

Histoire des amas globulaires

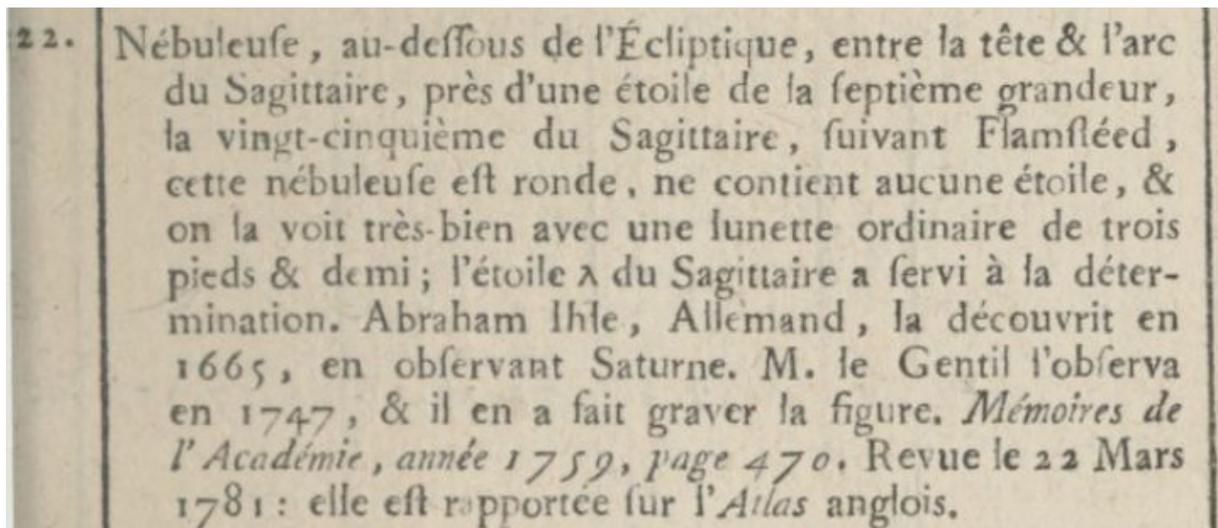
Alain Brémond

I -Premières observations

Le premier amas globulaire M22 aurait été découvert en 1665 par Abraham Ihle (1627-1699), un astronome amateur allemand. Il observait Saturne alors dans le Sagittaire. Halley écrit en 1716: « Il semble qu'elle ait été découverte [la nébuleuse] au cours de l'année 1665 par un gentilhomme allemand nommé Abraham Ihle qui observait Saturne alors près de son aphélie. » Ce même propos est repris par Messier en 1764.

Halley la décrit comme petite et lumineuse, De Chéseaux comme ronde, de 5' de diamètre et de couleur rougeâtre. Pour Lacaille elle ressemble à un petit noyau de comète.

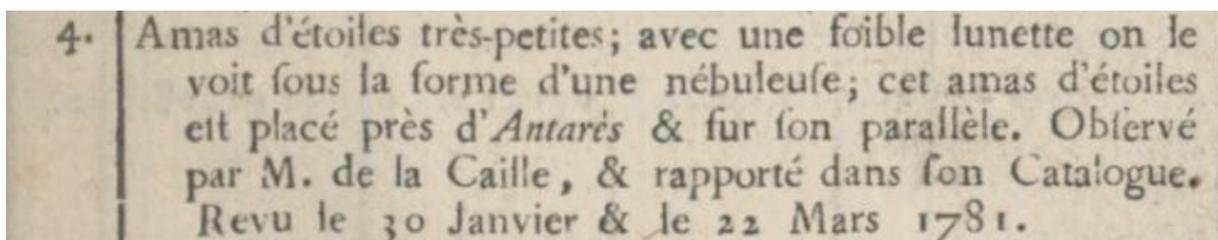
Le 5 juin 1764, Charles Messier la décrit ainsi :



22. Nébuleuse, au-dessous de l'Écliptique, entre la tête & l'arc du Sagittaire, près d'une étoile de la septième grandeur, la vingt-cinquième du Sagittaire, suivant Flamsteed, cette nébuleuse est ronde, ne contient aucune étoile, & on la voit très-bien avec une lunette ordinaire de trois pieds & demi; l'étoile λ du Sagittaire a servi à la détermination. Abraham Ihle, Allemand, la découvrit en 1665, en observant Saturne. M. le Gentil l'observa en 1747, & il en a fait graver la figure. *Mémoires de l'Académie, année 1759, page 470.* Revue le 22 Mars 1781: elle est rapportée sur l'Atlas anglois.

Notez qu'il écrit : » Nébuleuse ...ne contient aucune étoile. »

Messier observa M4 :



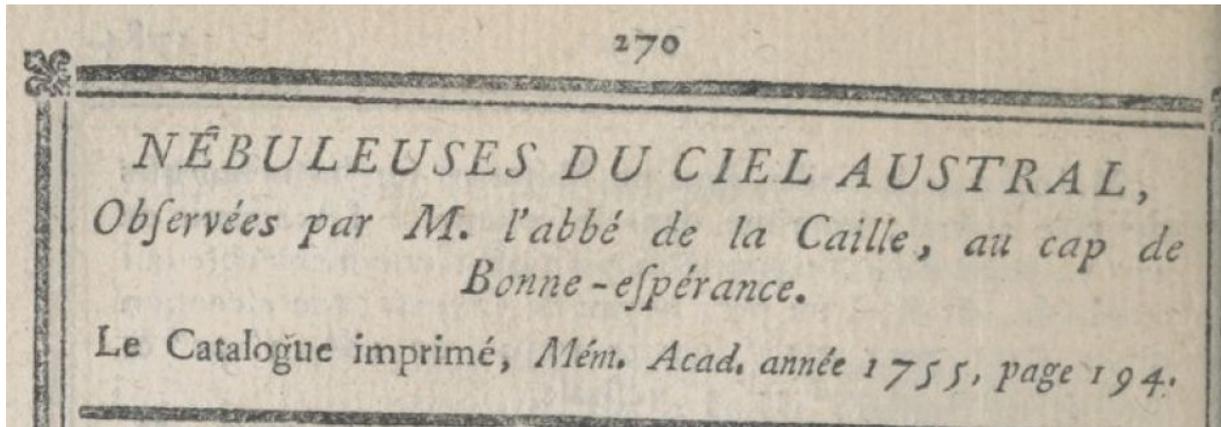
4. Amas d'étoiles très-petites; avec une foible lunette on le voit sous la forme d'une nébuleuse; cet amas d'étoiles est placé près d'Antarès & sur son parallèle. Observé par M. de la Caille, & rapporté dans son Catalogue. Revu le 30 Janvier & le 22 Mars 1781.

Ici il le décrit comme un amas d'étoiles.

Le catalogue de Messier a été publié dans « La Connaissance des Temps » de 1784. Il se termine avec M 103.

Au total il décrira 29 amas globulaires : M2 — M3 — M4 — M5 — M9 — M10 — M12 — M13 — M14 — M15 — M19 — M22 — M28 — M30 — M53 — M54 — M55 — M56 — M62 — M68 — M69 — M70 — M71 — M72 — M75 — M79 — M80 — M92 — M107.

Dans le même volume des « Connaissance des Temps » de 1784, sont listés des objets observés par La Caille dans le ciel austral : ce sont les amas classés aujourd'hui : NGC 104, NGC 4833, M55, M69 et NGC 6397



Voici probablement la description d'Omega du Centaure :

co. 56. 8	57. 19. 30	amas prodigieux de petites étoiles fort serrées, remplissant la figure d'un demi-cercle de 20 à 25 minutes de diamètre.
-----------	------------	---

Sa position actuelle est en effet :

Ascension droite 13^h 26^m 47,28^s

Déclinaison -47° 28' 46,1"

William Herschel commença un programme d'observation systématique du ciel en 1782. Il utilisait plusieurs télescopes dont le plus grand permettait de séparer les étoiles de plusieurs amas. Aux 29 de Charles Messier il ajouta 37 amas nouveaux. Ce fut lui qui leur donna le nom d'*amas globulaire*.

II - Photographies

La première photographie d'un amas globulaire est due à **Isaac Roberts** qui, en 1892 réalise trois photographies de M 15 dans péglise. Pour celle du 1^{er} novembre 1890 il pose deux heures et la photo est réussie. Les autres, avec des poses plus courtes sont insuffisantes.

La même année une photographie était prise avec succès par l'observatoire du Vatican.

Auparavant, en 1852, **Lord Rosse** l'avait dessiné ; son télescope lui permettait de séparer les étoiles.

A partir de 1904, le nombre de photographies ne va pas cesser de croître. On va commencer à compter les étoiles des amas et établir des catalogues de ces étoiles en fonction de leur magnitude avec leurs positions. Entre 1904 et 1908 les magnitudes limites tournent entre 12 et 14 (**Keeler, Palmer, Scheiner, Von Zappel**).

III - Spectroscopie

En 1866 Huggins réalise le spectre de M 13, mais c'est A. Fath qui dès 1909 obtient des spectres de qualité qu'il va comparer avec celui de quelques nébuleuses spirales, ce qui lui permet d'évoquer la nature stellaire de ces dernières. Pour les amas globulaires, si M13 semble avoir plusieurs types d'étoiles, les autres auraient un type spectral F.

En 1909, **Barnard** à Yerkes, étudie la couleur des étoiles de M13 et montre que, contrairement à ce qu'on pensait, les amas ne sont pas uniformes mais contiennent des étoiles de différents types spectraux.

A la même période **Bailey** découvre deux étoiles variables dans M 13.

En 1913, **Chapman** publie une synthèse des connaissances actuelles sur les amas globulaires :

Ce sont des amas d'étoiles,

Les étoiles sont de magnitudes différentes,

Il y a plus d'étoiles de grande magnitude que d'étoiles très brillantes

Ils possèdent un grand nombre d'étoiles variables de courte période.

Hertzsprung, en 1915, montre que les étoiles des AG ont les mêmes caractéristiques que les étoiles de champ de même type spectral.

En 1916 **Bailey** recense 109 amas globulaires dont la plupart ont été observés entre 1665 et la fin du XVIII^e siècle.

IV Les travaux de Harlow Shapley

Harlow Shapley, dès 1914, va consacrer plusieurs années de sa vie aux amas globulaires : de 1914 à 1921, deux séries de travaux seront publiés :

Etudes basées sur les couleurs et les magnitudes dans les amas stellaires (19 articles dans cette série) et *Etude des magnitudes dans les amas stellaires* (13 articles)

En 1914, il étudie plusieurs dizaines d'étoiles variables dans M3 et montre que ce ne sont pas des étoiles doubles mais des étoiles pulsantes. L'année suivante il dresse un catalogue de 1 300 étoiles de M13¹. Il dresse le diagramme couleur-magnitude de cet amas. Les données sont prises au télescope de 60' du Mont Wilson. Il mesure les M_{ph} (B) et M_{pv} (V) des étoiles de l'amas. Il découvre la branche des géantes. Le diagramme HR des AG est très différent de celui des étoiles de champ : les étoiles les plus brillantes sont rouges et les moins brillantes bleues : l'inverse des étoiles du diagramme de Hertzsprung et Russel. En même temps il considère que l'absorption interstellaire est pratiquement nulle. La parallaxe de M13 ne doit pas être inférieure à 0.0001 et sa distance à environ 100 000 a.l. Cette valeur est erronée mais les méthodes de détermination précise des distances n'étaient pas encore au point en 1915. C'est lui qui les inventera en 1918.

C'est plus tard que sera identifiée la branche horizontale par Bruggencate en 1927, sur des travaux de Shapley de 1920.

Il publie son troisième article sur M 67. Cet amas reste mystérieux car il est très différent de M 13 : sa branche des géantes a une pente intermédiaire entre la pente abrupt de M 13 et les pentes des amas ouverts. Il possède aussi des étoiles bleues très brillantes. Il faudra attendre le milieu des années 1950 pour que ce diagramme de M 67 soit compris.

Les articles IV et V concernent M 11, un amas ouvert.

Dans l'article VI² il décrit les méthodes qu'il utilise et a parfois mis au point pour mesurer les distances des amas. Il décrit trois méthodes :

Calibration avec les étoiles variables RR Lyrae

Il va s'attacher en particulier à mesurer leurs positions et leurs distances. Pour cette mesure il va bien sûr utiliser les Céphéides à la suite des découvertes de Henrietta Leavitt (1908) mais lorsqu'elles ne sont pas visibles il va se servir d'indicateurs indirects comme la magnitude apparente des étoiles les plus brillantes de l'amas. Il fait trois hypothèses :

- Les étoiles les plus brillantes de l'amas ont la même magnitude absolue
- Les amas ont tous le même diamètre
- Il n'y a pas d'absorption interstellaire.

1 Studies based on the colors and magnitudes in stellar clusters. II. Thirteen hundred stars in the Hercules Cluster (Messier 13). H. Shapley. Contributions from the Mount Wilson Observatory / Carnegie Institution of Washington. 1916 ; 116 : 1

2 Studies based on the colors and magnitudes in stellar clusters. VI. On the determination of the distances of globular clusters. H. Shapley. The Astrophysical Journal. 1918 ; 48 : 89-124

Bien que ces hypothèses soient fausses elles permettront à Shapley une étude assez précise et extensive des distances des amas. En 1918 il publie trois études sur ce sujet et, avec 69 amas étudié il peut définir la position du Soleil dans la galaxie et celle des amas qui selon ses études sont distincts de la Voie Lactée mais liés avec elle.

Il faudra attendre 1930 pour que Trumpler montre la présence d'une absorption interstellaire et 1954 pour qu'on admette définitivement que les amas globulaires sont en réalités tous différents.

Messier 3	π between 0".00006 and 0".00016
Messier 5	π between 0.00007 and 0.00018
Messier 15	π between 0.00006 and 0.00015
ω Centauri	π between 0.00015 and 0.00038

Shapley 1917 : parallaxes de 4 AG : aucun amas globulaire n'est plus près que 30 000 a.l.

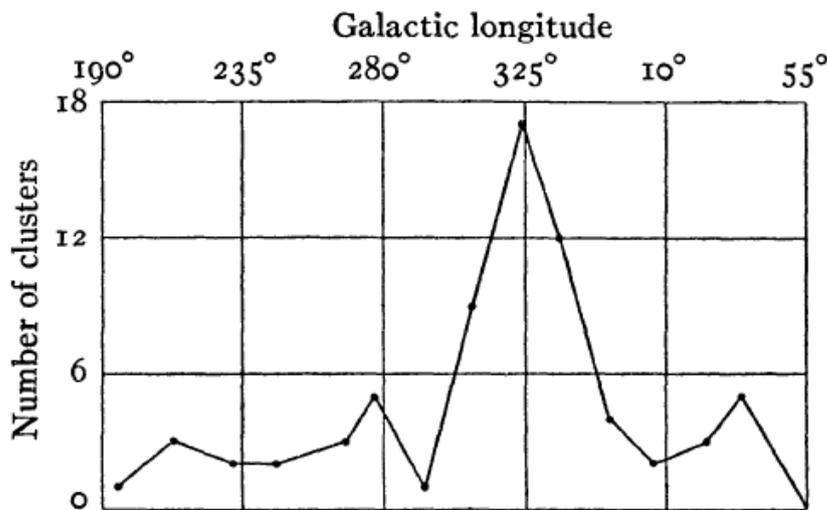


FIG. 3—Distribution of globular clusters in galactic longitude

Distribution des AG en longitude galactique (Shapley 1918)

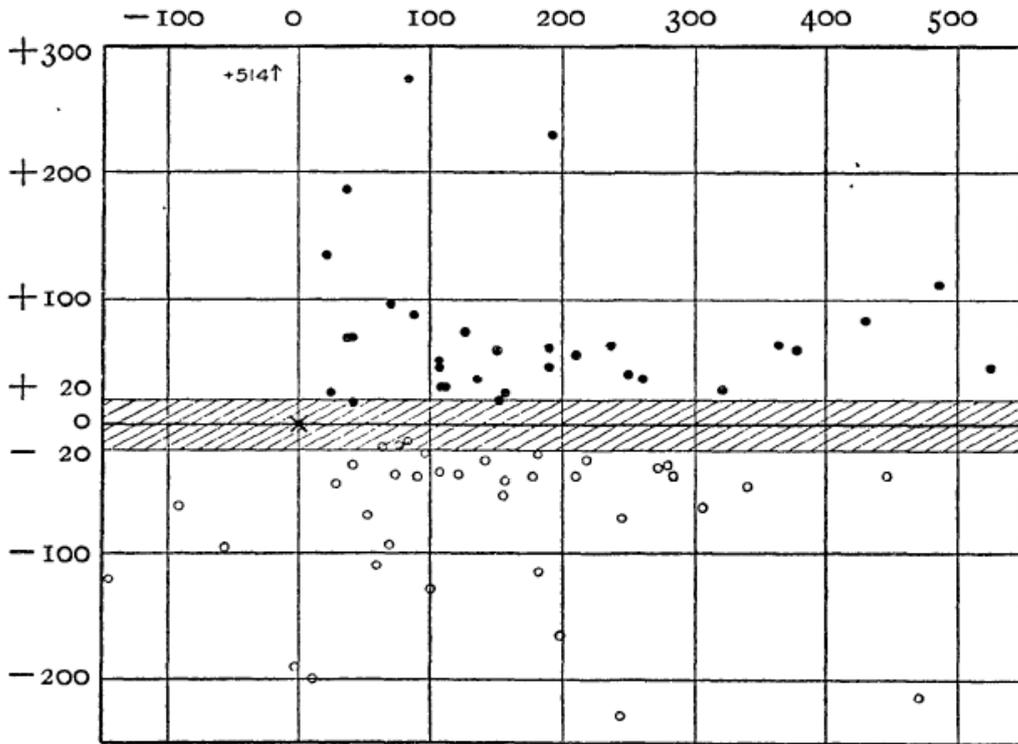


FIG. 4.—Projection of the positions of globular clusters on a plane perpendicular to the Galaxy, illustrating (1) the absence of clusters from the mid-galactic region, (2) their symmetrical arrangement with respect to the Galaxy, (3) the eccentric position of the sun (the cross) with respect to the center 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.

Shapley 1918

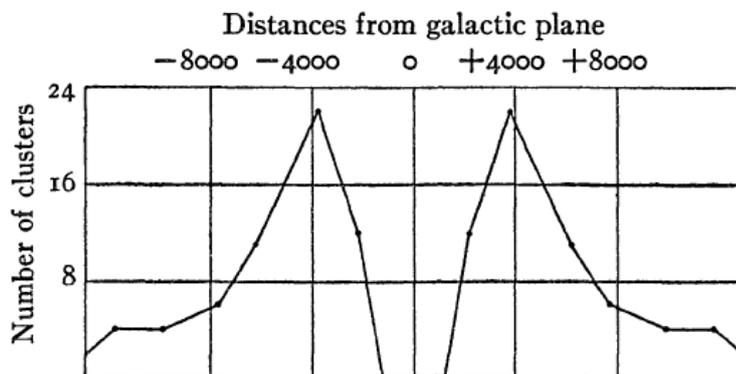


FIG. 6.—Reflected frequency-curve of the distances of globular clusters from the galactic plane, illustrating the equatorial region devoid of globular clusters. The unit of distance is one parsec.

Shapley 1918

Après sa nomination comme directeur du Harvard College Observatory, ses élèves Henrietta Swope et Helen Battles Sawyer Hogg poursuivront ses études avec en particulier une classification des AG en 12 classes. Cependant il publiera encore une monographie sur les AG en 1930, un chapitre d'un manuel d'astrophysique en 1933 et un superbe article dans *Popular Astronomy* en 1949.

La classification de **Shapley–Sawyer**:

Classe	Description	Exemple
I	Forte concentration au centre	 Messier 75
II	Concentration dense au centre	 Messier 2
III	Fort noyau intérieur d'étoiles	 Messier 54
IV	Concentrations riches intermédiaires	 Messier 15
V	Concentrations intermédiaires	 Messier 30

VI Intermédiaire



Messier 3

VII Intermédiaire



Messier 22

VIII Concentration plutôt diffuse vers le centre



Messier 14

IX Diffuse vers le centre



Messier 12

X Diffuse



Messier 68

XI Très diffuse vers le centre



Messier 55

XII Presqu'aucune concentration au centre



Palomar 12

1. Hogg, Helen Battles Sawyer (October 1965). "Harlow Shapley and Globular Clusters". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **77** (458): 336–46.
2. Burton, Jeff (July 26, 2011). "Shapley–Sawyer Globular Cluster Concentration Class".

Martin **Schwarzschild** en 1940 met en évidence le gap dans le diagramme HR des amas globulaires.

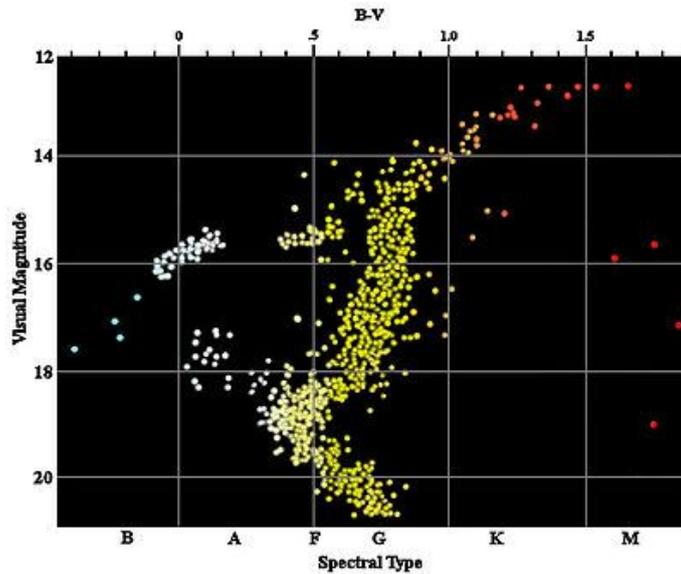


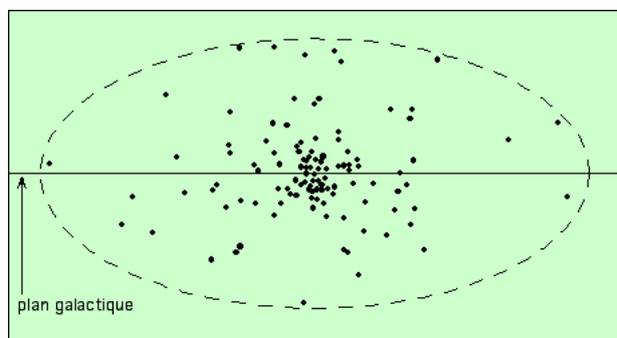
Diagramme H-R de M3. Noter le coude à la magnitude 19 et le « gap » au niveau de la branche horizontale. Noter les « blue stragglers » en avant du coude sur la séquence principale.

V Les découvertes ultérieures

Le nombre d'amas globulaires découverts augmenta régulièrement. De 66 avec Herschel, il atteint 83 en 1915, 93 en 1930 et 97 vers 1947, 120 sont catalogués en 1965 et environ 150 aujourd'hui.

1- Orbites des amas

Mayall en 1946 et Kinman en 1959, Wooling en 1964 pour Omega du Centaure déterminent, avec l'étude des vitesses radiales, les orbites des AG autour du centre galactique.



2- La métallicité des étoiles

Morgan étudie la métallicité des étoiles des AG et montre qu'ils ne sont pas tous semblables malgré leurs âges quasi identiques.

Dans la plupart des cas les étoiles des AG appartiennent à la population II (pauvres en métaux). Néanmoins, l'astronome hollandais Pieter Oosterhoff a remarqué qu'il semblait y avoir deux populations d'amas globulaires :

Groupe I : métallicité un peu plus abondante que dans le type II

Groupe II avec des variables de type RR Lyrae à période plus longue et «pauvre en métaux»

3- Evolution des étoiles au sein d'un amas.

Les étoiles au sein de chaque amas se déplacent lentement vers le centre de l'amas, processus, connu sous le nom « effondrement du cœur ».

Environ 20% de tous les amas globulaires de notre galaxie ont subi l'effondrement de leur cœur.

4- Pertes d'étoiles

Sur les bords extérieurs des amas, les forces de marée de la Voie Lactée vont enlever à l'amas des étoiles de faible masse. De plus, comme les amas se déplacent à travers la galaxie, ils vont parfois passer dans le disque de la Voie Lactée. Ces passages provoquent des chocs de marée et augmentent encore la perte d'étoiles de l'amas : la population actuelle d'amas globulaire est seulement une petite fraction de ce qu'elle était autrefois. (Exemple : Palomar 5)

5- Contenu des amas globulaires

Un grand nombre d'objets ont été identifiés dans les amas globulaires :

Matière nébuleuse (M.S. Roberts en 1960 et Iddis en 1961).

Binaire X de faible masse dans M15.

Blue stragglers (traînants bleus découverts par Allan Sandage en 1953) issu de la fusion de deux étoiles.

Pulsars millisecondes dans M 15

Trous noirs de masse intermédiaire (M15).

6- Age des amas globulaires

Sandage dès 1953 montre que l'âge des AG se situe entre 10 et 20 milliards d'années : c'est l'âge de la Galaxie.