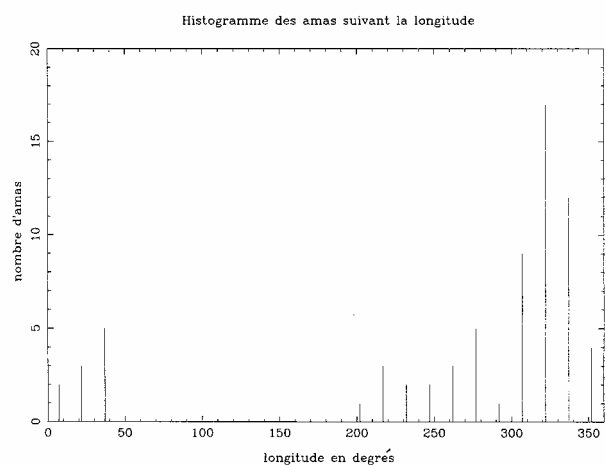


Figure 2

Quelle remarque peut-on faire ? Si les amas sont répartis de façon uniforme dans le halo galactique, nous pouvons penser que le Soleil n'est déjà pas proche du centre du système. En effet, nous observons un volume d'espace plus grand vers la longitude galactique 315° - 345° que vers 45° - 195° , le Soleil est donc sans doute décentré dans cette direction (voir figure 3).

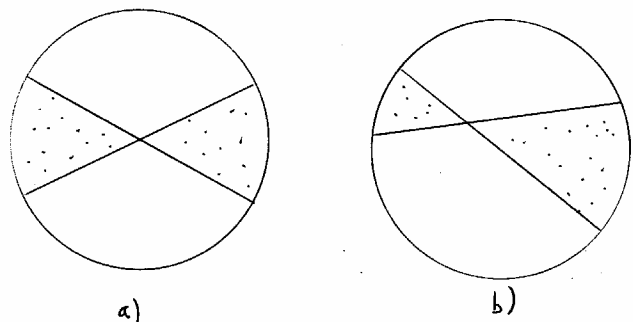


Figure 3

Projection sur un nouveau plan

Shapley projette donc sur le plan perpendiculaire au plan galactique contenant le plan de longitude 235° , que nous venons de mettre en évidence.

Ce plan est représenté sur la figure 4.

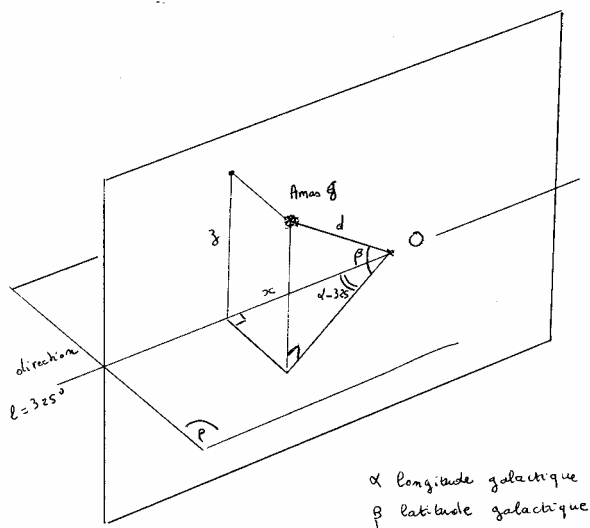


Figure 4

Si d est la distance nous séparant de l'amas, si x est la coordonnée en direction de la longitude 325° , et z celle destinée à compléter le repère de ce plan, en notant lon la longitude et lat la latitude, on a :

$$z = d \cdot \sin(\text{lat}) \quad \text{et} \quad x = d \cdot \cos(\text{lat}) \cdot \cos(\text{lon} - 325)$$

Le travail consiste donc à placer dans un repère d'unité 100 parsecs, les points de coordonnées x et z .

Et à faire des remarques...

X	z	x	z	x	z
29,4	-47,2	57,5	-109,3	8,4	-198,9
-58,0	-96,2	-88,3	-63,2	40,4	-32,4
22,6	25,5	63,0	-17,8	70,0	96,9
95,5	-22,8	133,7	37,4	191,1	228,7
125,2	74,5	190,4	46,8	155,3	-55,1
234,4	63,2	148,5	60,3	487,1	112,5
150,3	18,5	157,0	24,9	364,4	64,2
426,7	83,0	260,4	36,6	320,6	28,1
524,0	45,8	215,5	-27,7	105,4	-38,0
268,9	-33,9	75,8	-17,3	452,2	-39,7
142,5	-28,0	243,0	-72,5	282,1	-39,8

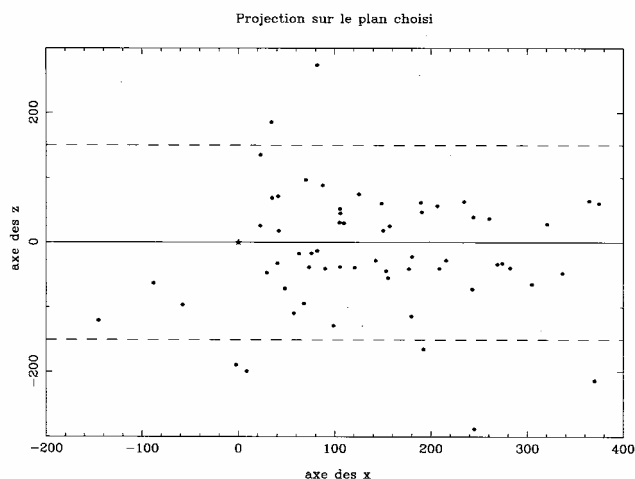
208,6	-40,6	304,8	-64,9	176,9	-40,9
153,3	-44,4	120,7	-39,2	73,3	-38,6
90,0	-40,7	244,9	-288,1	-2,4	188,9
-145,3	-120,2	-15,2	514,5	34,3	185,5
41,8	17,9	22,9	135,4	87,5	88,4
189,5	61,8	109,5	29,5	41,2	71,3
105,4	52,0	81,8	273,8	105,8	45,0
243,9	39,1	34,9	68,8	374,5	60,2
206,5	56,4	180,2	-22,5	336,5	-48,0
81,8	-13,3	274,0	-32,6	104,9	30,5
369,8	-213,6	179,5	-113,9	192,1	-164,4
48,2	-71,3	67,9	-93,9	98,7	-127,8

La figure 5 nous servira pour faire quelques observations.

Remarquons tout d'abord que le plan galactique est un plan de symétrie. C'est plutôt rassurant !

Une bande d'épaisseur 4000 parsecs correspond au disque de la galaxie, on n'y voit très peu d'amas (zone où z est compris entre $+20$ et -20 en unités de 100 parsecs).

Le Soleil a une position excentrique (noté par une étoile sur le graphique) dans l'ensemble des amas globulaires. Nous ne sommes donc pas au centre de la Galaxie !



Où se trouve ce centre par rapport au Soleil ? C'est l'isobarycentre des amas. Nous pouvons calculer simplement ses coordonnées dans le plan que nous avons privilégié.

Pour suivre l'article de Shapley, nous ne garderons que les amas situés à moins de 15000 parsecs du plan galactique : c'est la bande délimitée par les pointillés. Le but est d'obtenir une population aussi complète que possible.

Nous obtenons alors avec les 59 amas restants les coordonnées suivantes:

$$x=160.4 \text{ et } z=-2$$

IV- En conclusion

Ainsi le centre de la galaxie se trouve à la longitude galactique 325° , à la latitude galactique 0° (c'est la direction du Sagittaire) et à une distance d'environ 16000 parsecs (160×100 parsecs).

La direction déterminée par Shapley était exacte, mais la distance actuelle au centre de la Galaxie est aujourd'hui estimée à 28000 al, soit environ 8600 parsecs. Soit environ moitié moins.

Shapley reconnaissait lui-même qu'il fallait plus d'amas pour une meilleure détermination. Mais le principal problème vient de l'absorption de la lumière par le gaz et la poussière qu'elle rencontre sur son trajet. Ce n'est que vers 1930 que cet effet fut vraiment compris, et le problème

A propos de Harlow Shapley

H. Shapley est né dans une ferme de Nashville dans le Missouri, le 2 novembre 1885. Il va à l'école du village, puis à Pittsburgh, dans un cours orienté vers les affaires. A 16 ans, il est reporter à Chanute (Kansas), à 17 ans à Joplin (Missouri). En 1907, il entre à l'université du Missouri. Comme l'école de journalisme n'ouvre pas ses portes cette année- là, il doit choisir un cours.

La légende raconte que, ne pouvant prononcer le premier mot de la liste des cours ouverts: archéologie, il prend le deuxième: astronomie !! En tout cas il obtient son diplôme en physique et mathématiques en 1910 et un poste de professeur à l'Observatoire Lows. En 1911, il reçoit une bourse et va étudier, à Princeton, les étoiles binaires à éclipses, avec Norris Russell (1877-1957). Il y termine son doctorat, après avoir effectué près de 10000 mesures de polarisation de la lumière des étoiles au télescope de 60 cm de l'université. Il démontre que les céphéides ne sont pas des binaires à éclipses, mais des étoiles dont le volume et la température changent périodiquement.

Grâce à Russell, il rencontre George Hale (1868-1936) qui lui offre un poste à l'Observatoire du Mont Wilson. Il s'y rend en 1914 après un séjour en Europe. Il épouse Martha Betz, qui aidera son mari et deviendra experte en étoiles doubles à éclipses. Ils auront 5 enfants. Au Mont Wilson, Shapley étudie les amas globulaires.

de l'absorption reste tout à fait d'actualité, qu'il s'agisse de l'absorption dans notre Galaxie, ou de celle qui se produit quand on observe à l'intérieur d'une autre galaxie.

Il existe des catalogues d'amas globulaires plus récents. J'ai refait l'expérience avec le catalogue de R. Monella (1985). Il peut être téléchargé via le site du Centre de Données Astronomique de Strasbourg (<http://cdsweb.u-strasbg.fr>) à la rubrique catalogue (VII/103 : catalogue of galactic globular clusters). Nous avons les coordonnées et la distance de 143 amas. Le même travail donne $x=71$ et $z=-7$. Soit une distance du centre galactique d'environ 7100 parsecs. Ce qui n'est pas un mauvais résultat compte-tenu de la simplicité de la méthode.

L'idée de base de Shapley reste très intéressante, elle montre, une fois de plus, comment la réflexion permet de mesurer et franchir des espaces inaccessibles...

C'est à cette occasion qu'il montre, en 1918, que le Soleil n'est pas au centre de la Galaxie.

En 1917, il émet l'hypothèse qu'Andromède est à 1 million d'années-lumière de nous. Mais il renonce devant les mesures de son ami Adriaan van Maanen, car cela aurait donné une vitesse de rotation ahurissante. Or les mesures n'étaient pas bonnes. Il se rangera ensuite à la nature extragalactique de cette "nébuleuse".

Après la mort de Pickering (1846-1919), il devient directeur du Harvard College Observatory en octobre 1921. Il modernise rapidement l'équipement de cet observatoire. Ces activités lui prennent du temps. Il s'intéresse aussi à la distribution spatiale des galaxies proches, découvrant des galaxies naines dans les constellations du Sculpteur et de Fornax.

Au moment de la guerre de 39-45, il donne asile, dans cet observatoire, à de nombreux scientifiques européens et à leurs familles. Après la deuxième guerre mondiale, son statut le conduit à des responsabilités plus médiatiques au sein d'associations scientifiques. En 1945, il est délégué des USA pour élaborer la charte de l'UNESCO. Il se retire de son poste de directeur en 1952, continuant la recherche jusqu'en 1956. Ecrivain prolifique, il a publié des livres de vulgarisation: Stars Clusters (1930), Galaxies (1943), The Inner Metagalaxie (1957), Of stars and men (1958).

A 85 ans, sa santé périclute, il meurt deux ans plus tard, le 20 octobre 1972.