

LES AMAS GLOBULAIRES : STRUCTURES SUBLIMES... MAIS COMBIEN INTRIGANTES

MARIO LESSARD

*Qui n'a pas été émerveillé par l'image de M13 ou de M22 formée à l'oculaire d'un instrument d'observation amateur ? Ces deux corps célestes appartiennent à une catégorie d'objets que l'on désigne comme étant des **amas globulaires**. Voici en un clin d'œil, et à la lumière des connaissances actuelles, un portrait de ces structures si convoitées par nos « pièges » à photons que sont nos télescopes, lunettes ou jumelles, lors de nos sorties d'observations.*

LES CARACTÉRISTIQUES...

Un ensemble d'étoiles, liées par la gravitation forme un amas stellaire. Parmi ces amas d'étoiles, certains sont plus massifs (environ un million de fois la masse du Soleil) - ce sont les amas globulaires - et d'autres, de moins d'une dizaine de milliers de masses solaire forment les amas ouverts. Plus de 150 amas globulaires habitent pour la plupart le halo de la Voie Lactée, ainsi que dans le disque. Ces amas stellaires, possèdent des étoiles très âgées, dont leur **métallicité**, la proportion de métaux dans leur spectre, est très faible par rapport au Soleil. Leur quantité de fer par exemple, est de 10 à 300 fois inférieure à celle de notre étoile. Les plus riches en métaux, sont situés dans le disque. Leur orbite les amène à croiser le plan de la Voie Lactée 3 fois par milliard d'année environ, interagissant alors avec les étoiles et le gaz du disque. Étant donné leur faible nébulosité interstellaire, ils perdent sans doute leur quantité de gaz lors de ces passages répétés.

Les amas globulaires représentent environ 1 % de la masse stellaire dans le halo de notre galaxie. Ils ont une forme sphérique parfaite, et diffèrent l'un à l'autre que par leur masse relative, leur composition chimique, et leur lumi-

nosité. Ils hébergent des étoiles peu massives dites de **population II**. Cependant, chaque amas présente généralement une composition chimique semblable entre ses étoiles. Étant donné leur âge, les amas globulaires nous renseignent aussi sur l'évolution chimique de notre galaxie.



M22 dans la constellation du Sagittaire.



La chronique de MARIO

CAAS MARS 2004

PAGE 4

L'observation du ciel en rayons X, qui est quand même relativement récente, révèle qu'une proportion importante de cette gamme du spectre provient des amas globulaires. Ils sont environ 100 fois plus lumineux en rayons X qu'un même nombre d'étoiles situées dans le disque galactique. Il est même raisonnablement admis que les astronomes pourront découvrir d'autres amas globulaires inconnus dans la Voie Lactée, car cette fenêtre du spectre ne souffre pas de l'obscurcissement et l'extinction galactique par les poussières et les nuages opaques sur la ligne de visée et qui nous les rendent invisibles. Ces émissions en rayons X proviennent vraisemblablement des étoiles binaires très serrées, dont une des composantes est une étoile à neutron (voir plus bas), situées dans le cœur de l'amas globulaire.



M13 amas globulaire dans Hercule et joyau du ciel. Il contient probablement 500 000 étoiles.

LEUR ORIGINE...

Les amas globulaires de la Voie Lactée se sont formés aux tout premiers instants de celle-ci. Afin de mieux comprendre leur origine, nous allons tenter de revoir les étapes d'effondrement d'un nuage de gaz et de poussières conduisant à une structure semblable. Le processus de

base à l'origine de la formation d'une étoile est une **instabilité de Jeans**. Cette perturbation survient lorsque la gravitation propre du nuage de gaz est telle, qu'elle surpasse la pression thermique qui s'opposait à toute contraction et qui conservait jusqu'alors l'état stable du système. Suite à cette instabilité, le nuage se contracte sur lui-même. Mais attention!!! Il faut une augmentation du contraste de densité inimaginable afin de former une étoile à partir d'un nuage local de gaz. En effet, entre le gaz dilué et l'étoile, la masse volumique de la matière s'est accru d'un facteur 100 mille milliards de milliards !!! Maintenant, voyons les corrélations descriptives entre nuages moléculaires et amas d'étoiles, selon les scénarios théoriques actuels.

Parmi les types de nuages de matière interstellaire observés, quelques-uns sont de faible densité, très étendus et sont majoritairement composés d'**hydrogène atomique** (parfois **ionisé** lorsqu'il se trouve dans le voisinage d'une étoile très chaude), tandis que d'autres sont beaucoup plus denses, massifs et sont habités principalement par des **populations moléculaires**. En association avec ces derniers, on observe aussi des sous nuages moléculaires généralement groupés entre eux.

À la lumière de ces observations, il est permis de se faire une idée grossière de la situation : un nuage massif qui s'effondre suite à une instabilité de Jeans, et qui se fragmente en une



C.A.A.S

La chronique de MARIO

CAAS MARS 2004

PAGE 5

multitude de nuages moléculaires plus petits qui s'effondrent et se fragmentent à leur tour pour donner naissance à un amas de **proto-étoiles**. Ces proto-étoiles sont les embryons des futures étoiles qui formeront l'amas. Ce scénario émergé de la communauté scientifique a bénéficié de beaucoup de support d'observations ces dernières années. Mais comme on voit souvent dans le cas des publicités sur le prix de vente attractif d'un véhicule automobile : certaines conditions s'appliquent !!!!

Premièrement il a faut enrayé le problème de la pression thermique. En effet, la pression interne entre les atomes et les molécules du nuage pousse celui-ci à se dilater dans le vide, où la pression est nulle (ce qui n'est pas tout à fait exacte mais du point de vue du nuage... ça l'est). Donc, gravitation et pression interne s'opposent et s'engage alors dans un combat de titans. Qui des deux en sortira vainqueur ??? Cela dépend et de la température, et de la masse du nuage. Notre physicien anglais sir Jeans Hopwood, nous a enseigné que pour l'emporter, la gravitation doit faire effondrer les atomes ou molécules du nuage à une vitesse supérieure à celle du son. En retour, ce dernier paramètre est gouverné par la masse du nuage. Plus le nuage est léger (comme dans le cas d'un nuage d'hydrogène moléculaire), plus il doit être massif pour vaincre la pression thermique. Donc il existe une masse critique nommée **masse de Jeans**, au-delà de laquelle, le nuage est instable et se contractera pour former des étoiles. Elle est de l'ordre de quelques dizaines de milliers de masses solaires pour un nuage interstellaire typique. Ce qui est cohérent avec les masses estimées de ces amas stellaires. Le moteur de l'effondrement du nuage peut être d'origine intrinsèque ou externe (comme l'explosion d'une étoile en supernova dans le voisinage).

Une chose est sûre. Étant donné le faible rendement au niveau de la formation d'étoiles à partir d'un nuage moléculaire massif observé de nos jours, pour former des structures semblables contenant des milliers de masses solaires, on peut considérer les nuages de matières requis en pareilles circonstances comme des mini-galaxies (ajoutons qu'à cause de ses caractéristiques chimiques et physiques, Omega du Centaure serait sans doute un objet prototype de cette sous classe) !!!



NGC 4038/4039 (les antennes). Des amas globulaires en formation s'y trouvent suite au cataclysme de la collision entre les deux galaxies.



C.A.A.S

La chronique de MARIO

CAAS MARS 2004

PAGE 6

ILS S'ÉVAPORENT...???

L'étude de l'évolution dynamique des amas globulaires par simulation numérique ou autre, nous révèle quelque chose d'intéressant. Le patron de distribution des vitesses des étoiles à l'intérieur de l'amas est qualifié de **Maxwellienne**. C'est à dire que l'interaction gravitationnelle entre un groupe d'étoiles tend à diminuer les écarts de vitesse entre celles-ci, leur donnant ainsi un comportement analogue aux molécules d'un gaz parfait. De ce fait même, existe une « queue » dont les vitesses sont supérieures à la vitesse de libération de l'amas. Ces étoiles quittent l'amas. Donc l'amas globulaire... s'évapore ! Mais ce n'est pas fini car, pour rendre le principe de conservation de l'énergie valide, le reste de l'amas se contracte, jusqu'à l'effondrement final. Ce processus est nommé **catastrophe gravothermique**, et survient après environ 10 milliards d'années dans le centre de l'amas globulaire. Lorsque les conditions de densité à l'intérieur du cœur de l'amas permettent le rapprochement d'étoiles et la formation de système binaire physique, cette liaison libère de l'énergie mécanique vers l'extérieur, la transférant au reste de l'amas et celui-ci se dilate : la contraction est stoppée, ce qui ne manque pas de nous rappeler le comportement d'un gaz sous pression. Il peut s'y former des trous noirs jouant aussi le même rôle de transfert d'énergie. La fin de cette évolution nous conduit vers une évaporation quasi totale de l'amas ne laissant que les « résidus » : systèmes binaires serrés ou trous noirs. Temps approximatif du processus : 25 milliards d'années, plus que l'âge de la Voie Lactée.

AMAS GLOBULAIRES ÂGÉS... ET JEUNES.

Voilà le portrait que l'on se faisait il y a quelques années sur ces objets célestes : de vieux objets contenant de vieilles étoiles !!! Cette idée a beaucoup changé récemment après les travaux de Steven Zepf et Keith Ashman, ainsi que d'autres astronomes utilisant en première ligne, le télescope spatial Hubble. Non seulement la formation de ces objets n'est pas résolue, mais en plus, les amas globulaires issus des conditions requises pour leur formation, c'est à dire collisions entre galaxies spirales riches en gaz, collisions et friction entre l'amas globulaire et la matière galactique lors de la traversée de celui-ci dans le plan de la galaxie etc... sont beaucoup plus nombreux qu'on ne pensait. Le « cyber espace » est venu ensuite donner du poids à ces observations.

Et de plus, les astronomes sont peut-être parvenus à faire le lien tant attendu au niveau du « fardeau de la preuve », à propos de l'émergence d'une galaxie elliptique comme état final de la collision entre galaxies spirales (même si le doute portait vers cette dernière hypothèse). En effet, afin de démontrer l'âge des amas globulaires, donc la preuve que leur formation se déroule toujours de « nos jours » (donc d'amas globulaires plus jeunes), un modèle de photométrie basé sur la couleur des étoiles a

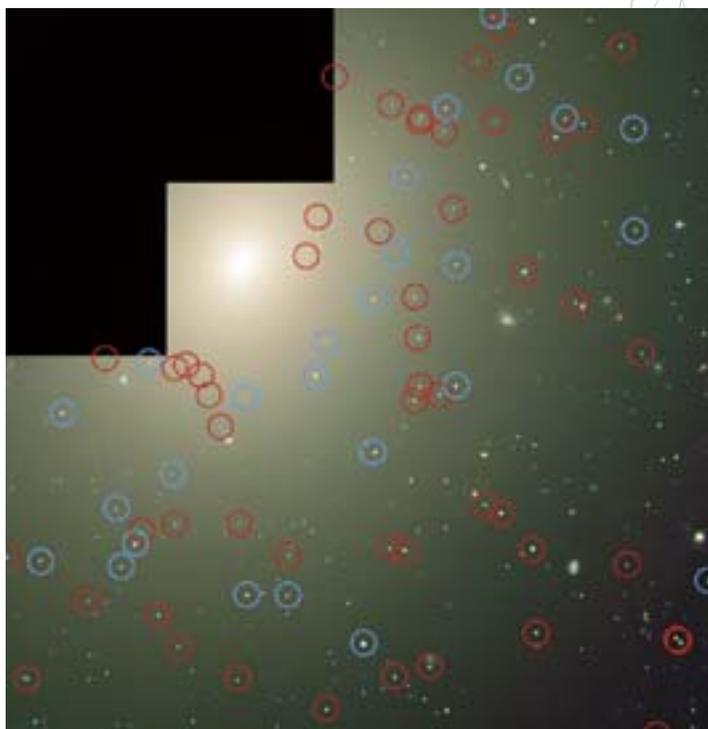


C.A.A.S

La chronique de MARIO

CAAS MARS 2004

PAGE 7



NGC 4365 galaxie elliptique. Les cercles rouges sont de vieux amas globulaires. Les cercles bleus sont des amas globulaire d'âge intermédiaire. Cette découverte permettra d'en savoir plus sur l'évolution des galaxies.

été mis au point. Sans entrer dans les détails, disons pour simplifier que les amas globulaires constitués de vieilles étoiles sont moins rouges que leurs congénères plus jeunes, ce qui permet de les discriminer dans une galaxie donnée. C'est ainsi que dans quelques galaxies elliptiques dont NGC4365, les amas globulaires se classent en deux catégories : les jeunes ou intermédiaires...et les vieux !!!!

Le mois prochain, je vous parle d'un sujet plus « terre à terre » : Le traitement numérique de l'image. Les étapes fondamentales de l'évaluation primaire d'une image sont souvent négligées pour la retouche d'images astronomiques. Souvent (trop souvent même) l'approche est basée plutôt à la « va comme je te pousse ». Calibrage, évaluation, format d'images et quelques exemples seront au menu...

D'ici là portez-vous bien et bonnes observations !

MARIO LESSARD



C.A.A.S