

POSITION DU CENTRE DE LA GALAXIE

La méthode de détermination du centre de la Galaxie par rapport au Soleil utilisée ici est celle mise au point par l'astrophysicien américain Harlow Shapley (1885-1972) en 1914. Cet exercice a été adapté à partir du travail de Shapley et mis sous forme de TD dans le cours d'astrophysique du CNED.

Méthode

Les amas globulaires sont des rassemblements d'étoiles répartis dans le halo sphérique de la Galaxie. Cette répartition étant supposée aléatoire, le centre de symétrie des amas globulaire correspond avec une assez bonne approximation au centre de la Galaxie.

Les coordonnées galactiques (latitude l et longitude b) de chacun des 19 amas étudiés donnent leur direction dans l'espace par rapport au Soleil. Manque la dimension de profondeur, leur distance.

L'intérêt du travail de Shapley fut de déterminer ces distances grâce à leur diagramme Hertzsprung-Russel dits diagrammes HR.

Le diagramme HR d'un amas est la représentation de chacune de ses étoiles dans un système donnant la luminosité des étoiles en fonction de leur température de surface.

Dans un diagramme HR d'amas d'étoiles de tous âges, on trouve plusieurs zones dont les principales nous intéressant ici sont :

- La « séquence principale » pour laquelle les étoiles sont dans la phase stable de combustion de l'hydrogène (comme le Soleil en ce moment). Dans cette zone, plus l'étoile est lumineuse, plus elle est chaude. Les étoiles se regroupent dans le diagramme autour d'un axe incliné. Un amas globulaire étant très âgé, les étoiles de la séquence principale sont très peu nombreuses. Elles ont presque toutes évolué vers les zones suivantes.
- La zone des géantes. Ici, les étoiles deviennent des géantes rouges. Leur température de surface diminue, et leur luminosité (fonction de leur rayon) augmente. Elles se regroupent dans le haut et vers la droite du diagramme.
- La « branche horizontale » regroupe des étoiles dans une phase instable. Leur luminosité change peu avec leur température.

Entre cette dernière zone, la branche horizontale, et la séquence principale, se trouve un « trou », zone comportant très peu d'étoiles. Elle correspond à une période très courte de l'évolution des étoiles, pendant laquelle elle devient variable, un peu comme les Céphéides. La courte durée de cette période explique le peu d'étoiles dans cette phase à un moment donné.

Ces étoiles pulsantes, appelées RR-Lyrae ont la particularité d'avoir une magnitude absolue constante et identique quel que soit l'endroit où elle se trouve. Elles vont donc nous permettre d'évaluer la distance des amas globulaires grâce à l'équation :

$$m_0 - M = 5 \log D - 5$$

où m_0 est la magnitude apparente réelle
 M est la magnitude absolue (ici $M = 0,6$)
 D est la distance en Parsecs ($1 \text{ pc} = 3,26 \text{ al}$)

La magnitude apparente mesurée m_v doit être corrigée de l'absorption interstellaire due à la présence de nuages de gaz et de poussières sur la ligne de visée. Ces nuages absorbent une partie de la lumière nous parvenant et faussent les mesures de magnitude. Mais en 1914 existaient déjà des cartes précisant, selon la direction, l'absorption à appliquer (Δm).

Ce que fit Shapley. Il obtint alors la magnitude apparente réelle en calculant $m_0 = m_v - \Delta m$. Il put alors en déduire la distance des étoiles RR-lyrae de chacun des amas globulaires.

Application

Shapley modifia les 2 coordonnées sphériques l et b et la distance, en 3 coordonnées rectangulaires X , Y et Z , plus faciles à représenter graphiquement.

Le passage des coordonnées sphériques aux coordonnées rectangulaires se fait en appliquant les formules :

$$X = D \cos l \cos b$$

$$Y = D \sin l \cos b$$

$$Z = D \sin b$$

D , X , Y et Z sont exprimés en Parsecs.

Le tableau 1 annexé regroupe les données expérimentales (l , b , m_v), ainsi que les valeurs calculées à reporter sur un graphique.

L'analyse se fait dans le plan X , Z (on pourra également répéter le même exercice dans les autres plans).

- 1 - Reporter sur du papier millimétré, la position des 19 amas globulaires en X et Z .
 en abscisse X : $1 \text{ cm} = 2\,000 \text{ pc}$
 en ordonnée Z : $1 \text{ cm} = 2\,000 \text{ pc}$
- 2 - Calculer la moyenne des valeurs de X et de Z . Reporter ce point représentant le centre de la Galaxie.

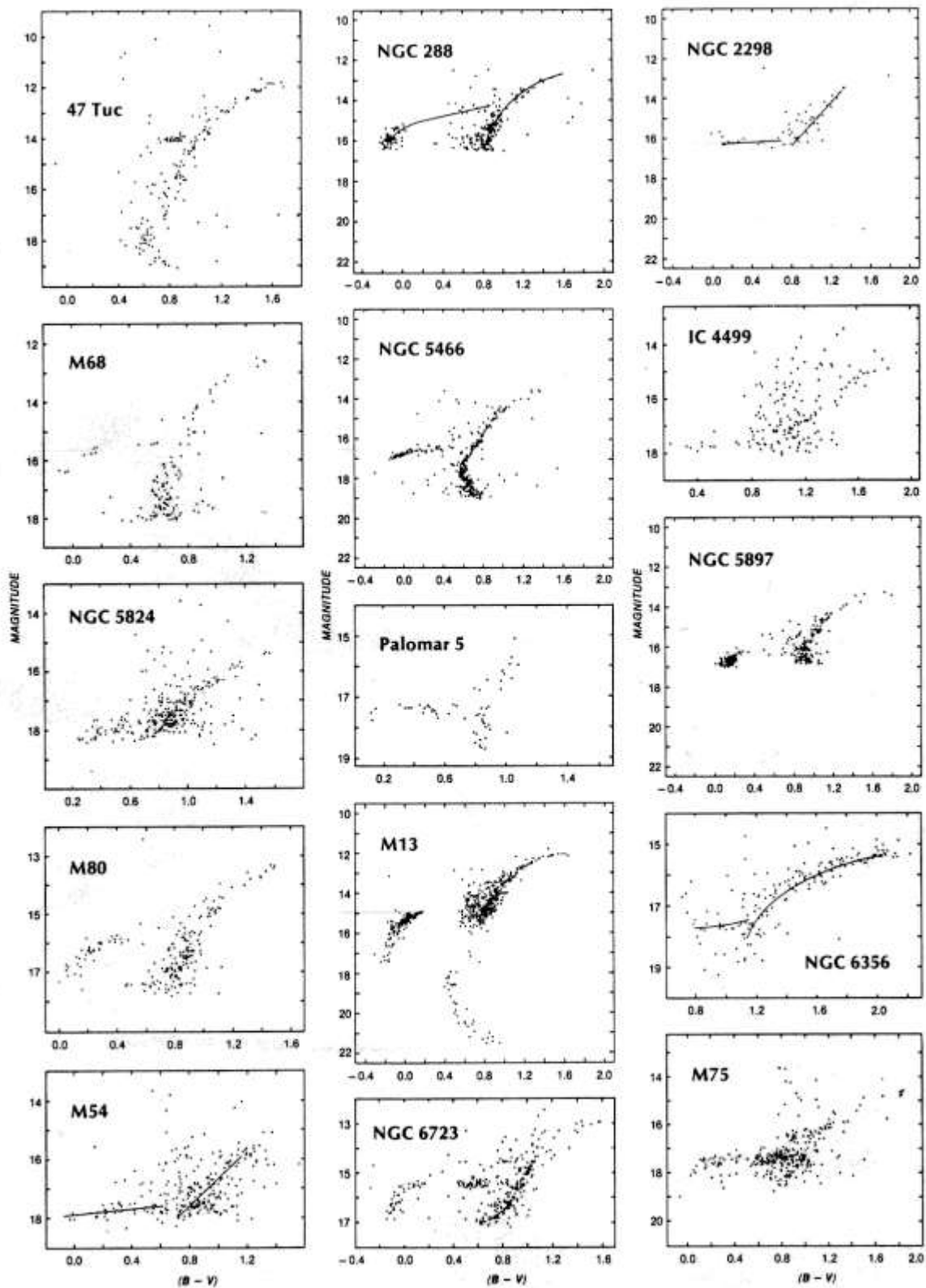
Le tableau 2 donne les valeurs de X et Z de 12 amas globulaires situés à une faible latitude galactique (dans la direction du bulbe). En les reportant sur le graphique, on s'aperçoit qu'ils sont tous situés entre le Soleil et le centre de la Galaxie. Ceux situés derrière ce centre ne sont pas visibles ! Ces 12 amas n'ont donc pas été pris en compte dans l'estimation du centre de la Galaxie car ils faussent les résultats. Remarquons que les amas de la première série sont tous à plus de 14° de latitude galactique.

Tableau 1

Amas	Ext. mag	l °	b °	m _v mag	m ₀ mag	D pc	X pc	Y pc	Z pc
47 Tucanae	0,13	305,9	-44,9	14,0	13,87	4 508	1 872	-2 586	-3 182
NGC 288	0,10	149,7	-89,4	15,4	15,30	8 710	-79	46	-8 710
NGC 2298	0,36	245,6	-16,0	16,1	15,74	10 666	-4 234	-9 337	-2 940
M 68	0,10	299,6	36,0	15,7	15,60	10 000	3 996	-7 034	5 878
NGC 5466	0,17	42,1	73,6	16,5	16,33	13 996	2 932	2 649	13 426
IC 4499	0,79	307,4	-20,5	17,6	16,81	17 458	9 932	-12 991	-6 114
NGC 5824	0,46	332,6	22,1	18,0	17,54	24 434	20 099	-10 418	9 193
Palomar 5	0,10	0,9	45,9	17,4	17,30	21 878	15 233	239	15 711
NGC 5897	0,20	342,9	30,3	16,2	16,00	12 023	9 922	-3 052	6 066
M 80	0,69	352,7	19,5	15,8	15,11	7 980	7 461	-956	2 664
M 13	0,07	59,0	40,9	15,0	14,93	7 345	2 859	4 759	4 809
NGC 6356	0,90	6,7	10,2	17,7	16,80	17 378	16 987	1 995	3 077
M 54	0,46	5,6	-14,1	17,8	17,34	22 284	21 509	2 109	-5 429
NGC6723	0,30	0,1	-17,3	15,4	15,10	7 943	7 584	13	-2 362
M 75	0,56	20,3	-25,8	17,4	16,84	17 701	14 947	5 529	-7 704
M 72	0,10	35,2	-32,7	16,9	16,80	17 378	11 950	8 430	-9 388
NGC 7006	0,43	63,8	-19,4	18,7	18,27	34 198	14 241	28 942	-11 359
M 15	0,38	65,0	-27,3	15,7	15,32	8 790	3 301	7 079	-4 032
M 30	0,03	27,2	-46,8	15,3	15,27	8 590	5 230	2 688	-6 262

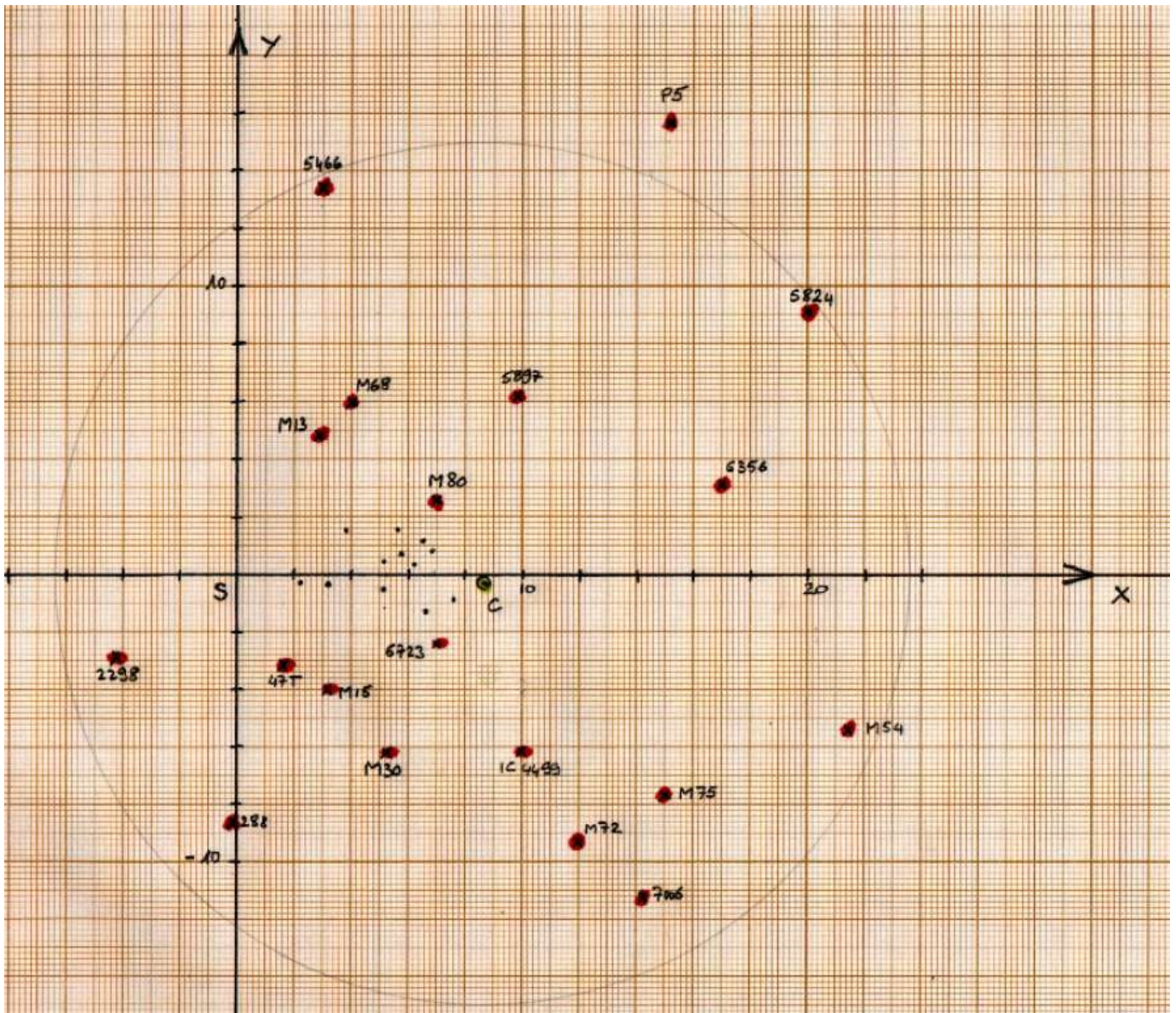
Tableau 2

Amas	X pc	Z pc
NGC 5286	5 705	1 595
NGC 6139	8 528	1 104
M 10	3 896	1 687
M 62	5 796	798
NGC 6304	5 215	491
NGC 6401	6 288	399
NGC 6517	6 902	890
NGC 6541	6 595	-1 288
NGC 6509	7 607	-890
NGC 6642	5 215	-613
NGC 6760	3 098	-301
M 71	2 209	-301



TA III

K 9807 TA 03



En rouge, la position en X, Z des 19 amas globulaires du tableau 1.
 S est la position du Soleil (origine des axes), C le centre de la Galaxie.
 Les points noirs représentent les amas à faible latitude galactique du tableau 2.