

Mesure de la position du Soleil dans la Galaxie

I Principe de la mesure.

Une **galaxie** est un ensemble de 200 milliards d'étoiles, d'immenses nuages de gaz qui sont en interaction gravitationnelle.

Il existe des millions de galaxies dans l'Univers et elles peuvent avoir des **formes** variées, qui ressemblent à des ellipsoïdes ou des **disques**.

Il peut exister une structure en spirale, plus ou moins prononcée.

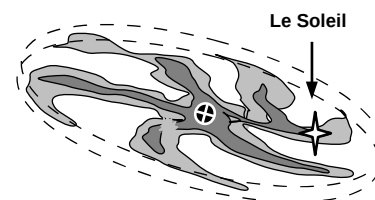
Une galaxie proche de notre Galaxie est la **galaxie M31**, visible dans la constellation d'Andromède (**photo ci contre**).



Galaxie d'Andromède M31

Le **Soleil** est une étoile d'une galaxie, notre Galaxie. Nous allons chercher où se situe le Soleil dans le plan galactique.

Il faut **répondre à la question suivante**: à quelle distance du centre galactique se trouve le Soleil ?

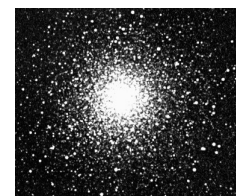


II Mesure de la distance au Soleil du centre galactique.

II.A Les amas globulaires.

On a découvert l'existence de **gros nuages d'étoiles** (plutôt vieilles) de **forme sphérique**, semblables à un essaim d'abeilles.

Sur la **photo** ci contre, c'est l'**amas M10**, du catalogue de Charles Messier (astronome du XVIIIème)

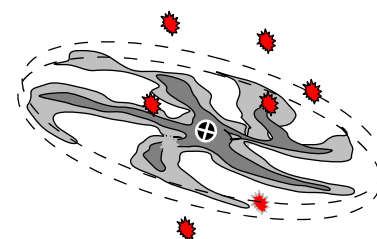


Amas globulaire M10

Autour de notre Galaxie, on observe **une centaine de ces amas globulaires**, et au début du XXème siècle, on a pu déterminer leur **distances par rapport au Soleil** et leur **position apparente** dans le ciel.

Harlow Shapley suppose alors que ces amas sont **statistiquement uniformément répartis autour de la Galaxie**. Donc, le centre de ce nuage d'amas globulaire est probablement très proche du centre de la Galaxie.

Si on est capable de **calculer la position du centre du nuage d'amas globulaires**, alors on aura une bonne approximation de la **position du centre de la Galaxie**.



II.B Calcul du centre d'un nuage de points.

Vous savez calculer la **moyenne d'une série de notes** : vous ajoutez toutes les valeurs et divisez le résultat par le nombre de notes.

De la même façon, si j'ai un ensemble de valeurs x_1, x_2, \dots, x_N , alors la valeur moyenne $\langle x \rangle$ sera $(x_1 + x_2 + \dots + x_N) / N$

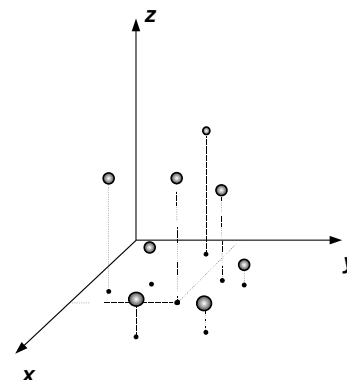
En **généralisant le résultat à 3 dimensions**, si j'ai un ensemble de points M_1, M_2, \dots, M_N de coordonnées $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots, (x_N, y_N, z_N)$ alors **les coordonnées du centre C** du nuage seront

$(\langle x \rangle, \langle y \rangle, \langle z \rangle)$ avec :

$$\langle x \rangle = (x_1 + x_2 + \dots + x_N) / N$$

$$\langle y \rangle = (y_1 + y_2 + \dots + y_N) / N$$

$$\langle z \rangle = (z_1 + z_2 + \dots + z_N) / N$$



II.C Calcul de la position du centre galactique.

En **annexe 1**, vous trouverez un extrait d'un catalogue d'amas globulaires. On y trouve le nom de l'amas, ses coordonnées équatoriales, sa distance au Soleil, et sa position en coordonnées (x,y,z) par rapport au Soleil.

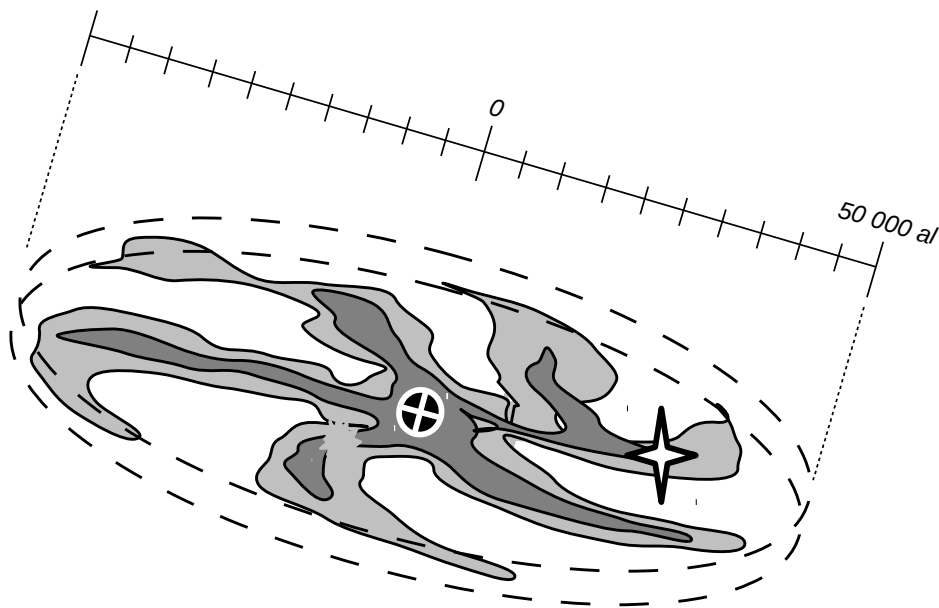
Les distances sont exprimées en **kpc = kilo parsec**. Le parsec est une unité de distance en astronomie qui correspond à **1 pc = 3,26 année de lumière**

1 pc = 3,26 année de lumière

Procédure de calcul de la distance du centre de la Galaxie (utiliser l'annexe 1):

1. calculez la moyenne $\langle x \rangle$ des positions x des amas globulaires
2. calculez la moyenne $\langle y \rangle$ des positions y des amas globulaires
3. calculez la moyenne $\langle z \rangle$ des positions z des amas globulaires
4. à partir de $\langle x \rangle$, $\langle y \rangle$ et $\langle z \rangle$ calculez la distance du centre du nuage d'amas globulaires par rapport au centre de la Galaxie.
5. Sachant que le centre galactique dont la position a été mesurée par d'autres techniques, est estimé être à 28 000 année lumières du Soleil, calculez l'écart relatif entre votre valeur et cette valeur.

III Conclusion : position du Soleil dans la Galaxie.



IV Références

- Article original de Kapteyn : <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/1922ApJ....55..302K/0000302.000.html>
- Centre de Données astronomiques de Strasbourg : <http://cdsweb.u-strasbg.fr/CDS-f.gml>
- Photos et dessins de la Galaxie : <http://burro.cwru.edu/Academics/Astr222/Galaxy/Intro/intro.html>
- Photos d'objets de Messier : http://messier.obspm.fr/Messier_f.html

Annexe 1 : catalogue ARP 1965 Globular Cluster (extrait)
Source: Centre de Données Astronomique de Strasbourg.

Full	_RAJ2000 "h:m:s"	_DEJ2000 "d:m:s"	name	r kpc	x kpc	y kpc	z kpc
1	00 24.1	-72 04	47 Tuc	5.0	2.1	-2.9	-3.5
2	00 52.6	-26 36		14.8	-0.2	0.0	-14.8
3	01 02.3	-70 51	delta 62	9.7	3.5	-5.7	-7.0
4	03 12.3	-55 14					
5	03 33.0	+79 38		87.1	-52.6	62.8	29.8
6	04 46.3	+31 28					
7	04 44.9	-84 00					
8	05 14.0	-40 02	delta 508				
9	05 24.3	-24 31	M79	16.5	-9.7	-10.7	-8.0
10	06 49.0	-36 00					
11	07 38.2	+38 53		83.2	-74.8	-1.3	36.5
12	09 11.9	-64 51		9.1	2.0	-8.7	1.8
13	10 05.6	+00 03		100.0	-36.0	-65.0	66.9
14	10 17.6	-46 24	delta 445				
15	11 29.1	-29 32		100.0	-29.0	-11.6	95.1
16	12 10.1	+18 32		18.7	-1.4	-4.1	18.2
17	12 25.9	-72 41					
18	12 39.5	-26 45	M68	14.0	5.4	-9.8	8.4
19	12 59.4	-70 52					
20	13 12.9	+18 10	M53	20.0	3.1	-1.5	19.7
21	13 16.3	+17 41		16.4	1.3	-2.1	16.1
22	13 26.8	-47 19	omega Cen	5.2	3.2	-3.9	1.3
23	13 42.2	+28 23	M3	10.6	1.6	1.3	10.4
24	13 46.2	-51 22	delta 388				
25	14 05.4	+28 32		21.3	4.6	4.2	20.4
26	14 29.6	-05 58		26.8	16.7	-5.7	20.2
27	14 39.6	-26 32		31.6	23.9	13.2	15.9
28	15 00.9	-82 14					
29	15 04.0	-33 05					
30	15 16.1	-00 06		35.2	24.9	0.4	24.9
31	15 17.2	-21 01		14.5	12.0	-3.6	7.3
32	15 18.5	+02 05	M5	8.1	5.5	0.7	5.9
33	15 28.1	-50 39					
34	15 35.5	-50 40					
35	15 46.1	-37 46	delta 552				
36	16 11.1	+14 54		83.2	54.0	30.0	55.6
37	16 17.1	-22 59	M80	12.6	11.9	-1.1	4.1
38	16 25.7	-72 13					
39	16 23.7	-26 31	M4	4.3	4.1	-0.6	1.2
40	16 27.7	-38 51					
41	16 27.3	-26 03		16.9	16.2	-2.2	4.4
42	16 32.5	-13 03		17.1	15.7	0.7	6.6
43	16 41.7	+36 27	M13	6.3	2.4	4.1	4.1
44	16 47.2	-01 57	M12	7.4	6.4	1.6	3.3
45	16 47.0	+47 32		24.7	5.6	18.0	15.9
46	16 53.4	-22 11		19.4	18.9	-0.8	4.4
47	16 57.1	-04 07	M10	6.2	5.5	1.6	2.4
48	17 01.3	-30 07	M62	11.7	11.4	-1.7	1.5
49	17 02.6	-26 15	M19	7.1	7.0	-0.4	1.2
50	17 04.6	-24 45		16.3	16.0	-0.5	2.8
51	17 05.1	-22 42		17.0	16.7	0.0	3.3
52	17 10.2	-26 34		9.8	9.7	-0.5	1.4
53	17 14.6	-29 27					
54	17 16.5	-28 08					
55	17 18.0	-23 45					
56	17 19.1	-18 31	M9	12.8	12.6	1.1	2.2
57	17 17.1	+43 09	M92	7.9	2.4	6.0	4.5
58	17 21.2	-19 35					
59	17 25.4	-48 29					
60	17 24.0	-26 22					
61	17 23.6	-17 49		19.1	18.7	2.0	3.3
62	17 28.1	-29 59					

63	17	31.8	-67	03	delta 225				
64	17	27.8	-05	04		17.4	16.0	5.0	4.8
65	17	35.4	-39	04					
66	17	36.3	-44	45					
67	17	40.9	-53	41	delta 366	2.9	2.7	-1.1	-0.6
68	17	38.7	-23	55					
69	17	37.6	-03	17	M14	14.5	13.1	5.0	3.5
70	17	43.7	-26	13					
71	17	44.9	+03	11					
72	17	48.9	-20	22					
73	17	50.2	-37	03					
74	17	51.3	-34	38					
75	17	59.1	-44	13					
76	18	01.8	-08	57					
77	18	03.6	-30	02					
78	18	04.8	-30	04					
79	18	03.9	-00	18		15.6	13.8	6.9	2.7
80	18	04.8	-07	35					
81	18	08.0	-43	44	delta 473	4.0	3.9	-0.7	-0.7
82	18	07.4	-25	01					
83	18	09.4	-25	55					
84	18	10.3	-31	46					
85	18	10.7	-07	13		25.1	23.1	9.3	2.6
86	18	13.7	-31	49					
87	18	18.6	-52	13	delta 376				
88	18	23.7	-30	21					
89	18	24.6	-24	52	M28	4.8	4.7	-0.6	-0.5
90	18	31.4	-32	21	M69				
91	18	31.0	-25	30		15.2	14.9	2.2	-2.1
92	18	31.4	-23	28					
93	18	35.8	-33	00					
94	18	36.4	-23	55	M22	3.0	2.9	0.6	-0.4
95	18	41.5	-19	49		47.9	11.5	46.1	-5.8
96	18	43.3	-32	18	M70				
97	18	53.0	-08	43		5.7	5.1	2.5	-0.5
98	18	55.2	-30	28	M54				
99	18	55.1	-22	43		14.7	14.1	3.3	-2.8
100	18	59.6	-36	38	delta 573	7.4	7.0	0.0	-2.3
101	19	05.1	+01	53					
102	19	10.8	-59	59	delta 295	5.3	4.3	-1.9	-2.3
103	19	11.1	+01	02		8.4	6.8	4.8	-0.6
104	19	16.6	+30	10	M56	10.5	4.8	9.1	1.7
105	19	18.2	+18	34		8.3	5.0	6.6	0.4
106	19	28.8	-30	21					
107	19	40.1	-30	56	M55	6.0	5.4	1.2	-2.4
108	19	45.3	-08	02		28.8	23.3	14.7	-7.9
109	19	53.7	+18	47	M71	2.6	1.4	2.1	-0.2
110	20	06.1	-21	55	M75	35.1	29.6	10.8	-15.3
111	20	34.2	+07	24		18.3	10.6	13.6	-6.0
112	20	53.4	-12	33	M72	21.1	14.5	10.2	-11.4
113	21	01.4	+16	12		39.8	16.5	33.8	-13.0
114	21	30.0	+12	10	M15	10.5	4.0	8.4	-4.8
115	21	33.5	-00	50	M2	12.3	5.8	8.1	-7.2
116	21	40.3	-23	11	M30	13.3	8.1	4.1	-9.8
117	21	46.5	-21	14		38.0	21.8	13.1	-28.2
118	23	06.7	+12	44		100.0	3.8	73.0	-68.2
119	23	08.3	-15	38		34.7	9.5	12.6	-30.9