Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 62 (2004)
Heft: 323

Artikel: L'univers, dis-moi ce que c'est? : Épisode 22 : la matière interstellaire, 3e partie

Autor: Barblan, Fabio

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-898347

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

L'Univers, dis-moi ce que c'est?

FABIO BARBLAN

Episode 22: La matière interstellaire, 3e partie

4. Les gaz ionisés dans la matière interstellaire

2e partie II:
La nébuleuse de la Tarentule et la nébuleuse de la Carène.

4.3 La nébuleuse de la Tarentule (NGC 2070[1])

Fig. 1: La nébuleuse de la Tarentule et l'amas 30 Dorades au centre de celle-ci.

Cette nébuleuse est située dans le grand nuage de Magellan. C'est donc une nébuleuse extragalactique située à environ 170 000 AL et visible à l'œil nu depuis la terre. Sa forme est à l'origine de son nom: en effet, si on ne considère que les régions brillantes, on peut voir une certaine ressemblance avec l'araignée du même nom (Figure 1). C'est l'exemple le plus proche d'une région HII géante extragalactique. Les dimensions de cet objet sont considérables puisque, si elle se trouvait à la même distance que la nébuleuse d'Orion, son étalement angulaire dans le ciel serait de 30 degrés et elle brillerait trois fois plus que Vénus.

La structure de la Tarentule est extrêmement complexe. On admet qu'elle est constituée de multiples enveloppes de gaz en expansion d'un diamètre de 10 à 50 pc, avec dans leurs régions les plus denses une importante formation d'étoiles (Figures 2 et 3).

Au centre de la nébuleuse se trouve un amas compact d'étoiles jeunes (nommé R126) (Figure 2). Cet amas est tellement compact que pendant très longtemps on l'a considéré comme étant une seule étoile ayant la masse exorbitante de plus de 3000 masses solaires[2]. C'est seulement en 1985 que l'application de modèles théoriques, élaborés en 1966, a permis d'affirmer qu'il devait s'agir d'un amas. Cette hypothèse fut confirmée par les images fournies par le télescope spatial Hubble en 1992 et en 1998 (Figure 2).

En 1991, une recherche a mis en évidence, dans R126, l'existence de deux sources ponctuelles de rayons X. Les auteurs en ont déduit, à l'époque, que 30 Dorade contenait aussi des trous noirs. Cette affirmation a été contestée par la suite grâce à des investigations menées en 1997-98 qui ont montré que l'âge de cet amas devait être inférieur à deux millions d'années. Les étoiles de ce complexe, même les plus massives (de l'ordre de 120 masses solaires), sont encore sur la séquence principale et n'ont pas, pour le moment, entamé leur évolution vers des super-géantes et des trous noirs. On est plus enclin, actuellement, à penser que ces sources de rayons X (on en a trouvé quelques dizaines d'autres) sont engendrées par la collision de vents stellaires d'étoiles de type spectral O ou d'étoiles de type Wolf-Rayet[3] nombreuses dans cet amas.

Un point qui préoccupe les astrophysiciens est celui de la «fonction de masse initiale» (IMF) qui correspond à ces régions pépinières d'étoiles. La fonction de masse initiale donne la distribution des masses des différentes étoiles au départ, c'est-à-dire à l'âge zéro (Figure 5). Cette notion est devenue un élément essentiel pour la compréhension de l'univers profond. La formation violente d'étoiles est une conséquence naturelle des interactions de marées et des processus de fusion, et il y a des bonnes raisons de penser que ces mécanismes étaient nettement plus fréquents dans le passé. On peut citer trois raisons à l'appui de cette affirmation:

- premièrement: des études récentes indiquent que les couples de galaxies étaient plus fréquents dans le passé qu'aujourd'hui,
- deuxièmement, une grande proportion des galaxies mises en évidence par Hubble (HST) dans le ciel profond sont de type irrégulier ou issues de la fusion de deux ou plusieurs objets et
- troisièmement, on a décelé la signature de formation violente d'étoiles à de très grandes distances. Il semble alors logique de penser qu'une grande partie des étoiles observées actuellement dans les galaxies doit avoir pris naissance dans des amas du type R126. Et ce dernier amas est le seul amas dont on peut, à peu près, étudier chaque composante, il n'est donc pas étonnant que des recherches sur l'IMF de 30 Dorade soient entreprises. Un exemple

Fig. 2: Zoom sur l'amas R 136. Les étoiles émergent du cocon de gaz et de poussières dans lequel elles se sont formées. Cette enveloppe désintégrée remplit le reste de l'image; elle est majoritairement constituée de gaz ionisé. R 136 contient un millier d'étoiles bleues chaudes et massives (Image HST).

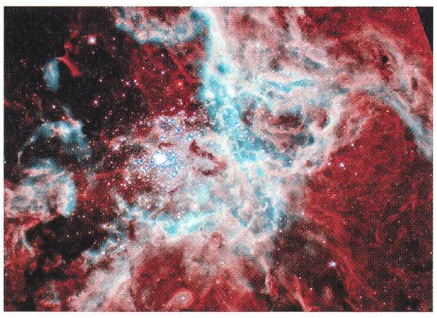
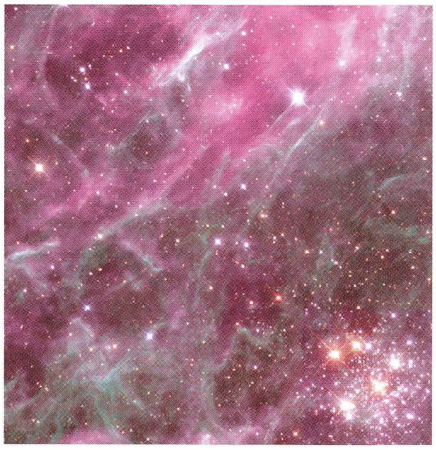


Fig. 3: Cette photo permet d'apprécier la complexité de la structure du gaz de la nébuleuse de la Tarentule.



[1] On utilise souvent aussi la dénomination 30 Dorade pour cette région.

[2] Une telle étoile ne peut pas exister. Des problèmes de stabilité induisent une durée de vie très courte.

[3] Etoiles de WOLF-RAYET: ce sont des étoiles très chaudes et massives qui éjectent d'importantes quantités de matière de l'ordre de 10^{-5} masses solaires par an à des vitesses énormes voisinant les 2500 km/s.

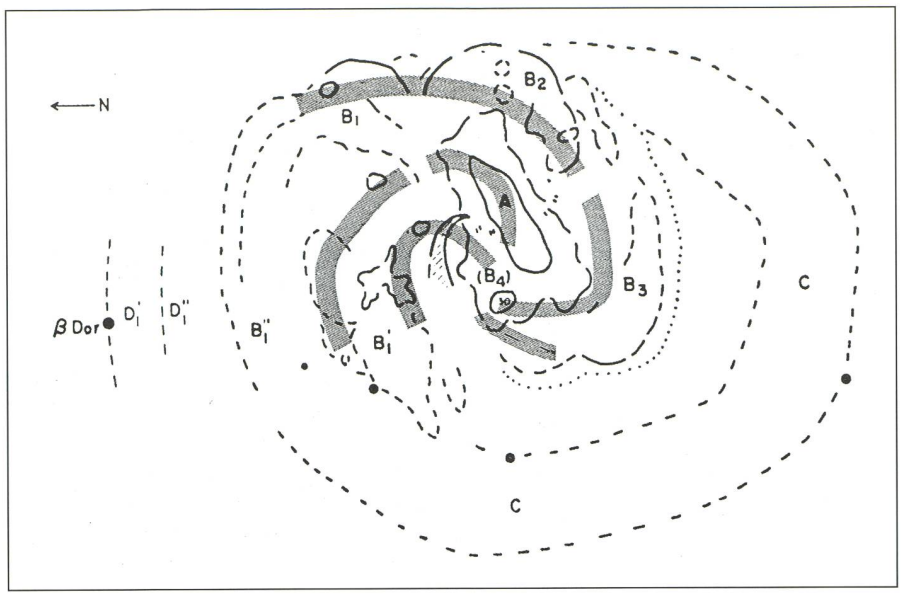


Fig. 4: Ce schéma illustre la proposition faite en 1974 par de Vaucouleurs d'une structure spirale diffuse de la région H II et de la distribution des étoiles super géantes bleues massives (zones hachurées) qui pourrait être assimilée à un noyau actif de galaxie.

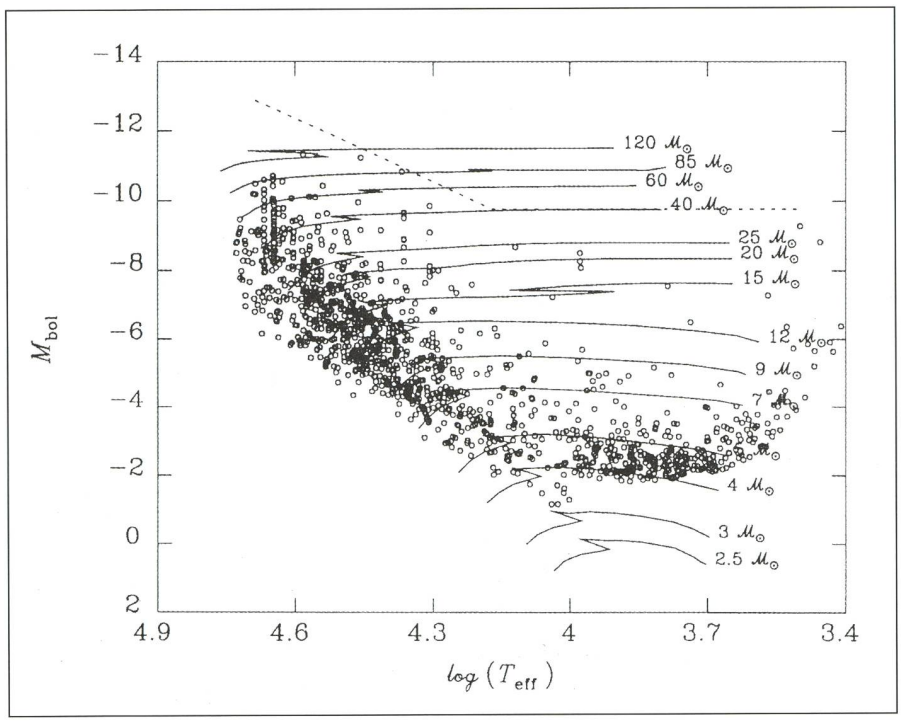


Fig. 5: Diagramme de Hertzsprung-Russel de 1230 étoiles de magnitude V plus petite que 18 de la zone 30 Dorades montrant une distribution des masses stellaires allant de quatre à cent-vingt masses solaires. Cette étude s'inscrit dans le cadre des recherches effectuées sur la «fonction de masse initiale» c'est-à-dire la répartition des masses initiale des étoiles formées dans ce type de région. Cette connaissance est primordiale pour l'étude de l'évolution de ces populations stellaires.

d'une telle étude est le travail de thèse effectué en 1992 par J. W. Parker qui donne la répartition actuelle en masse de 1230 étoiles d'une région de sept minutes d'arc au centre de 30 Dorade. Les masses se distribuent entre quatre et 120 masses solaires, le diagramme H-R de la figure 5 visualise cette distribution. On y note très peu d'étoiles évoluées ce qui atteste bien du jeune âge de l'amas.

Sur le schéma de la figure no 4, qui représente la région de 30 Dorade, sont superposées deux structures. Une structure spirale diffuse (trait pointillés) comme proposé par de Vaucouleurs et collaborateurs en 1974 et une structure spirale plus récente (zones hachurées) correspondante à des régions H II et à la distribution des étoiles bleues, massives super-géantes selon des résultats publiés en 1976.

Ce fait, conjointement à d'autres évidences observationnelles comme la présence dans le spectre optique d'intenses raies d'émission, un solide rayonnement infrarouge centré sur R136 qui s'étend sur une région ayant un diamètre d'environ 15 pc, laisse supposer que la région de 30 Dorade puisse être assimilée à un noyau de galaxie actif. Actif par ce que on observe aussi un flux non négligeable de matière qui est expulsé de cette zone (structure en filament). Une des caractéristiques d'un noyau actif de galaxie étant justement le fait d'être le siège de phénomènes non stationnaires ayant une durée de vie largement inférieure à la durée de vie du noyau lui-même.

4.4 La nébuleuse de la Carène (NGC 3372)

Cette nébuleuse n'est malheureusement visible que de l'hémisphère sud. On peut le regretter, car elle contient une des plus spectaculaires régions du ciel peuplée de jeunes étoiles (Figure 6). Distante de 8000 à 9000 A.L., elle est visible à l'œil nu probablement à cause des nombreuses étoiles brillantes qu'elle contient. Ces étoiles sont parmi les plus brillantes et les plus massives de la Galaxie. La constellation de la Carène est peuplée de douzaines d'étoiles de type spectral O et B qui produisent un puissant rayonnement ultra-violet et de forts vents stellaires qui interagissent avec les restes du nuage moléculaire géant d'origine (Figure 7).

La surface occupée par cette nébuleuse est plus grande que celle d'un carré de quatre degrés d'arc de côté. Les mouvements complexes de cette matiè-

re engendrent des morphologies particulières à toutes les échelles de grandeur: des noyaux denses, des filaments, des arcs, toutes sortes d'inhomogénéités chimiques, cinématiques et de densité. Il existe, dans ce complexe, une foule d'évidences visibles que le processus de formation massive d'étoiles a été actif pendant des millions d'années et qu'il se poursuit encore maintenant. Des études récentes dans le domaine des ondes radio (observation des raies du monoxyde de carbone [CO]) indiquent que des étoiles massives sont nées «récemment» dans différents endroits de condensation du gaz moléculaire en particulier au SE et au NW de l'amas Trumpler 16 (voir notes de bas de page no 4 et 5). La naissance de ces nouvelles étoiles est le résultat des perturbations introduites dans le milieu interstellaire par le rayonnement UV et les vents stellaires des étoiles de la génération précédente nées dans ce même environnement.

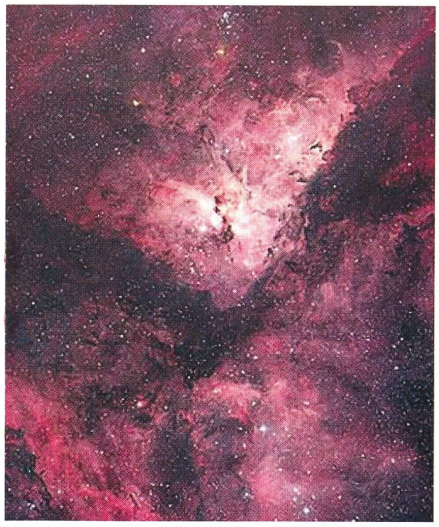
La nébuleuse est subdivisée en deux régions H II «distinctes» Car I et Car II, contenant plusieurs amas ouverts de jeunes étoiles[4] (Figure 10)

4.4.1 La région Car I

Cette région H II est associée avec l'amas ouvert Trumpler 14[5] (Tr 14) (Figure 8). Cet amas est le plus riche et le plus concentré de tous les amas de la nébuleuse de la Carène. Il possède, approximativement, une symétrie radiale avec un rayon de 3.5 pc et un noyau bien défini de diamètre 0.5 pc. Le noyau contient une douzaine d'étoiles de type spectral O-B, parmi elles un «monstre» d'environ 120 masses solaire et une luminosité estimée 2.5 millions de fois plus grande que celle du soleil. Le rayonnement des étoiles de Tr 14 est évidemment responsable d'une part de l'ionisation de cette région et d'autre part du rayonnement infrarouge lointain qu'elle émet et dont le maximum d'intensité se situe à l'est de Tr 14 où l'amas butte contre un épais nuage obscurcissant. Cette émission dans l'infrarouge suggère que l'amas est enrobé dans un nuage moléculaire. Le front d'ionisation s'est formé à l'intérieur du gaz et des poussières associées au nuage obscurcissant et dont la densité croît rapidement vers l'extérieur. La formation des étoiles les plus massives de cet amas a commencé il y a cinq millions d'années et s'est poursuivie d'une façon continue jusqu'à il y a environ un million d'années. Ce jeune âge est attesté par des études photométriques qui montrent que toutes les étoiles de l'amas se trouvent encore sur la séquence principale du diagramme de Hertzsprung-Russel.

Fig. 6: Vue globale de la nébuleuse de la Carène.

Fig. 7: Vue plus rapprochée montrant la nette séparation, par une bande obscure, entre deux régions de la nébuleuse.



4.4.2 La région Car II

Les étoiles qui ionisent cette région sont celles de l'amas ouvert Trumpler 16 (Tr 16) (Figure 8) qui renferme proba-

[4] Les plus importants sont TRUMPLER 14, 15 et 16 et COLLINDER 228 (découverts en 1931)

[5] ROBERT JULIUS TRUMPLER (1886–1956) astronome d'origine suisse (né à Zürich), a travaillé aux USA depuis 1915.

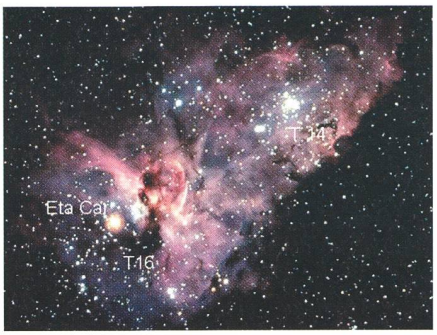


Fig. 8: Zoom sur l'étoile Eta Car et les deux amas Trumpler 14 et 16.

Fig. 9: Vue de détail de T16 et de la nébuleuse dite du «Trou de serrure».

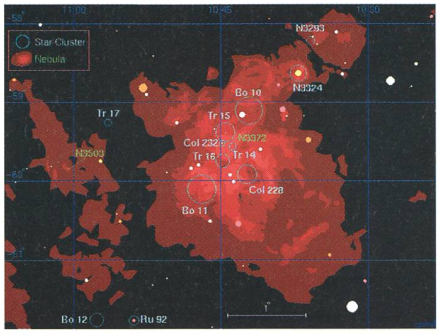


Fig. 10: Vue schématique de la nébuleuse et de son environnement et de l'ensemble des amas stellaires de la région.

blement l'étoile la plus extraordinaire de notre Galaxie, éta de la Carène (η Car) (Figure 11). Il y a à peine 160 ans, elle se situait en éclat juste après Sirius (l'étoile la plus brillante de notre ciel). Connue pour les variations aléatoires de sa luminosité (Figure 15), elle a été observée au maximum de son éclat par JOHN HERSCHEL. C'est aussi à cette période qu'elle a éjecté, à une vitesse de plusieurs centaines de kilomètres par seconde, une partie substantielle de son enveloppe extérieure qui forme actuellement un halo lumineux autour d'elle. Cette petite «nébuleuse» est entourée d'une autre moins brillante probablement les résidus d'une éjection précédente. La quantité de matière éjectée est estimée à dix masses solaires. Cela nous donne une vague idée de la masse totale de cette étoile qui brille trois millions de fois plus que le soleil, bien que sa luminosité ait diminué d'un facteur dix mille depuis l'époque de Herschel. Son rayonnement est tellement puissant qu'elle échauffe la matière éjectée à un tel degré que la nébuleuse circumstellaire est actuellement l'objet le plus brillant du ciel dans l'infrarouge. Eta de la Carène est entourée de quelques-unes des étoiles les plus brillantes et les plus massives de la Galaxie; certaines d'entre elles sont des étoiles de type WN[6]. Des études dans le domaine des rayons X semblent indiquer que cette étoile «extraordinaire» est peut-être une étoile double. Ce qui pose quelques problèmes du point de vue de la compréhension que nous avons actuellement de l'évolution et de la stabilité de ce type d'objet. L'environnement chaotique engendré par les vents stellaires violents de ces étoiles fait de Car II la région la plus complexe et la plus chaotique de la nébuleuse de la Carène. La formation des étoiles, dans cette région, a commencé il y a six millions d'années et se poursuit probablement encore aujourd'hui. On pense que la structure particulière du «Keyhole» (trou de serrure) (Figure 9 et 13) est du

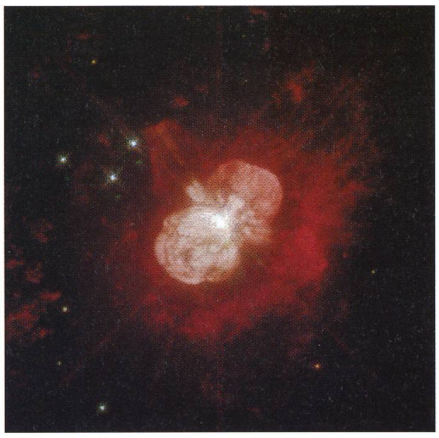
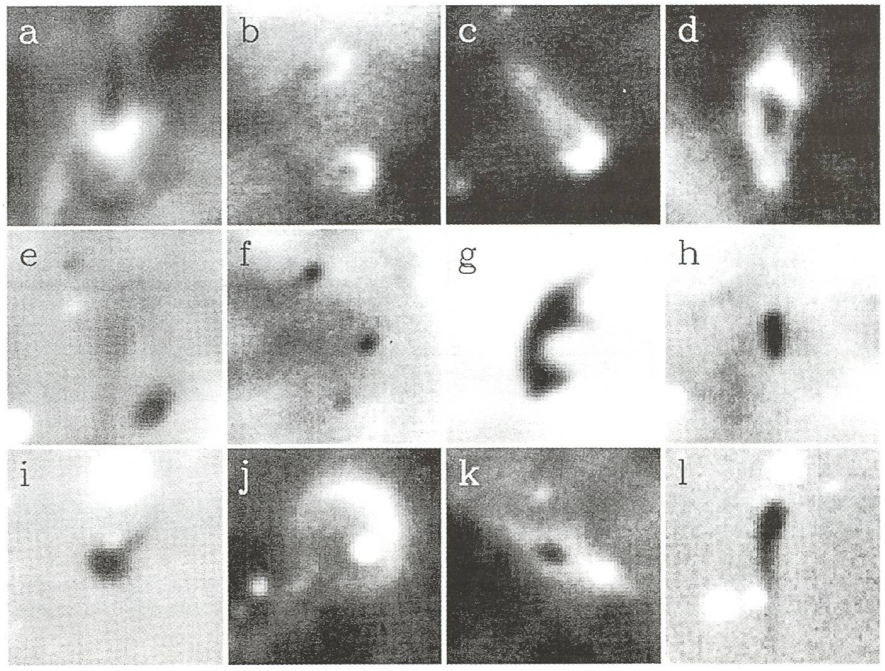


Fig. 11: L'étoile Eta de la Carène. Sont visibles les deux lobes polaires qui datent de «l'éruption» qui a eu lieu il y a 150 ans environ. On devine aussi l'existence d'un mince disque équatorial. De la lumière bleue s'échappe du plan équatorial indiquant que, dans cette zone, il y relativement peu de poussières. Par contre, les deux lobes contiennent de grandes quantités de poussières qui absorbent la lumière bleue ce qui leur donne cette coloration rougeâtre. Autour de cette structure, on devine une «nébuleuse» plus diffuse, les restes d'un rejet précédent de matière. (Image HST)

au vent stellaire polaire de η Car. La morphologie de cette nébuleuse résulte de deux structures principales. Un long filament de direction NE-SW qui est probablement, a cause du spectre d'émission, un front d'ionisation vu par la «tranche»; et un large arc qui forme la partie incurvée visible dans le domaine optique. Cet arc pouvant être interprété comme étant l'enveloppe illuminée

Fig. 12: Une panoplie de candidats «proplyds» de la nébuleuse de la Carène imagés en lumière Hα.



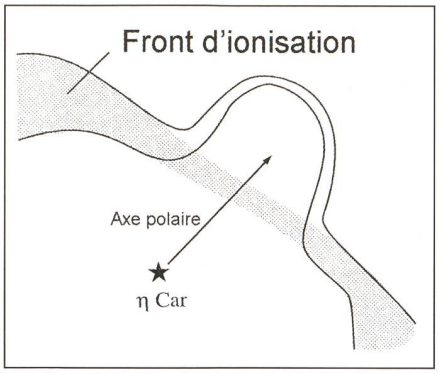


Fig. 13: Représentation schématique de l'action du vent stellaire polaire de l'étoile Eta Car.

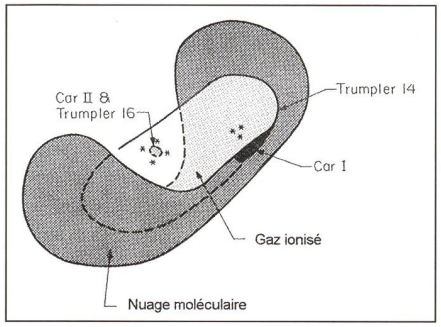


Fig. 14: Représentation schématique de la disposition réciproque du gaz ionisé et du nuage moléculaire de l'environnement des deux amas Trumpler 14 et 16.

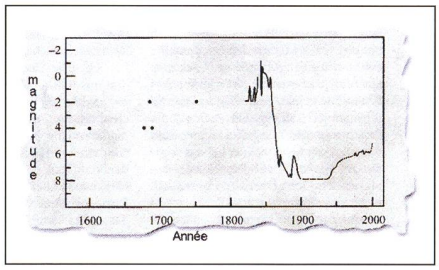


Fig. 15: Diagramme qui donne l'évolution de la luminosité de l'étoile Eta Car entre l'an 1600 et l'an 2000.

d'une bulle ou d'une bosse dans le front d'ionisation. Le fait qu'il se trouve dans le prolongement de l'axe polaire de éta Car laisse supposer qu'il a été façonné par le vent stellaire (de 650 à 1000 km/s) de cet étoile. La proximité d'éta Car et du «Keyhole» sur une image à deux dimensions n'est évidemment pas une preuve de leur proximité dans l'espace. Une affirmation comme celle qui vient d'être faite n'a un sens que si on a bien déterminé que les deux objets se trouvent à la même distance. Ce qui est effectivement le cas, de plus ils sont distants l'un de l'autre de «seulement» 3 pc. A une telle distance l'interaction entre le vent stellaire et le gaz de la nébuleuse est une chose parfaitement réaliste. Mais cette affirmation ne reste qu'une simple spéculation si elle n'est pas accompagnée d'observations attestant cette interaction. On peut s'attendre a trouver dans cette région les signatures d'ondes de chocs ainsi que des particularités dans la cinématique des gaz. Faits confirmés par une recherche, de cette région, effectuée au début des années 2000 dans le proche infrarouge.

Dans un autre amas d'étoiles Trumpler 15, la formation des étoiles a commencé il y a 30 à 40 millions d'années et s'est poursuivie jusqu'à il y a trois millions d'années. Récemment (2002-2003), la mise en évidence de nombreux globules (zones denses de «petites» dimensions contenant des gaz moléculaires) montre que la nébuleuse de la Carène prépare activement la naissance de la «deuxième» génération d'étoiles. Ainsi, dans cette nébuleuse, la naissance d'étoiles se poursuit sans interruption depuis environ quarante millions d'années.

Il ressort de la description de ces quelques régions H II qu'elles possèdent toutes globalement la même histoire. Dans un nuage originel de matière interstellaire constitué de gaz atomiques, de gaz moléculaires et de poussières, une première génération d'étoiles naît. Une ou plusieurs étoiles de cette première génération produise(nt) l'ionisation partielle du nuage et donne(nt) à la région l'aspect que nous leur connaissons aujourd'hui. Les puissants vents stellaires produits par ces étoiles interagissent avec les restes du nuage moléculaire et les poussières en créant des structures complexes et en engendrant des nouveaux foyers de création d'étoiles, celles de la deuxième génération. C'est ces pépinières de nouvelles étoiles qui ont été découvertes pendant ces dernières décades en particulier grâce au télescope spatial Hubble. La vie des étoiles massives étant «relativement» courte, le phénomène se poursuit jusqu'à leur mort. Cessent alors l'ionisation et l'interaction entre vents stellaires et environnement; le nuage restant de matière interstellaire retourne alors à son état d'origine[7]. Des progrès spectaculaires ont été faits au cours de ces vingt dernières années, mais beaucoup de choses restent encore à découvrir et ces découvertes sont, entre autres, tributaires de l'évolution des nos instruments de mesure.

FABIO BARBLAN
Route de l'Etraz 6a, CH-1239 Collex/GE

Bibliographie

MALIN D., *A view of the universe*, Cambridge University Press, 1993
TENORIO-TAGLE G. éditeur, *Violent star formation*, Cambridge University Press, 1994
Tarentule, 30 Dorades:
SCHMIDT-KALER TH. Et al., 30 *Doradus as the active center of the large Magellanic cloud*, ASS, 41, 357, 1976
SELEZNEV A. F., *The structure of the halo of the star cluster* NGC 2070, Astronomy Letters, 21, 663, 1995
SELMAN F., *The ionising cluster of 30 Doradus*, A&A, 347, 532, 1999
PORTEGIES ZWART S. F. et al. , *A dozen colliding-wind X-rays binaries in the star cluster R 136 in the 30 Doradus region*, AJ, 574, 762, 2002
Eta Carène:
FEINSTEIN A. et al., *A single young open cluster comprising Tr 14 and Tr 16*, A&A Supp. 12, 331, 1973
FORTE J. C. , *UBV photometry of luminous stars in the field of NGC 3372*, A&A Supp. 25, 271, 1976
ALLEN D. A., *The location of h Carinae in NGC 3372*, MNRAS 189, 1, 1979
HARVEY P. M. et al., *Far-infrared observation of the Carina i and II H II regions*, AJ. 227, 114, 1979
FEINSTEIN A., *The young open cluster Trumpler 15 in the eta Carinae complex*, Astron. J, 85, 1980
GRAAUW DE T., *CO (J=2 – 1) observation of southern H II regions*, A&A 102, 257, 1981
FEINSTEIN A., *The open cluster* Tr 14, ASS , 293, 1983
SMITH N.,
Near-infrared and optical emission-line structure of the Keyhole nebula in NGC 3372, MNRAS, 331, 2002
SMITH N. et al., *Numerous proplyd candidates in the harsh environnement of the Carina nebula*, AJ Letters, 587, L105, 2003
TAPIA M., *Imaging study of NGC 3372*, the Carina nebule: UBVRIJHK photometry of Tr14, Tr15, Tr16 and Car I, MNRAS, 339, 44, 2003

Selbstfliegendes Raketenmodell
Länge 432 mm, ø34,3 mm,
sofort flugbereit, Flughöhe bis 250 m,
inkl. Treibsätze.
€ 99.–.
Videofilme, DVD, Diaserien, Teleskope
u.v.m. in grosser Auswahl!
Infoliste/Bestellungen: STEFAN BÖHLE,
Karlingerstrasse 70, D-80992 München.

[6] On distingue deux catégories d'étoiles de WOLF-RAYET en fonction des raies d'émission qu'elles émettent. Les étoiles de type WN se caractérisent par les raies d'émission de l'hélium et de l'azote.

[7] Le processus de formation d'étoiles peut aussi cesser par manque de matière première.