

Les Nébuleuses planétaires



GAP 47 • Olivier Sabbagh • Août 2023

Les nébuleuses planétaires

Commençons par tordre le cou à cette appellation discutable dans la mesure où, dans ce type d'objet céleste, les planètes n'ont aucun rôle.

La plupart des textes sont issus de Wikipedia français ou Wikipedia en anglais (traduits par Olivier Sabbagh).

Une **nébuleuse planétaire** est un corps céleste qui ressemble à un disque d'aspect nébuleux lorsqu'il est observé à basse résolution. Le terme de « planétaire » est proposé la première fois par William Herschel en 1785, lors de sa découverte de NGC 7009, en raison de la ressemblance visuelle entre ces objets qu'il classait et la planète qu'il venait de découvrir, à savoir Uranus. À partir d'observations plus détaillées (en particulier spectroscopiques), on sait maintenant que les nébuleuses planétaires n'ont en fait aucun rapport avec les planètes.

Ces gaz forment un nuage de matière qui s'étend autour de l'étoile à une vitesse d'expansion de 20 à 30 kilomètres par seconde (70 000 à 100 000 km/h). Ce nuage est ionisé par les photons ultraviolets émis par l'étoile qui est devenue très chaude (50 000 à 100 000 K). L'énergie ainsi acquise par le gaz est réémise sous forme de lumière de moindre énergie, notamment dans le domaine du visible.

Ce sont des objets qui évoluent assez rapidement ; on en connaît environ 1 500 dans notre Galaxie. Elles jouent un rôle crucial dans l'enrichissement de notre univers, transformant l'hydrogène primordial en éléments plus lourds et expulsant ces nouveaux éléments dans le milieu interstellaire. Les nébuleuses planétaires sont souvent très colorées, et leurs images sont parmi les plus spectaculaires. Un des exemples célèbres de ce type d'objet est la *nébuleuse de l'Anneau* située dans la constellation de la Lyre, d'où son autre appellation : *nébuleuse de la Lyre*.

Histoire

Les nébuleuses planétaires sont en général des objets de faible brillance, invisibles à l'œil nu. La première nébuleuse planétaire découverte est la nébuleuse de l'Haltère dans la constellation du Petit Renard, observée par Charles Messier en 1764 et enregistrée sous le numéro M27 dans son catalogue d'objets diffus. Le terme de « planétaire » est proposé la première fois par William Herschel en 1785, lors de sa découverte de NGC 7009, en raison de la ressemblance visuelle entre ces objets qu'il classait et la planète qu'il venait de découvrir, à savoir Uranus.

Il s'agit d'une nébuleuse en émission constituée d'une coquille de gaz en expansion éjectée d'une étoile en fin de vie, en transition de l'état de géante rouge à l'état de naine blanche pendant la branche asymptotique des géantes. Quand une petite étoile (moins de huit masses solaires) achève de consommer son hydrogène, puis son hélium, son cœur s'effondre pour former une naine blanche, tandis que les couches externes sont expulsées par la pression de radiation.

La nature des nébuleuses planétaires reste inconnue jusqu'aux premières observations spectroscopiques, au milieu du XIX^e siècle. William Huggins est l'un des premiers astronomes à étudier le spectre des objets astronomiques en dispersant leur lumière à l'aide d'un prisme. Ses observations des étoiles montrent un spectre continu sur lequel apparaissent des lignes sombres (raies d'absorption).

D'autre part, lorsqu'il étudie la nébuleuse de l'Œil de Chat en 1864, il rencontre un spectre totalement différent : trois raies d'émission se dégagent sur un continu quasiment nul, montrant qu'il s'agit de gaz de faible densité. Une des raies est attribuée à l'hydrogène, mais les deux autres, dont la plus intense se trouve à une longueur d'onde de 500,7 nanomètres, ne correspondaient à aucune émission d'élément connu sur Terre. Il attribue donc cette émission à un nouvel élément, le nébulium, suivant l'exemple de l'hélium qui avait été découvert pour la première fois dans le spectre solaire.

Néanmoins, alors que l'hélium est isolé sur Terre quelques années après sa découverte par les astronomes, l'énigme du nébulium résiste encore longtemps aux physiciens qui n'arrivent pas à l'isoler sur Terre. En 1927, l'astronome hollandais Herman Zanstra utilise la mécanique quantique pour expliquer les raies d'hydrogène dans les nébuleuses diffuses, dont les nébuleuses planétaires. Les atomes d'hydrogène sont

ionisés par la lumière ultra-violette émise par une étoile centrale, et la recombinaison de ces ions avec des électrons libres reforment des atomes d'hydrogène et l'émission des raies d'hydrogène.

En 1928, Ira Bowen montre que les raies du "nébulium" sont générées par l'ionisation des atomes d'oxygène et d'azote émettant des raies de transition interdite, aboutissant à de l'oxygène doublement ionisé.

Formation et évolution

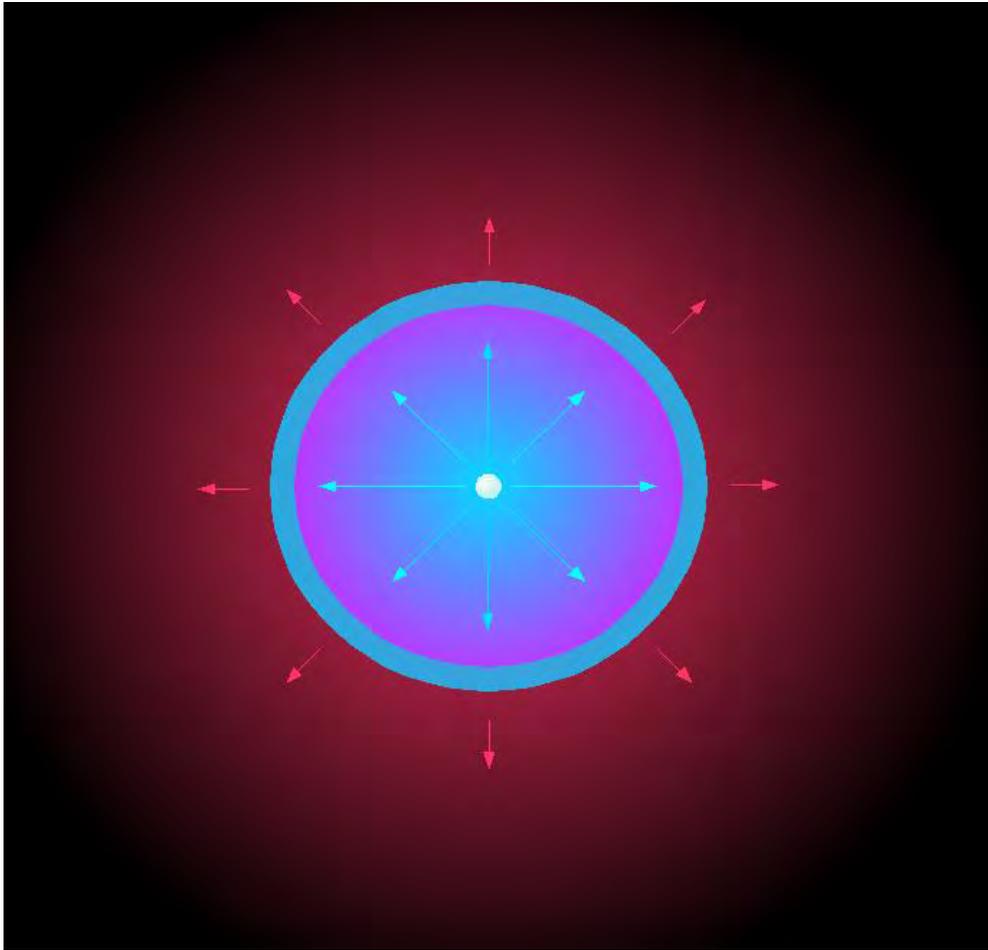


Illustration de la formation des nébuleuses planétaires par éjections successives.

Premier vent : flèches rouges, deuxième vent : flèches bleues.

Les nébuleuses planétaires sont le résultat de l'évolution des étoiles de masse intermédiaire (entre 0,8 et 8 fois la masse du Soleil). Après avoir passé de plusieurs dizaines de millions à une dizaine de milliards d'années à transformer de l'hydrogène en hélium en leur cœur, ces étoiles arrivent à la fin de leur réserve d'hydrogène et n'ont donc plus de quoi produire l'énergie nécessaire pour contrebalancer la force gravitationnelle qui tend à les faire s'effondrer sur elles-mêmes. Le noyau de l'étoile s'effondre lentement, augmentant sa température (de quelques dizaines à une centaine de millions de kelvins), de nouvelles fusions ont alors lieu, l'hélium se transformant en carbone. Les couches externes de l'étoile subissent alors une forte pression et sont expulsées sous forme d'un vent assez lent et dense.

L'étoile devient une géante rouge, et sa température de surface décroît. L'étoile se compose alors de deux parties : l'étoile proprement dite au centre, qui peu à peu évolue vers une naine blanche, entourée d'une nébuleuse en expansion. On suppose une deuxième phase de vent, cette fois rapide et peu dense, qui comprime la première enveloppe éjectée et lui donne sa forme et sa structure de coquille assez fine. L'étoile au centre continue sa contraction au fur et à mesure que de la matière est éjectée et sa température de surface augmente jusqu'à passer au-dessus de 30 000 K. À partir de cette température, elle émet une quantité appréciable de photons capables de photoioniser la nébuleuse qui l'entoure. Les photons doivent avoir une énergie supérieure à 13,6 eV, ou 1 Ry, ou encore une longueur d'onde inférieure à 91,2 nm. En effet, pour « voir » la nébuleuse planétaire, il faut qu'elle émette de la lumière, ce qu'elle fait dès qu'elle est photoionisée par l'étoile centrale.

C'est à partir de ce moment que l'on peut parler de nébuleuse planétaire. L'étoile initiale a une masse comprise entre 0,8 et 8 fois la masse du Soleil, la naine blanche résultant de l'évolution a une masse entre 0,5 et 1,4 masse solaire : la majeure partie de l'étoile initiale a donc été réinjectée dans le milieu interstellaire.

L'évolution est ensuite assez rapide, en quelques siècles à quelques millénaires, l'étoile centrale se refroidit en dessous de la température correspondant à l'émission de photons ionisants, en même temps que la nébuleuse se dissout dans le milieu interstellaire, non sans l'ensemencer des produits des fusions qui ont eu lieu dans la zone externe du cœur de l'étoile avant cette fin.

Caractéristiques

Durée de vie

Le phénomène des nébuleuses planétaires est assez éphémère, il ne dure que quelque 10 000 années. La fin de la nébuleuse planétaire provient d'une part du refroidissement de l'objet central qui finit par ne plus émettre les photons extrême UV capables d'ioniser la nébuleuse et d'autre part de la dilution du gaz constituant la nébuleuse, celle-ci étant en expansion à une vitesse typique de 10 kilomètres par seconde.

Nombre et distribution

Parmi les quelque 200 à 400 milliards d'étoiles que compte notre Galaxie, il n'a été détecté qu'environ 1500 nébuleuses planétaires. Ceci est dû à la très courte durée de vie du phénomène comparé à la durée de vie des étoiles elles-mêmes.

On arrive également à les détecter dans d'autres galaxies, en utilisant des images obtenues aux longueurs d'onde typiques des nébuleuses planétaires (par exemple 500,7 nm, soit 5007 Å) et en les comparant aux images obtenues dans des longueurs d'onde proches : les nébuleuses planétaires (ainsi que les régions HII) apparaissent dans les premières mais pas dans les secondes images.

L'étude des nébuleuses planétaires extra-galactiques apporte des informations sur, par exemple, les gradients d'abondances. Toutes les nébuleuses planétaires d'une même galaxie (extérieure à la nôtre) sont quasiment à la même distance de l'observateur.

Morphologie

Par morphologie, on désigne généralement l'aspect apparent vu au foyer d'un télescope, en lumière « totale », i.e. dans la gamme que l'atmosphère terrestre veut bien laisser passer. Cette gamme comprend toutes les couleurs comprises entre le violet (autour de 4 000 Å) et le rouge (autour de la longueur d'onde 6 000 Å). Les recherches en imagerie monochromatique ont mis en évidence le fait que suivant les ions chimiques, la nébuleuse planétaire ne présente pas toujours la même morphologie. Par exemple, il en existe qui sont dites « hydrogène-déficientes », tandis que d'autres n'ont pas de trace de la raie [NII] à 6 583 Å de l'azote une fois ionisé. En plus de ce problème de stratification en abondance, le stade d'évolution de l'étoile centrale joue un grand rôle dans la structure d'ionisation de l'enveloppe nébulaire environnante. C'est pour pouvoir séparer distinctement les contributions effectives de l'hydrogène (via la raie H alpha à 6 563 Å) et de l'émission de l'azote (via la raie 6 583 Å, à seulement 20 Å) que l'équipe du Laboratoire d'Astronomie Spatiale CNRS comme d'autres équipes utilisait exclusivement des filtres interférentiels très sélectifs (delta lambda de l'ordre de 8 à 10 Å).

Les nébuleuses planétaires ont d'abord été observées comme des anneaux diffus (rappelant les planètes, d'où leur nom, dû à William Herschel), puis furent considérées comme des coquilles projetées sur le plan du ciel quand leur nature fut explicitée. Mais il fallut assez rapidement se rendre à l'évidence : elles ne sont pas toutes rondes, tant s'en faut. On peut les classer selon leur forme apparente en sphériques, ellipsoïdales ou bipolaires. À ces trois grandes catégories s'ajoutent les nébuleuses planétaires à symétrie centrale (*point-symmetric*). Il faut également noter la présence de jets qui peuvent parfois prendre des formes non rectilignes. La situation est encore plus complexe si l'on considère que le même objet peut se présenter avec diverses morphologies selon l'échelle (voir image de NGC 6543, ou de l'Anneau de la Lyre) ou le domaine de longueur d'onde de l'observation. Le temps d'exposition intervient également dans la classification dite morphologique qui peut montrer une morphologie complètement différente sur une « pose » courte, et une exposition plus longue. Le grand axe peut changer de 90 degrés. De ce point de vue, l'avènement des nouvelles technologies du type « à transfert de charge » - en anglo-saxon, CCDs - en matière de détecteurs

rapides et surtout linéaires, permet d'améliorer les observations en qualité, et partant une meilleure modélisation. Notamment, de nouvelles structures dites secondaires sont mises en évidence dans les régions périphériques, loin de l'étoile centrale, et qui pourraient être des reliques des éjectas des étoiles alors au stade « AGB » (*Asymptotique Giant Branch*). Ceci contribuerait d'ailleurs à combler le déficit de masse du système. Shklovsky, dans sa recherche des distances en 1956, supposait que toutes les nébuleuses planétaires avaient la même masse, égale à 0,2 masse solaire, ce que l'expérience ne confirme pas par la suite. Voir plus bas le débat sur l'origine de ces morphologies asphériques.

Études théoriques de nébuleuses planétaires

L'étude des nébuleuses planétaires se base principalement sur la spectroscopie. La lumière émise par le gaz ionisé l'est principalement sous forme de raies en émission. Ces raies sont typiques d'une transition entre deux niveaux atomiques d'un ion donné. Les spectres observés montrent des centaines de raies, dans tous les domaines de longueur d'onde (radio, infrarouge, optique, ultraviolet, rayons X). Chaque raie apporte un élément dans notre compréhension de la nébuleuse. Il existe des raies dont le rapport renseigne sur diverses propriétés de la nébuleuse : la densité du gaz, sa température, la composition chimique (abondances).

D'autre part, l'étude en haute résolution spectrale des raies émises permet d'obtenir des informations sur la dynamique du gaz, l'effet Doppler-Fizeau étant responsable du décalage de la longueur d'onde des photons émis. Cet effet est directement relié à la vitesse relative de l'émetteur par rapport à l'observateur : le gaz qui vient vers l'observateur et le gaz qui s'en éloigne ne sont pas perçus à la même longueur d'onde. Il est donc possible de « reconstruire » la morphologie de l'enveloppe de gaz à partir d'observations spectrales, si on se donne une relation entre la distance à l'étoile et la vitesse d'éloignement du gaz.

La théorie des nébuleuses planétaires fait appel à de nombreux pans de la physique et de l'astrophysique. Il faut d'une part comprendre les caractéristiques et l'évolution de l'étoile centrale, la naine blanche résultant de l'évolution d'une étoile de masse intermédiaire. Il faut inclure dans l'étude de cette étoile la présence de vents (hydrodynamique), prendre en compte la physique nucléaire qui régit les réactions qui ont lieu au sein de l'étoile et aide à comprendre son évolution chimique *via* la nucléosynthèse stellaire. Il faut faire appel à l'ensemble de la physique atomique pour reproduire le spectre émis par cette étoile, en calculant comment la lumière interagit avec la matière. Ceci ne concerne que l'objet central, il reste encore à étudier le gaz expulsé.

Avec l'augmentation des capacités de calcul et de mémoire des ordinateurs, il est aujourd'hui possible de calculer des modèles de nébuleuses planétaires en prenant en compte la majorité des phénomènes physiques qui sont à l'œuvre dans l'étoile comme dans le gaz ionisé. L'étude théorique des nébuleuses planétaires se fait en effet à partir de modèles obtenus grâce à des programmes informatiques qui tentent de reproduire les conditions physiques que l'on trouve au sein du gaz qui les constitue.

On peut séparer en deux grandes catégories les programmes (codes) informatiques :

Les codes de photoionisation

Ces codes calculent le transfert de la radiation émise par l'étoile centrale qui photoionise la nébuleuse. Ils sont basés sur l'hypothèse que le gaz est en équilibre d'ionisation (à tout moment le nombre de photoionisation est égale au nombre de recombinaisons) et en équilibre thermique (à tout moment l'énergie gagnée par le gaz due à l'absorption des photons de l'étoile est égale à l'énergie perdue par l'émission d'autres photons, ceux que l'on observe). Les codes de photoionisation sont à symétrie sphérique (uni-dimensionnel) ou tri-dimensionnel (3D). Les modèles obtenus par ces programmes informatiques ne prennent pas en compte le temps, ils donnent une image à un moment donné de la nébuleuse. Les prédictions de ces programmes sont principalement les intensités des raies en émission qui sont produites par la nébuleuse, que l'on peut comparer aux observations spectroscopiques. Les modèles issus de codes 3D peuvent également donner des images monochromatiques comparables aux observations.

Les nébuleuses planétaires de l'hémisphère nord



À 650 al, la nébuleuse de l'Hélice, NGC 7293, est une des nébuleuses planétaires les plus proches de la Terre, dans la constellation du Verseau

NGC 7293 ou **nébuleuse de l'Hélice** est une nébuleuse planétaire située dans la constellation du Verseau, à proximité du Poisson austral. Sa forte ressemblance avec un œil humain lui a valu le surnom de « l'œil de Dieu ».

Historique

NGC 7293 est découverte par Karl Ludwig Harding en 1824.

Située à environ 650 années-lumière de la Terre, elle est l'une des nébuleuses planétaires les plus proches. Elle se présente comme deux anneaux entrelacés. Harding l'a probablement repérée dans un réflecteur de 8,5 pouces lors de ses relevés du ciel avant 1824.

La nébuleuse de l'Hélice a été le premier objet de ce type découvert à abriter des nœuds cométaires. Aussi connues sous le nom de globules, ces structures ne peuvent être observées que dans les nébuleuses planétaires les plus proches, mais on pense qu'elles se produisent dans chacune d'elles à mesure que les nébuleuses évoluent. La nébuleuse de l'Hélice contient environ 40 000 globules. La plupart d'entre eux sont plus grands que le système solaire et ont des masses comparables à celle de la Terre. Cela les rend au moins 1 000 fois plus denses que le matériel environnant. Une étude de 1996 a trouvé une vitesse d'expansion de 10 km/s-1 pour les globules, ce qui est considérablement plus lent que le reste de la nébuleuse.



Cette même nébuleuse de l'Hélice vue en infrarouge par le télescope spatial Spitzer.

Particularités

NGC 7293 est une grande nébuleuse planétaire bien connue située dans la faible constellation du zodiaque du Verseau. Aussi connu sous le nom de Caldwell 63, c'est l'un des objets les plus proches de ce type et un bel exemple d'un reste d'étoile mourante. Il contient une structure à double anneau, un peu comme deux spires d'un ressort, d'où le nom populaire de la nébuleuse de l'Hélice.

Caractéristiques

On pense que la nébuleuse de l'Hélice est constituée de deux disques gazeux presque perpendiculaires. La région centrale est dominée par un gaz hautement ionisé et entourée de rebords intérieurs et extérieurs. La nébuleuse s'étend sur 5,74 années-lumière de diamètre. L'anneau principal s'étend sur environ deux années-lumière et le matériau de la nébuleuse s'étend sur au moins deux autres années-lumière. L'anneau le plus externe a une taille apparente

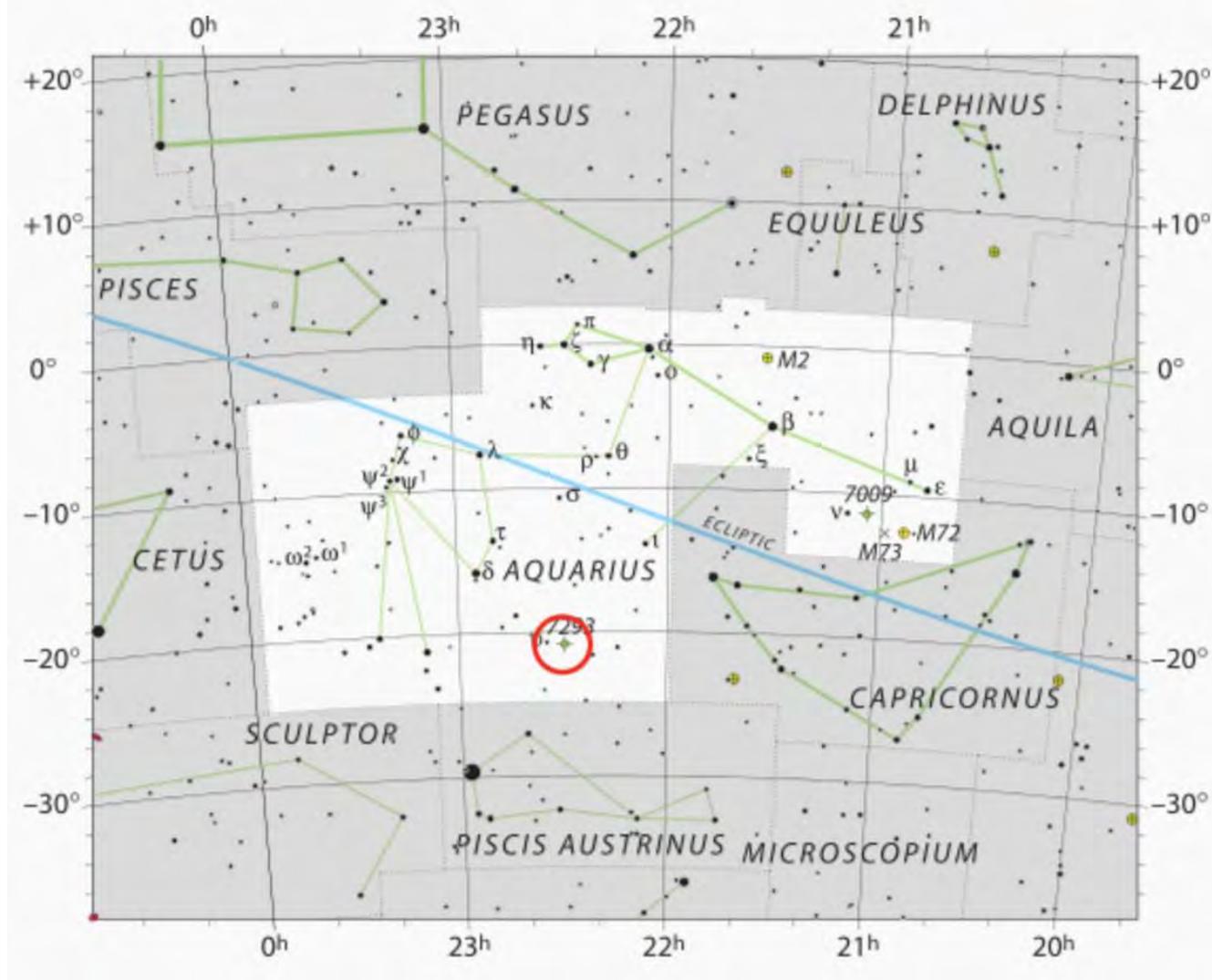
de 25 minutes d'arc - presque la taille de la pleine Lune - tandis que le tore externe occupe une zone de 12×22 minutes d'arc. Le disque intérieur brillant a une taille angulaire de 8×19 minutes d'arc. On pense qu'elle a commencé à s'étendre il y a environ 12 100 ans, tandis que la nébuleuse entière s'est étendue au cours des 6 560 dernières années. Le disque intérieur se dilate à une vitesse de 32 km/s, tandis que l'anneau extérieur se déplace vers l'extérieur à 40 km/s.

La distance de la nébuleuse de l'Hélice était incertaine jusqu'à relativement récemment. La valeur de 650 années-lumière est basée sur les observations de l'observatoire spatial Gaia, lancé en 2013. Des estimations antérieures plaçaient la nébuleuse beaucoup plus près de la Terre. La première estimation a été faite par l'astronome néerlandais Adriaan van Maanen, qui a déterminé une distance de seulement 85 années-lumière. Les déterminations ultérieures allaient de 160 à 590 années-lumière.

Position dans le ciel nocturne

La nébuleuse de l'Hélice peut être difficile à trouver dans des conditions moins idéales. Elle est située dans une zone du ciel sans aucune caractéristique reconnaissable et sans étoiles brillantes à proximité immédiates. L'astérisme Water Jar et les étoiles les plus brillantes du Verseau se trouvent dans la partie nord de la constellation, près de la frontière avec Pégase, tandis que la nébuleuse de l'Hélice se trouve près de la frontière sud avec Piscis Austrinus. L'étoile de première magnitude la plus proche est Fomalhaut dans Piscis Austrinus, qui se trouve à environ 10 degrés au sud-est de la nébuleuse. L'étoile de magnitude 5,21 Upsilon Aquarii se trouve à seulement 1,2 degré à l'est de la nébuleuse, mais est difficile à voir depuis les zones polluées par la lumière.

Localisation dans la constellation : [Verseau](#)



La **nébuleuse de l'Haltère** est une nébuleuse planétaire située dans la constellation du Petit Renard à environ 1360 années-lumière. Cette nébuleuse, découverte par Charles Messier le 12 juillet 1764, est la première nébuleuse planétaire observée de l'histoire de l'astronomie. Elle porte le numéro 27 de son catalogue.



La nébuleuse de l'haltère (Dumbbell nebula) ou M27 et NGC 6853, dans la constellation du Petit Renard

Caractéristiques

Cet objet est particulièrement brillant et possède un diamètre apparent très large, puisque la partie la plus lumineuse atteint 1/5^e de celui de la Lune. Sachant que la vitesse d'expansion atteint 6,8 secondes d'arc par siècle, son âge est estimé à 3 000 ou 4 000 ans.

L'étoile centrale (à l'origine de la nébuleuse) a une magnitude apparente de 13,5, ce qui la rend difficilement observable pour un astronome amateur. C'est une naine blanche de couleur bleue très chaude (85 000 K). Elle est peut-être accompagnée d'une autre étoile, encore plus faible (magnitude 17), à 6,5 secondes d'arc de distance apparente.

La forme particulière de la partie lumineuse a valu à cette nébuleuse le nom de *Nébuleuse de l'Haltère* (*Dumbbell* en anglais). On lui connaît également les surnoms de *Trognon de pomme*, de *Sablier* (attention à la confusion avec d'autres objets !) voire de *Diabolo*.



Image obtenue au foyer d'un télescope amateur de type Ritchey-Chrétien modifié en trois heures de pose au total avec un appareil photo reflex numérique Canon 350D. Le télescope était quant à lui placé sur une monture équatoriale allemande Trassud DF 45. Traitement d'images avec Iris et Photoshop CS2.

Observation

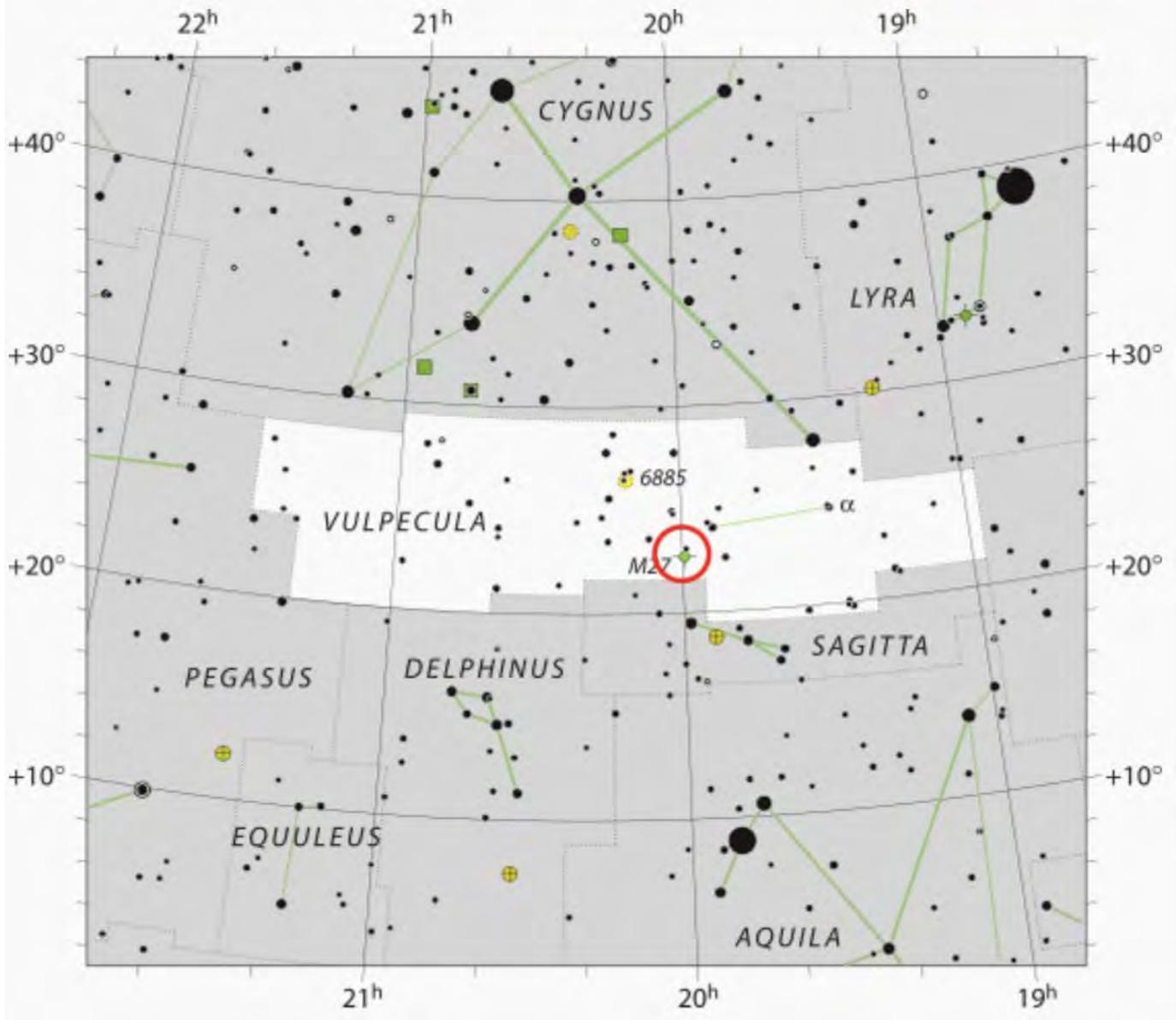
Sa magnitude empêche son observation à l'œil nu, mais avec des jumelles 10 × 50 et de bonnes conditions météo, on peut espérer voir M27. À partir d'un télescope de 150 ou 200 mm, on obtient plus facilement le brillant « trognon ». Il est encore trop tôt pour espérer voir l'étoile centrale (qui ne se dévoilera qu'en photographie à ce niveau). Avec un 300 mm, muni d'un filtre interférentiel de type OIII (recommandé pour l'observation de nébuleuses planétaire et diffuses), le trognon apparaît nettement et l'étoile centrale peut être envisagée mais seulement sous un très bon ciel, sans pollution parasite, sans turbulence (l'appareil doit être à température) : l'utilisation de la vision décalée permet de mieux voir cette naine blanche. Toutefois, sous un ciel de très haute qualité (dans le Quercy, en haute montagne, en Drôme provençale) plusieurs astronomes amateurs ont observé cette étoile centrale dans des télescopes de 250 mm.

Elle est observable entre mai et septembre environ. Elle se situe dans la constellation du Petit Renard, soit en plein Triangle d'été. La recherche de l'objet est relativement facile, voici les étapes à suivre avec un télescope :

1. Dans ce Triangle d'été, repérer la constellation de la Flèche (*Sagitta*, Sge).
2. Avec le viseur du télescope, pointer exactement sur l'étoile à la pointe de la Flèche (étoile de couleur rouge)
3. Placer l'œil sur l'oculaire et monter en Déclinaison.

Pendant cette remontée, une tache floue devrait se détacher du reste des étoiles environnantes : c'est Dumbbell. En observant plus longuement, on distingue cette forme qui la caractérise.

Localisation dans la constellation : **Petit Renard**



La **nébuleuse planétaire NGC 2392** (ou **Caldwell 39**) (rarement appelée la nébuleuse de la Face de Clown et jadis appelée *nébuleuse de l'esquimau*) est une nébuleuse planétaire bipolaire arborant une double coquille. Elle est située dans la constellation des Gémeaux. Elle a été découverte par l'astronome germano-britannique William Herschel en 1787.

NGC 2392 est un objet de petite dimension (0,90') et sa magnitude apparente de 9,1 le rend invisible à l'œil nu. Dans un petit télescope, il a l'apparence d'un simple disque lumineux. C'est d'ailleurs cet aspect qui est à l'origine du nom de nébuleuse planétaire. Cependant, dans les grands télescopes, les nébuleuses planétaires montrent une structure beaucoup plus complexe. Par exemple, sur une photo prise par un télescope de 80 cm de diamètre, NGC 2392 ressemble au visage d'un humain habillé d'un parka de fourrure, d'où son ancien nom de *nébuleuse de l'Esquimau*, obsolète aujourd'hui. La nébuleuse planétaire NGC 2392 est connue pour la vitesse exceptionnellement élevée de sa coquille interne, environ 90 km/s, et l'existence d'un écoulement bipolaire rapide dont la vitesse radiale approche les 200 km/s. La distance qui nous sépare de NGC 2392 est d'environ 1 150 pc (~3 750 a.l.).

Les photos (ci-dessous en brun-orange) qui ont servi à réaliser la célèbre image de la Nébuleuse planétaire NGC 2392 ont été prises du 10 au 13 janvier 2000, juste après le succès de la troisième

mission de réparation du télescope spatial Hubble en décembre 1999. La première cible choisie par les astronomes pour vérifier le bon fonctionnement du télescope était la Nébuleuse planétaire NGC 2392.

Le télescope spatial Hubble a répondu aux espoirs des astronomes. Il a en effet produit une image très détaillée et d'une finesse inégalée. Sur cette image, la fourrure du parka prend l'aspect de comètes géantes qui pointent vers l'extérieur de l'étoile centrale comme les rayons d'une roue. Les grumeaux qui forment les têtes des comètes semblent tous situés à la même distance de l'étoile, une observation importante pour expliquer l'évolution de cette nébuleuse.

On voit très bien l'étoile centrale de la nébuleuse sur l'image prise par Hubble. Elle est entourée d'ovales lumineux blancs et dorés. L'apparence du centre de la nébuleuse rappelle certaines images d'un nuage électronique autour du noyau d'un atome.

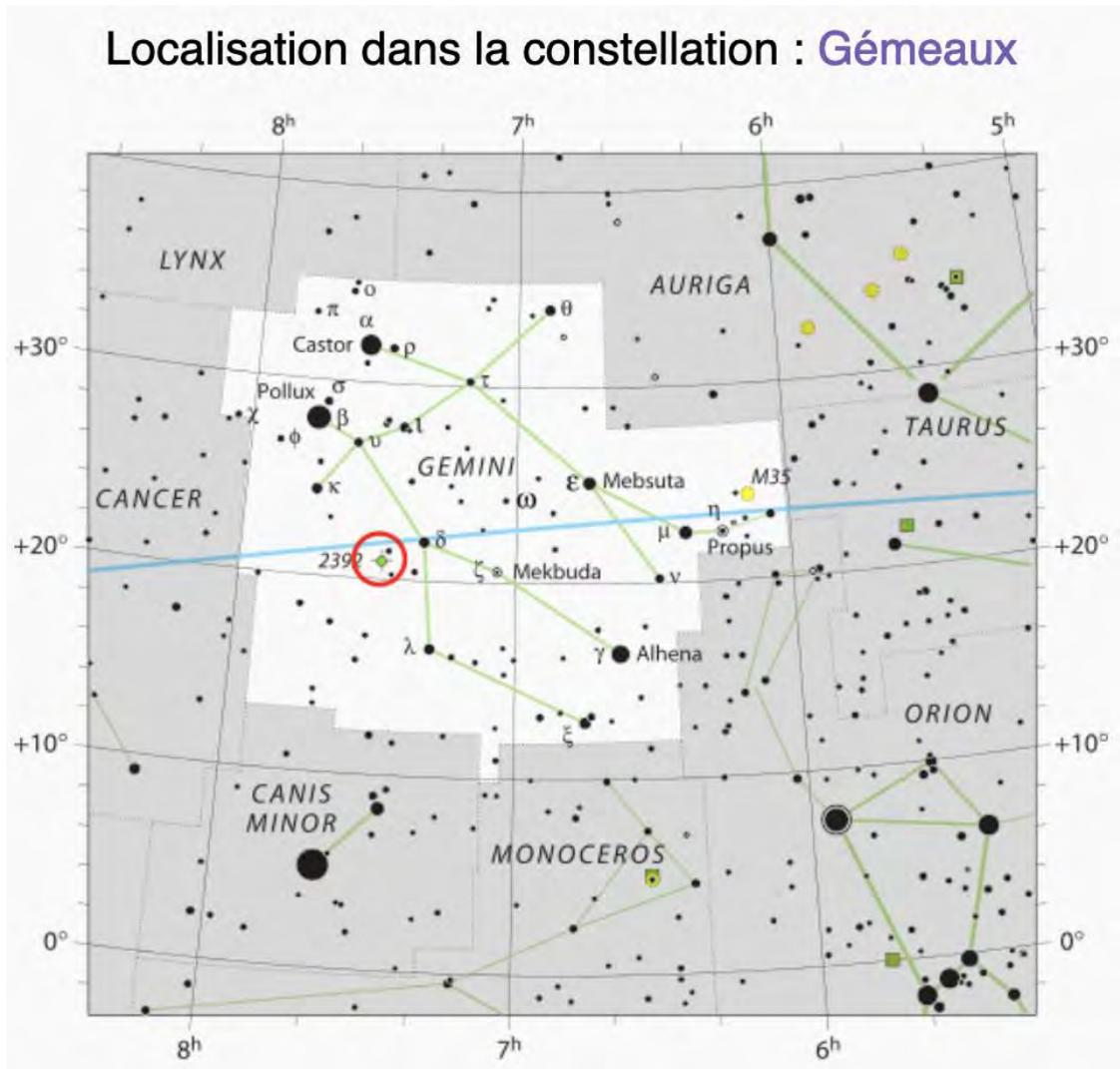


NGC 2392 ou nébuleuse de l'Eskimo ou de la Face de Clown, montre des structures asymétriques à plusieurs échelles



NGC 2392 ou nébuleuse de la Face de Clown, image d'amateur

Localisation dans la constellation : Gémeaux



NGC 6720 est une nébuleuse planétaire située dans la constellation de la Lyre. NGC 6720 a été découverte par l'astronome français Charles Messier en 1779. On l'appelle généralement la nébuleuse de la Lyre en France. Les anglosaxons la nomment plutôt nébuleuse de l'Anneau.

Histoire des observations

M57 a été la deuxième nébuleuse planétaire découverte par Messier après la nébuleuse de l'Haltère (M27). Messier était à la recherche de comètes, lorsqu'il a découvert la nébuleuse planétaire le 31 janvier. Le rapport de Messier sur sa découverte indépendante de la comète C/1779 A1 (Bode) est parvenu à l'astronome français Antoine Darquier de Pellepoix deux semaines plus tard et il a alors en cherchant cette comète découvert indépendamment M57. Darquier écrivit plus tard qu'elle était « aussi grande que Jupiter et ressemblait à une planète qui s'estompe », ce qui a sans doute contribué ensuite à l'utilisation de la terminologie persistante de *nébuleuse planétaire*.



Nébuleuse de la Lyre, M57, dans la constellation éponyme, par le télescope Spatial Hubble

L'astronome allemand Johann Elert Bode a observé M57 dans la nuit du 27 au 28 août. Il rapporta qu'il a clairement vu cette nébuleuse entre les étoiles Beta et Gamma de la Lyre avec un télescope de Dollond de 3 pieds de focale.

William Herschel a observé à plusieurs reprises M57 qu'il a d'abord décrite comme une nébuleuse possédant une tache régulière, concentrique et sombre au milieu, probablement entouré d'un anneau d'étoiles. Dans toutes ses autres observations, Herschel émet l'hypothèse que l'anneau est constitué d'étoiles. ***Herschel trouvait que les nébuleuses planétaires alors connues ressemblaient à la planète Uranus qu'il avait découverte en 1781. C'est lui qui imagine l'appellation nébuleuse planétaire.***

L'étoile centrale de M57 a été découverte en 1800 par l'astronome allemand Friedrich von Hahn. John Herschel a observé M57 à de nombreuses reprises entre en 1828 et 1829. Dans son catalogue, sous la désignation GC 4447, il l'a décrite comme « une magnifique nébuleuse de forme annulaire, brillante, assez grande et considérablement étendue ».

William Henry Smyth et William Parsons (lord Rosse) l'ont aussi observée en 1835 et en 1844. En 1850, alors qu'il avait observé M57 à sept reprises, Lord Rosse souligne que les sept nébuleuses planétaires alors connues ne peuvent être considérées comme des agrégations semblables à notre Soleil ou aux étoiles fixes. Il soutient qu'il ne s'agit pas d'un corps solide ou liquide émettant de la lumière, mais que c'est de la matière à l'état gazeux émettant de la lumière. Dans un article de William Huggins et William Allen Miller publié en 1864 par la Royal Society, M57 est décrit comme une nébuleuse annulaire, brillante, assez grande et considérablement allongée. Son spectre est faible indiquant que la luminosité de M57 est plus faible que les autres nébuleuses examinées. Les auteurs soulignent qu'il est probable que la matière occupant la partie centrale de M57 soit de constitution similaire à celle de l'anneau en raison de ses caractéristiques spectrales.

John Dreyer a repris les termes déjà employés pour décrire M57 et l'a inscrite dans le New General Catalogue sous la désignation NGC 6720. Heber Doust Curtis a réalisé une photographie et un dessin de M57 qui ont été publiés en 1918 dans le livre « Descriptions of 762 Nebulae and Clusters Photographed with the Crossley Reflector ».

Observation

Cette nébuleuse est présente dans le ciel de l'hémisphère nord et observable toute l'année, dans les meilleures conditions entre mai et septembre. Elle se situe dans la Lyre, l'un des sommets du Triangle d'été, ce qui facilite sa recherche (surtout quand elle occupe le zénith, pendant les mois d'été).

M57 est relativement facile à localiser. On trouve d'abord l'astérisme du Triangle d'été constitué des trois étoiles les plus brillantes des constellations de l'Aigle (Altaïr), du Cygne (Deneb) et de la Lyre (Véga). M57 est situé entre les étoiles Beta et Gamma Lyrae à environ un tiers de la distance à partir de Beta.

Sa magnitude n'est que de 8,8, elle est donc invisible à l'œil nu. Son diamètre apparent est assez faible, ce qui diminue sa visibilité. Pour l'observer (et distinguer l'anneau), il faut utiliser un petit télescope ou une lunette astronomique, car son apparence dans des jumelles est semblable à un objet presque stellaire. Dans un petit instrument d'amateur avec un grossissement de 100 fois, l'anneau commence à apparaître ainsi que le centre sombre. Une étoile de 12^{ème} magnitude se trouve à une minute à l'Est du centre. Si la couleur peut être décelée, elle sera légèrement verte, ce qui est prévisible puisque presque toute sa lumière est émise dans seulement quelques raies spectrales vertes. Même avec de petits instruments il est possible de remarquer une légère ellipticité suivant un angle de position 60° pour le grand axe. De plus en plus de détails deviennent visibles si l'on utilise de plus grandes ouvertures et dans de bonnes conditions d'observation. Mais, même avec de grands instruments, l'étoile centrale ne sera visible que si les conditions sont exceptionnellement favorables, ou avec l'aide de filtres. Toujours avec de grands instruments, quelques petites étoiles peuvent être aperçues en premier plan ou en arrière-plan à l'intérieur de la partie en extension.

Caractéristiques

Distance, taille et vitesse

Deux distances comparables basées sur les récents relevés du satellite Gaia sont indiquées sur la base de données astronomique Simbad : $787,650 \pm 27,173$ 2 pc, soit 2. 570 AL. Puisque sa taille apparente est de 3,0', un calcul rapide montre que son envergure est égale à $2,24 \pm 0,11$ al. Une publication de l'année 1995 rapporte une vitesse de $-19,1$ km/s. Dans un article publié en 2007, on évalue les dimensions de son ellipsoïde à $0,10$ pc x $0,13$ pc x $0,20$ pc' ($0,33$ x $0,62$ x $0,65$ al). Ces valeurs sont passablement plus petites de celles que l'on trouve ailleurs.

Âge de la nébuleuse

La durée de vie d'une nébuleuse planétaire est très brève, seulement une dizaine de milliers d'années. L'estimation de l'âge d'une nébuleuse est passablement difficile à faire et il est surtout calculé par une méthode approximative basée sur sa taille et son taux d'expansion. L'évaluation de l'âge de M57 varie énormément d'une source à l'autre. De 6.000 à 8.000 ans, de 2.500 à \pm 5.600 ans selon une publication parue en 2003 et finalement 7.000 ans selon une publication du même auteur principal parue en 2007.

Étoile centrale

L'étoile centrale est une naine blanche de la taille d'une planète comme la Terre. Sa température de surface est de 120.000 K et sa luminosité est environ 200 fois plus grande que celle du Soleil. Sa masse se situe entre 0,61 et 0,62 masse solaire.

Luminosité

Comme la plupart des nébuleuses planétaires, M57 est beaucoup plus brillante visuellement avec une magnitude de 8,8 que photographiquement avec une valeur de 9,7. Cela est dû au fait que la plus grande partie de leur lumière est émise dans très peu de raies spectrales.

Toutes les parties intérieures de cette nébuleuse ont une teinte bleu-vert causée par les raies d'émission d'oxygène doublement ionisé à 495,7 et 500,7 nm. Les raies spectrales dites interdites se produisent seulement dans des conditions de très basse densité, quelques atomes seulement par centimètre cube. Dans la région externe de l'anneau, une partie de la teinte rougeâtre provient de l'émission à 656,3 nm de l'hydrogène, une des raies de la série de Balmer. Les raies interdites de l'azote contribue à la teinte rougeâtre à des longueurs d'onde de 654,8 et 658,3 nm.

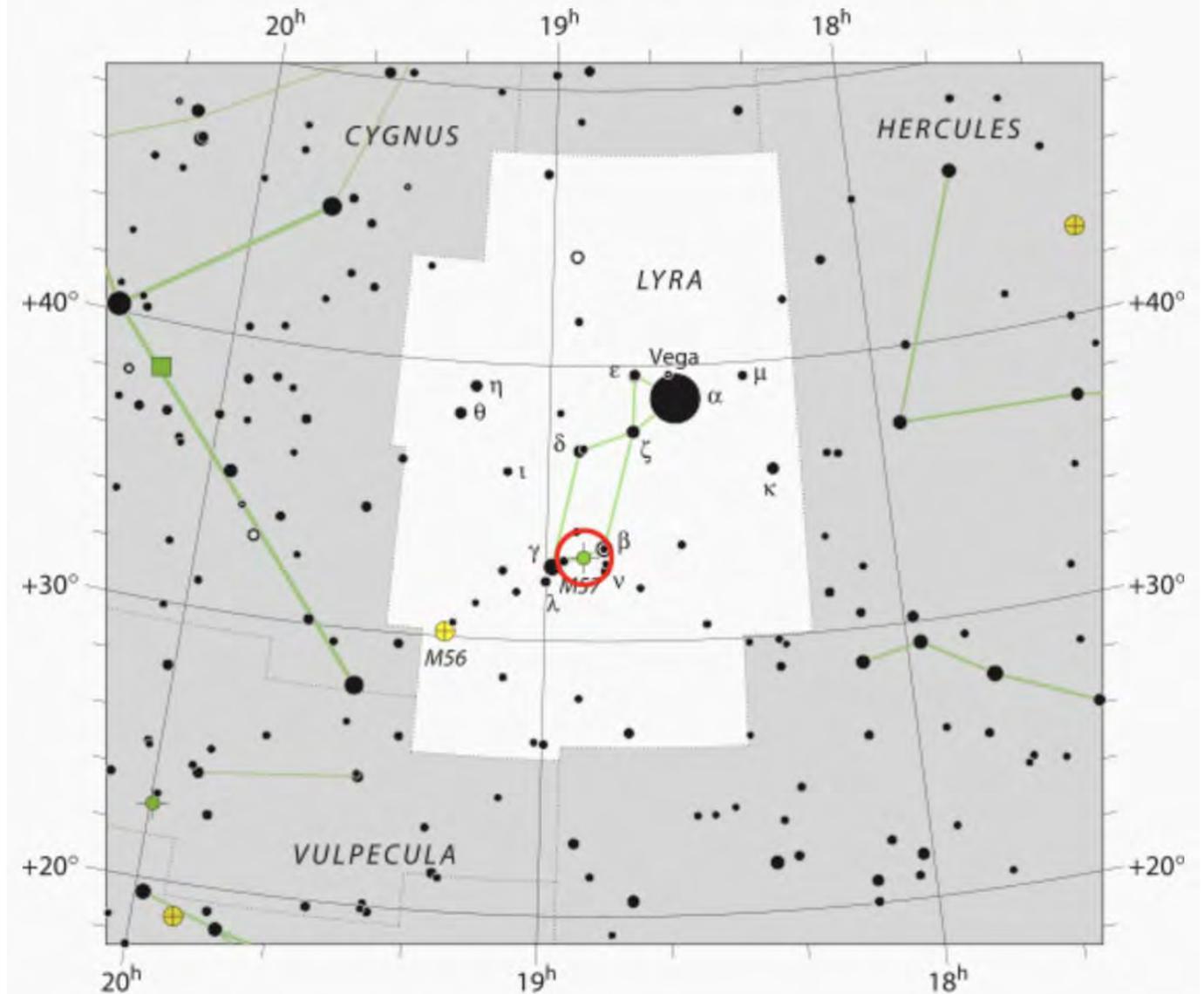


Nébuleuse de la Lyre par le télescope spatial JWST avec l'instrument NIRCам en proche infrarouge



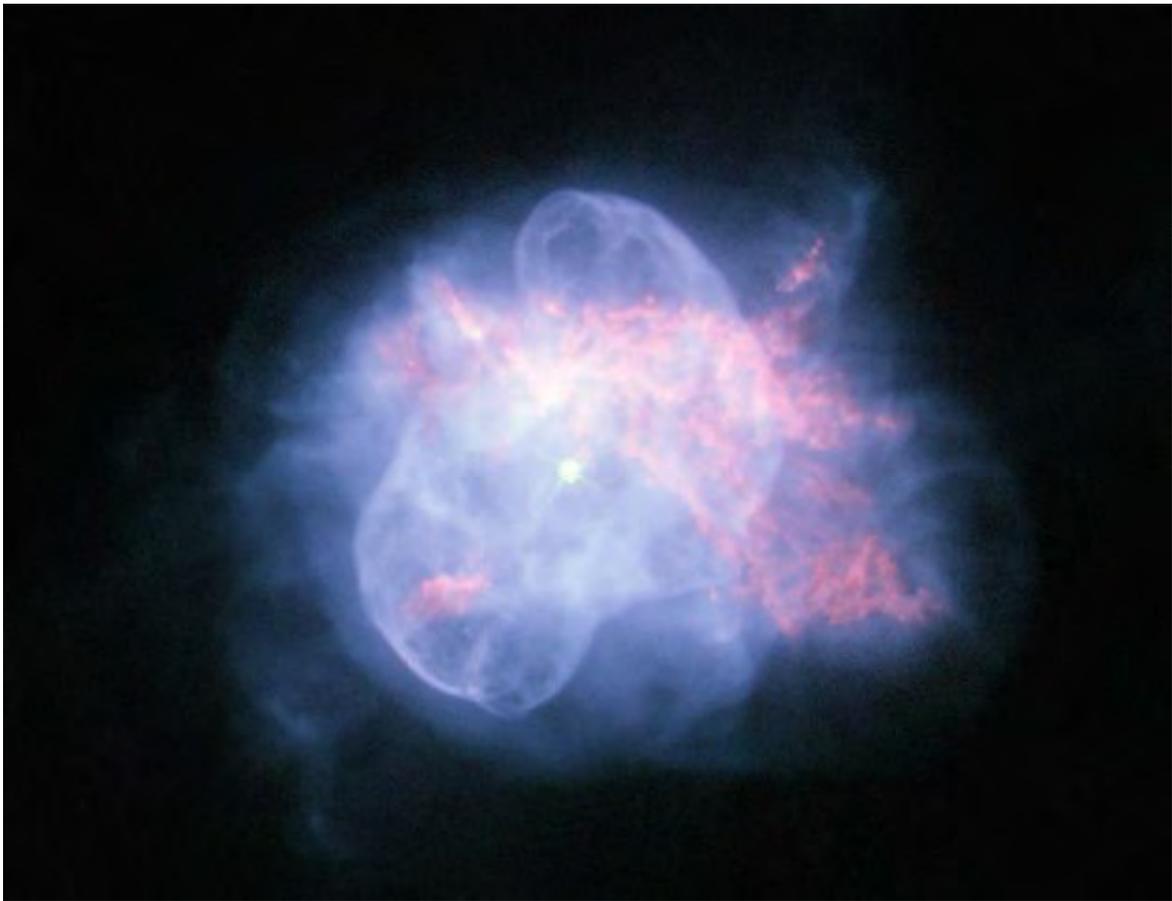
Nébuleuse de la Lyre par le télescope spatial JWST avec l'instrument MIRI en infrarouge moyen

Localisation dans la constellation : Lyre

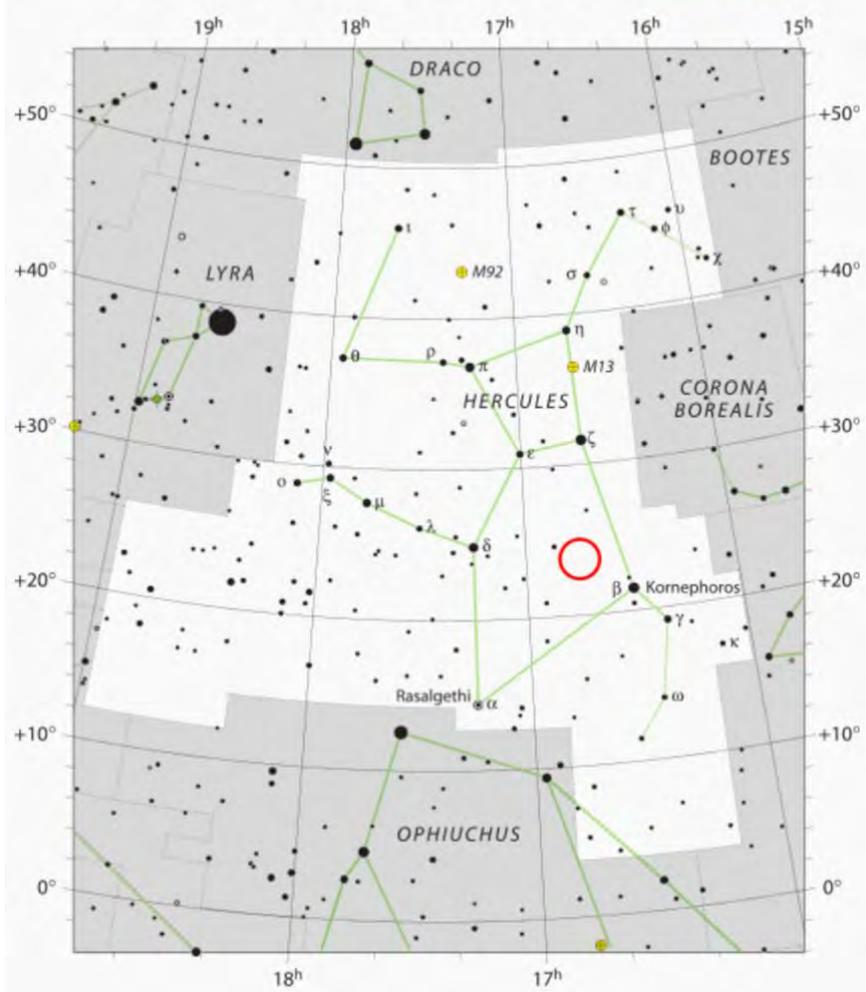


NGC 6210, surnommée nébuleuse de la Tortue, est une nébuleuse planétaire située dans la constellation d'Hercule. NGC 6210 a été découverte par l'astronome germano-balte Wilhelm Struve en 1825. Cet objet a été enregistré comme une étoile par Joseph Lalande le 22 mars 1799, ainsi sa découverte en tant que nébuleuse planétaire est attribuée à Wilhelm Struve. John Herschel a aussi observé la nébuleuse le 25 mai 1830.

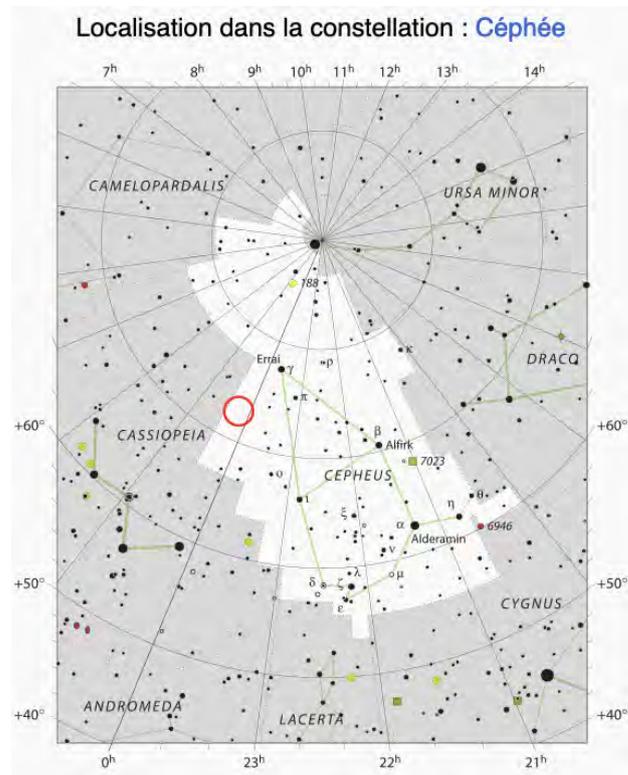
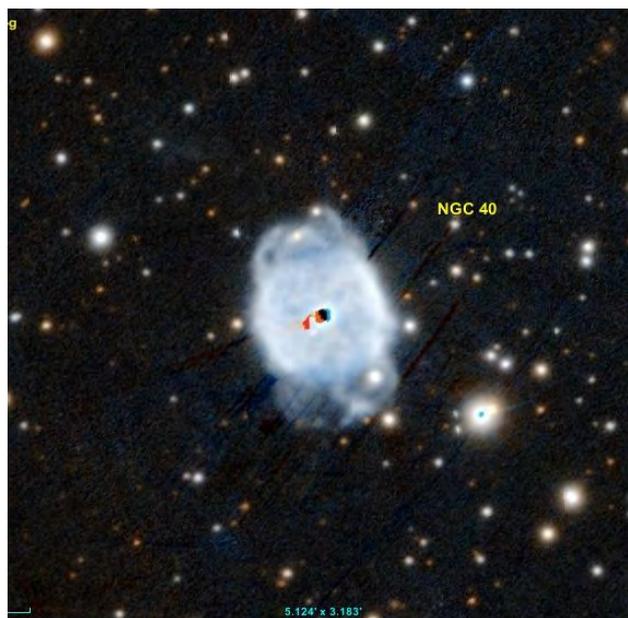
NGC 6210 est à une distance d'environ 6.700 a.l. de la Terre et sa taille apparente est de 68,9". Un calcul rapide montre que son envergure est d'environ 3,1 année-lumière. La forme de NGC 6210 est très amorphe et irrégulière, mais elle épouse à peu près la forme d'une ellipsoïde. Deux parties forment la nébuleuse, une région interne brillante avec de nombreux arcs et filaments qui s'étendent sur 13" par 16" ainsi qu'une région externe plus volumineuse et plus pâle dotée d'une paire de structures tubulaires. Les émissions de la partie externe ne représentent que 1 % du total des émissions. La magnitude apparente visuelle est égale à 12,66 et son spectre correspond à celui d'une étoile de type O riche en hydrogène. Sa température est estimée à 65 000 K. L'abondance des éléments suggère une étoile progénitrice de masse probablement égale à 0,9 masse solaire. La vitesse de la matière éjectée de cette étoile est de 2 180 km/s et sa perte de masse est estimée à $2,2 \times 10^{-9}$ solaire par année. Un jet collimaté semble exister au nord-ouest de la nébuleuse, suggérant que l'étoile centrale éjecte de la matière le long de deux et peut-être quatre de ces directions.



Localisation dans la constellation : **Hercule**



NGC 40 (Caldwell 2), aussi appelé la **nébuleuse du Nœud papillon** (à distinguer de la nébuleuse du Boomerang parfois aussi nommée ainsi), est une nébuleuse planétaire située dans la constellation de Céphée. Elle a été découverte le 25 novembre 1788 par William Herschel. Composée de gaz chaud éjecté par l'étoile mourante qui se trouve au centre, elle mesure environ une année-lumière de diamètre. Les scientifiques estiment que d'ici 30 000 ans à 40 000 ans elle aura disparu, laissant uniquement une naine blanche à peu près de la taille de la Terre



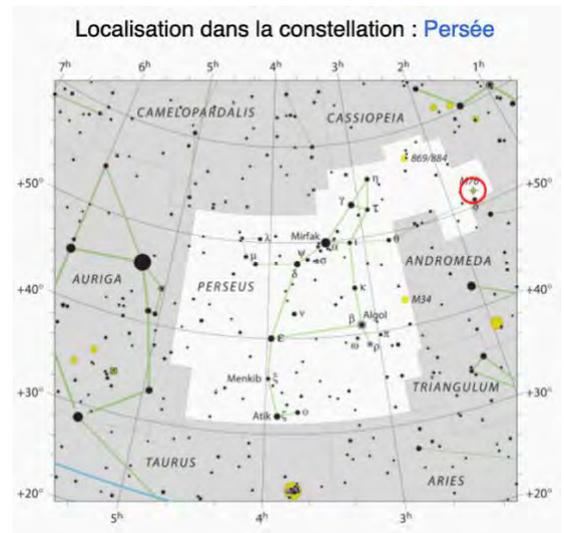
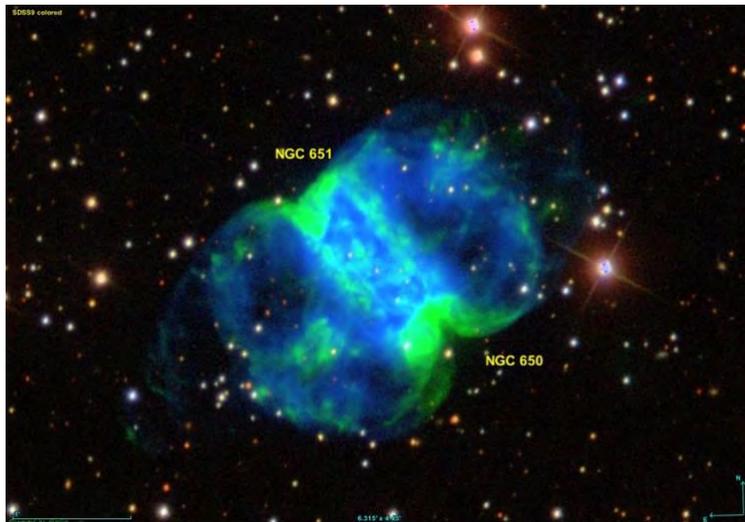
M76 (ou NGC 650) est une nébuleuse planétaire située dans la constellation de Persée. Elle est également connue sous le nom de **Petit Haltère** (ou **Little Dumbbell**), sa forme rappelant celle de la nébuleuse de l'Haltère (M27, aussi connue sous le nom de *Dumbbell*). M76 est l'un des objets les moins lumineux du catalogue Messier.

Histoire

M76 a été découverte par Pierre Méchain le 5 septembre 1780, et Charles Messier l'inclut à son catalogue d'objets diffus le 21 octobre de la même année, après l'avoir observée et déterminé sa position. Lawrence Parsons a cru détecter une structure spirale dans cette nébuleuse, mais il était dans l'erreur. En 1866, William Huggins, un pionnier de la spectroscopie a déterminé sa nature gazeuse en étudiant les raies de son spectre. M76 a reçu deux numéros NGC (NGC 650 et NGC 651), parce qu'on la suspectait à l'époque d'être une nébuleuse double dont les composantes auraient été en contact. C'est William Herschel qui est à l'origine de cette double nature. NGC 651 est la partie au nord-est de la nébuleuse. Finalement, c'est l'astrophotographe Isaac Roberts qui a déterminé que c'était une simple nébuleuse et non une nébuleuse double.

Structure

L'étoile à l'origine de cette nébuleuse possède aujourd'hui une magnitude apparente de +16,6, avec une température de surface plutôt élevée de 60 000 K. Elle est probablement en train de se refroidir pour devenir à terme une naine blanche d'ici plusieurs milliards d'années. La distance séparant le système solaire de M76 est très mal connue, les estimations variant selon les sources de 1 700 années-lumière à 15 000 années-lumière. Selon ces distances, la dimension réelle du cœur nébuleuse est entre 0,34 par 0,72 a.l. et 3,1 par 6,4 a.l.. Ses ailes s'étendent sur une distance comprise entre 1,3 et 11,3 a.l. et son halo diffus pourrait s'étendre jusqu'à 21 a.l.



IC 3568 (surnommée la nébuleuse de la tranche de citron) est une nébuleuse planétaire dans la constellation de la Girafe. Très petite nébuleuse planétaire située dans la constellation de la Girafe, assez près du pôle, à la même hauteur qu'Epsilon de la Petite Ourse. Malgré sa petite taille et sa magnitude relativement faible, cette nébuleuse est visible dans un télescope de 125 mm du fait de sa position haute dans le ciel du Nord et dans un environnement dépourvu d'étoiles brillantes. Prendre depuis la Polaire en direction d'Epsilon de la grande Ourse (Alioth), diviser mentalement cette distance en 5 et s'arrêter au premier cinquième.



NGC 6369, aussi appelé **la nébuleuse de Petit Fantôme** est une nébuleuse planétaire située dans la constellation d'Ophiuchus. NGC 6369 a été découverte par l'astronome germano-britannique William Herschel en 1784.

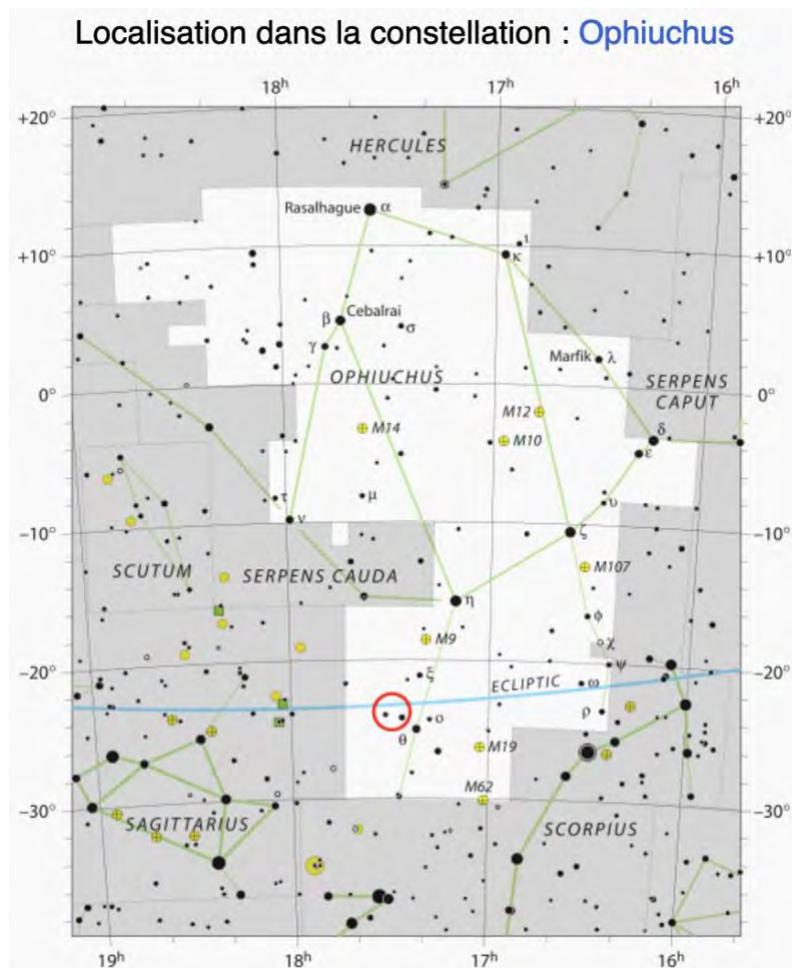
La distance de cette nébuleuse est d'environ 1089 pc, soit à une distance d'environ 3 550 a.l. et sa taille apparente est de 0,63'. Si on utilise cette distance, un calcul rapide montre que son envergure est d'environ 0,65 année-lumière.

La nébuleuse ne présente pas d'hélium doublement ionisé ce qui implique que son étoile centrale est relativement froide comparée à d'autres nébuleuse planétaire. La valeur mesurée de sa température est de 58 000 K. La luminosité de l'étoile centrale est aussi relativement faible, environ 1 000 fois celle du Soleil, à une distance estimée de 2 000 a.l.. Compte tenu de ces valeurs, on estime que la masse de l'étoile progénitrice était légèrement supérieure à la moitié de celle du Soleil.

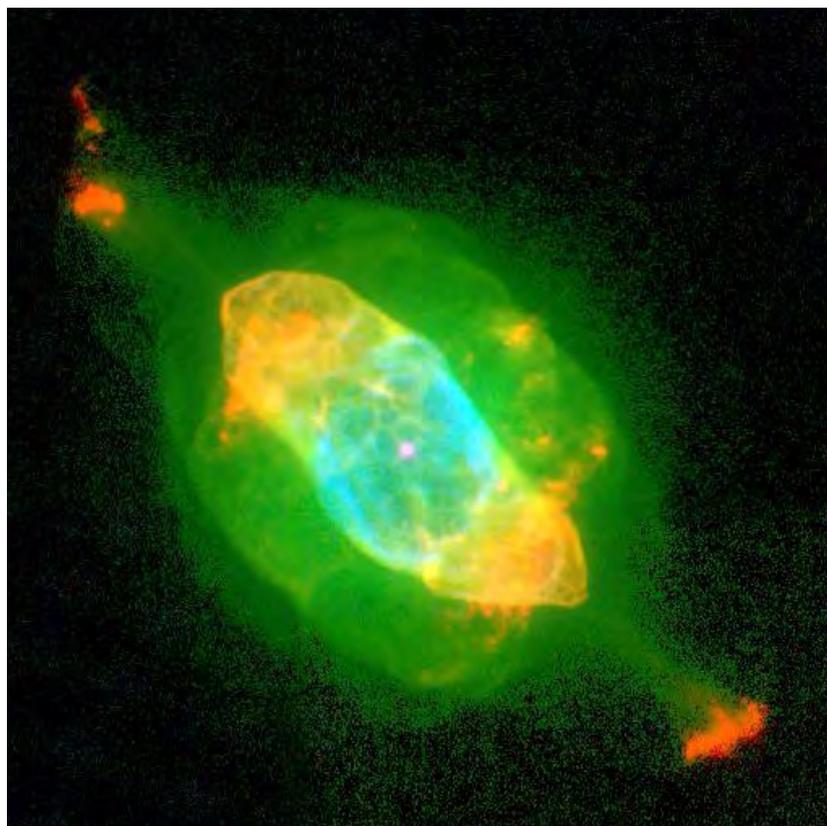
La photographie prise par le télescope spatial Hubble nous révèle des détails invisibles pour les télescopes au sol en raison des distorsions produites par notre atmosphère. L'anneau vert bleu près du centre est énergisé par la lumière ultraviolette de l'étoile centrale qui ionise le gaz. À plus grande distance, la lumière UV devient moins intense et le processus d'ionisation moins efficace, ce qui explique le changement de couleur vers le rouge.



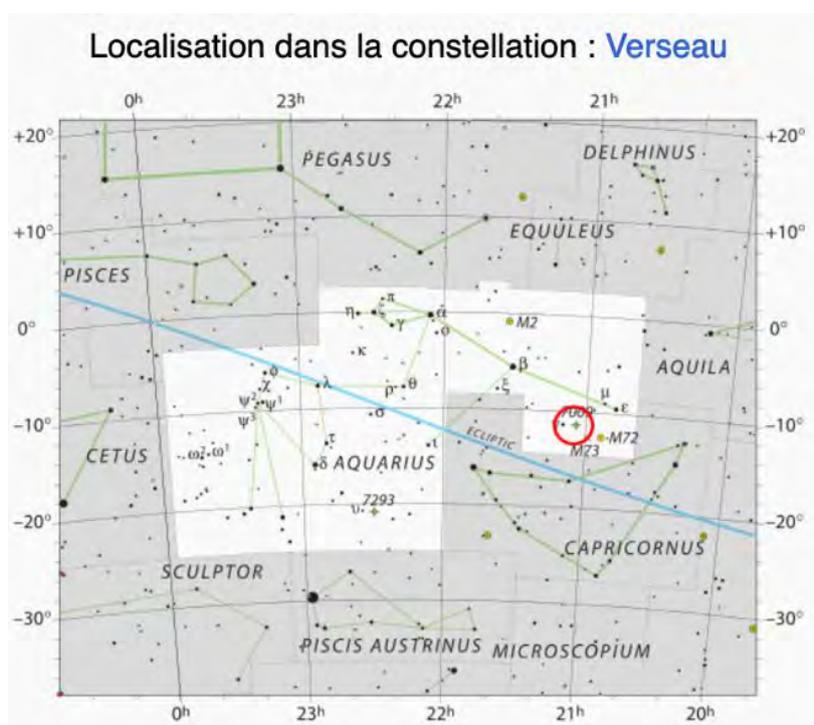
La nébuleuse planétaire NGC 6369 par le télescope spatial Hubble



NGC 7009, aussi appelée la **Nébuluse Saturne** en raison de sa forme générale qui évoque la planète Saturne, est une nébuleuse planétaire de la constellation du Verseau. Elle est localisée à 1° à l'ouest de l'étoile ν Aquarii. Elle est située près de M73 et M72, au-dessus de la constellation du Capricorne. Elle se trouve à une distance d'environ 4.320 a.l. de la Terre. Les anses qui ont donné le nom à la nébuleuse ne sont accessibles qu'avec un télescope de 1000 mm de diamètre. La nébuleuse Saturne est découverte par William Herschel le 7 septembre 1782. Elle n'est pas la première nébuleuse planétaire découverte, mais elle est la première identifiée en tant que telle, Herschel proposant le terme de « nébuleuse planétaire » en raison de la forme de ces objets qui évoquent la planète Uranus, qu'il vient de découvrir.



Nébuleuse planétaire Saturne par Hubble en 1997



NGC 6537 est une nébuleuse planétaire bipolaire située dans la constellation du Sagittaire. Surnommée nébuleuse de l'Araignée rouge. NGC 6537 a été découvert par l'astronome américain Edward Charles Pickering en 1882. Dans un article paru en 2005, la distance de la nébuleuse est estimée à une valeur comprise entre 0,9 kpc et 3,3 kpc, soit 5 380 a.l..

Caractéristiques

L'étoile centrale de NGC 6537 est une naine blanche dont la température est estimée à $200\,000 \pm 50\,000$ K et luminosité d'environ 1000 fois celle du Soleil. Il s'agit de l'étoile la plus chaude connue. Sa masse est comprise entre 0,7 et 0,9 solaire et la masse du progéniteur est comprise entre 3 et 7 masses solaires.

L'étoile centrale extrêmement chaude génère des vents stellaires dont les vagues atteignent 100 milliards de kilomètres de hauteur. Ces vagues qui se déplacent à une vitesse supersonique de plus de 1 000 km/s sont à l'origine des radiations intenses émises par la nébuleuse.

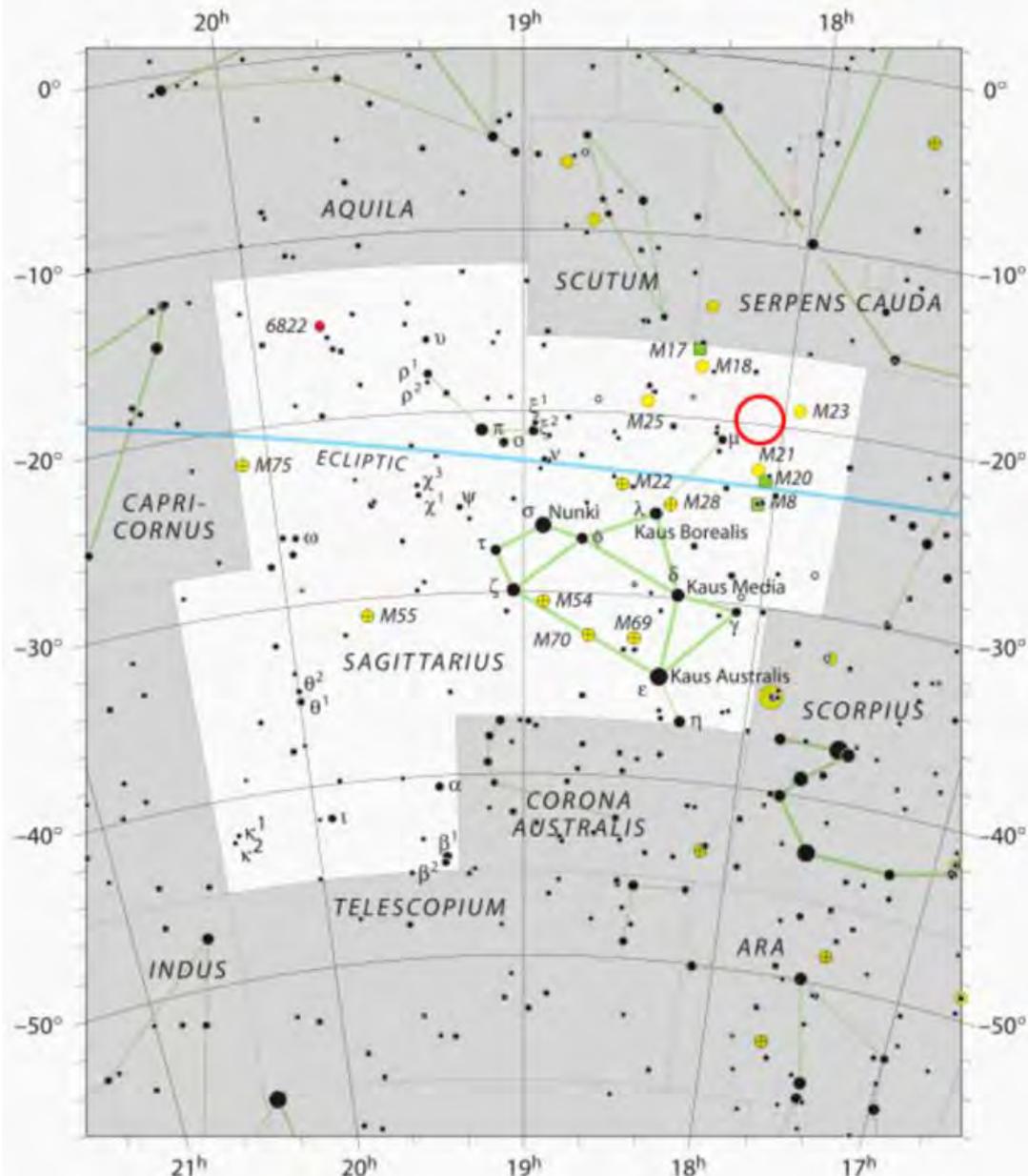
Observation

NGC 6537 est situé dans la partie nord-ouest de la constellation du Sagittaire à environ 10 degrés au nord-est du centre de la Voie lactée et à 2,4 degrés au nord-est du système stellaire Mu Sagittarii. Sa lumière doit traverser un espace contenant beaucoup de poussière. Sans cette poussière, on estime qu'elle serait 40 fois plus brillante. Vu sa faible magnitude, il faut un puissant télescope pour pouvoir observer cette nébuleuse.



NGC 6537 par Hubble

Localisation dans la constellation : Sagittaire



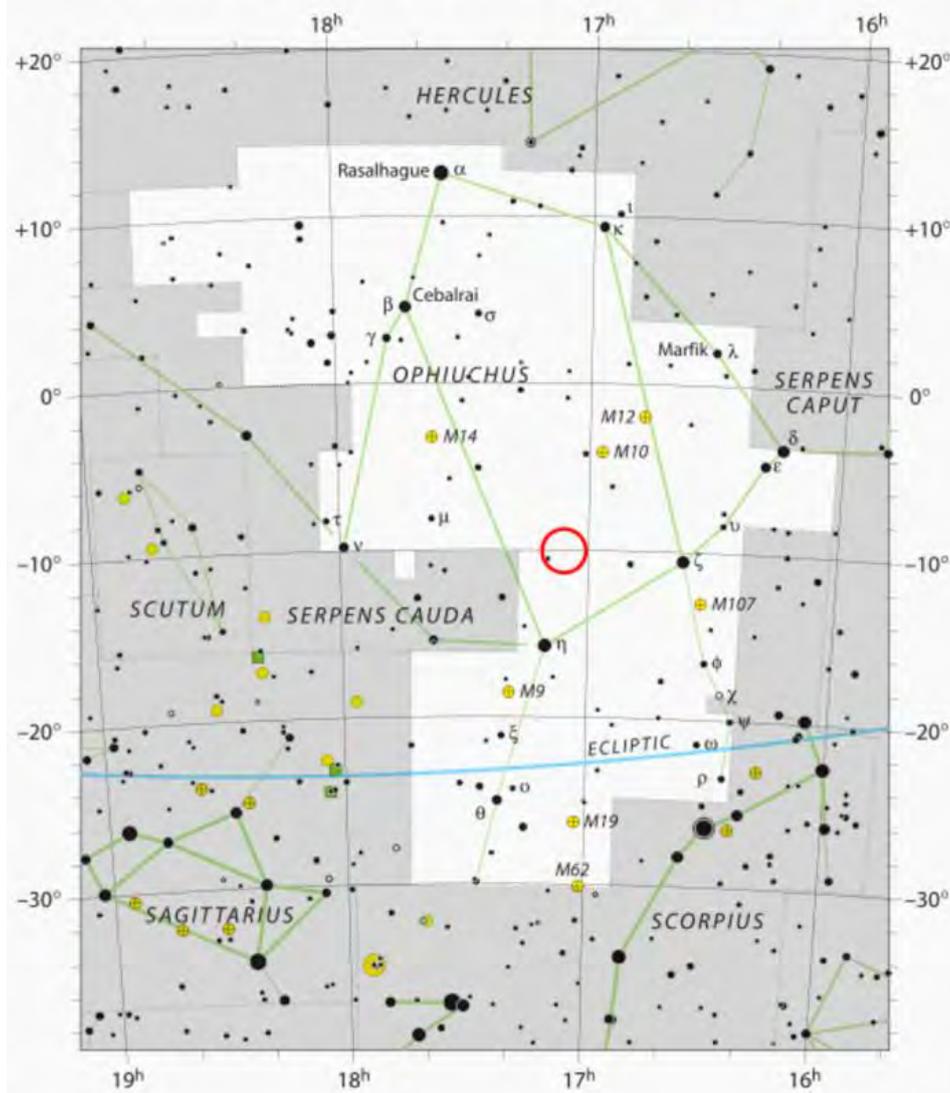
Minkowski 2-9, abrégé **M2-9** (également connu sous le nom de Papillon de Minkowski, Nébuleuse Twin Jet, Nébuleuse des Ailes d'un Papillon ou simplement Nébuleuse du Papillon) est une nébuleuse planétaire découverte par Rudolph Minkowski en 1947. Elle est située à environ 2,100 années-lumière de la Terre en direction de la constellation d'Ophiuchus. Cette nébuleuse bipolaire prend la forme particulière de lobes jumeaux de matière émanant d'une étoile centrale. Les astronomes ont surnommé cet objet la nébuleuse Twin Jet en raison des jets censés être à l'origine de la forme des lobes. Sa forme ressemble également aux ailes d'un papillon. La nébuleuse a été photographiée par le télescope spatial Hubble dans les années 1990. Le composant principal du système binaire central est le noyau chaud d'une étoile qui a atteint la fin du cycle de vie de sa séquence principale, a éjecté la plupart de ses couches externes et est devenue une géante rouge, et qui se contracte maintenant pour devenir une naine blanche. On pense qu'au début de sa vie, elle était une étoile semblable au Soleil. La deuxième étoile, la plus petite des orbites binaires, orbite très étroitement et peut même avoir été engloutie par l'atmosphère stellaire en expansion de l'autre, l'interaction résultante créant la nébuleuse. Les astronomes théorisent que la gravité d'une étoile extrait une partie du gaz de la surface de l'autre et la projette dans un disque mince et dense s'étendant dans l'espace. Alors que le binaire central tourne sur une période d'environ 86 à 120 ans, le vent émis par le binaire change de direction

avec lui. La nébuleuse s'est gonflée de façon spectaculaire en raison d'un vent stellaire rapide, soufflant dans le disque environnant et gonflant les grandes ailes vaporeuses en forme de sablier perpendiculaires au disque. Ces ailes produisent l'apparence d'un papillon lorsqu'elles sont vues en projection. On estime que la coque externe a environ 1.200 ans. *Traduction Olivier Sabbagh*



M2-9 pris par le télescope spatial Hubble

Localisation dans la constellation : **Ophiuchus**



NGC 2346 est une nébuleuse planétaire proche de l'équateur céleste dans la constellation de la Licorne, à moins d'un degré à l'ESE de Delta Monocerotis. Elle a été découverte par l'astronome germano-britannique William Herschel en 1790. Elle est aussi officieusement connue sous le nom de Nébuleuse du Papillon.

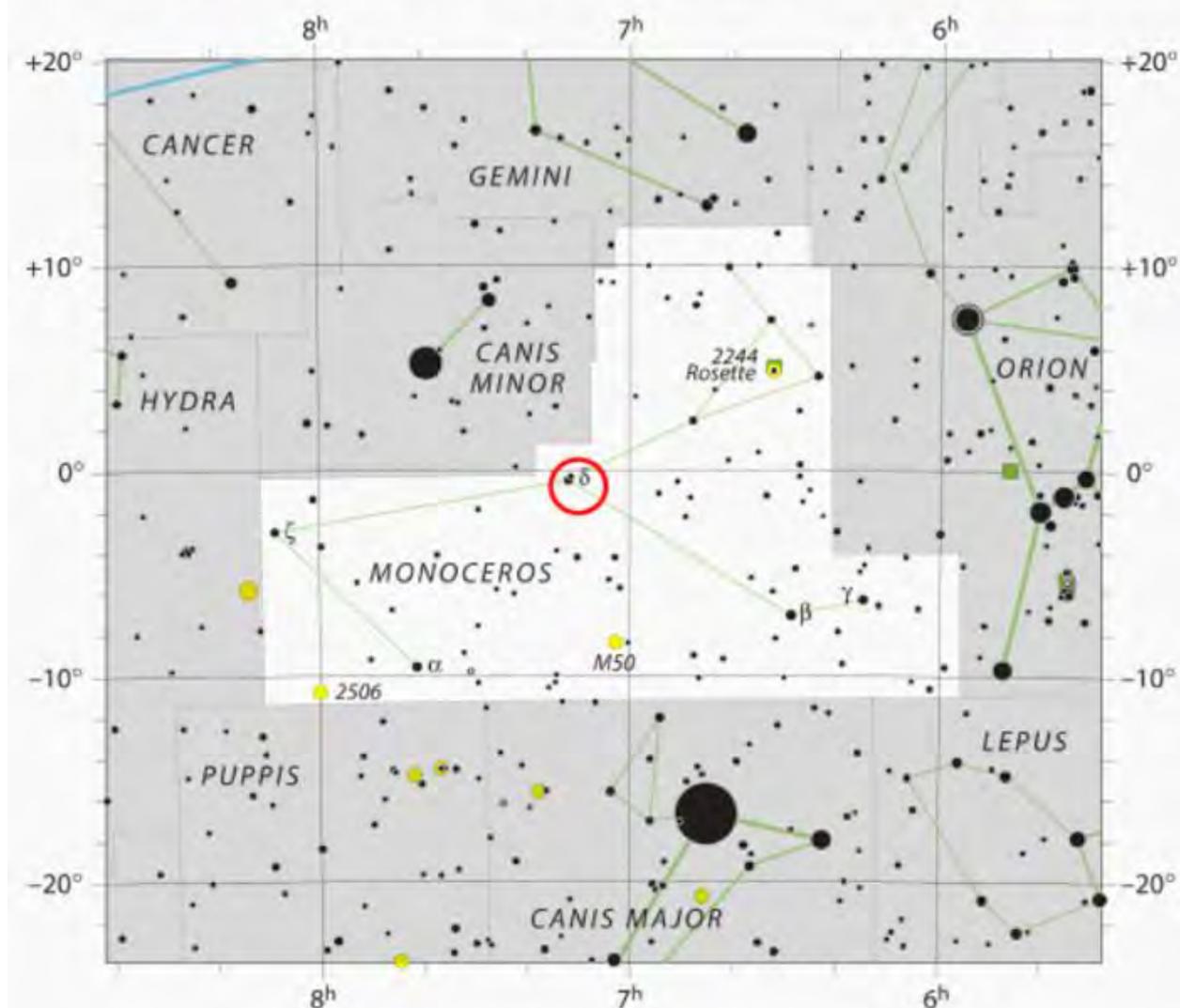
La nébuleuse est brillante et visible avec une magnitude visuelle de 9,6 et a été largement étudiée. Parmi ses caractéristiques les plus remarquables figurent son étoile centrale inhabituellement froide, qui est une binaire spectroscopique, et sa forme inhabituelle. La nébulaire est de forme bipolaire, avec des vitesses de sortie modestes comprises entre 8 et 11 km/s, tandis que le centre est entouré d'une ceinture de gaz moléculaire en expansion. La densité électronique de la nébuleuse est de l'ordre de 400 par centimètre cube. L'ionisation de la nébuleuse est le résultat de l'émission ultraviolette du compagnon binaire. L'émission infrarouge la plus forte provenant de l'émission moléculaire provient de la ceinture, qui s'étend à une vitesse de 16 km/s. La masse du gaz moléculaire dans la nébuleuse est estimée entre 0,34 et 1,85 M_{\odot} et est bien supérieure à la masse du gaz ionisé.

L'étoile centrale est une étoile binaire composée d'une sous-géante de type A et d'une étoile sous-naine O. Le système, qui a une période orbitale de $16,00 \pm 0,03$ jours, est également variable, probablement en raison de la poussière en orbite autour de lui. La poussière elle-même est chauffée par l'étoile centrale et NGC 2346 est donc inhabituellement brillante dans la partie infrarouge du spectre. Lorsque l'une des deux étoiles s'est transformée en géante rouge, elle a englouti sa compagne, ce qui a arraché un anneau de matière à l'atmosphère de la plus grande étoile. Lorsque le noyau de la géante rouge a été exposé, un vent stellaire rapide a gonflé deux « bulles » de chaque côté de l'anneau. *Traduction : Olivier Sabbagh*



NGC 2346 par Hubble

Localisation dans la constellation : **Licorne**



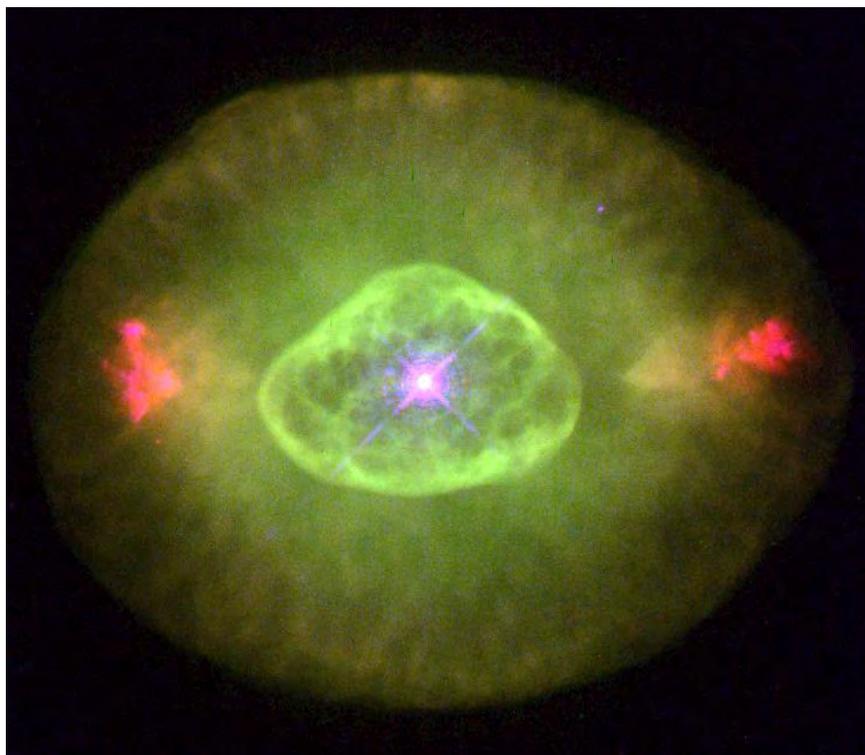
NGC 6826, aussi surnommé la **nébuleuse clignotante** (*blinking nebula*), est une nébuleuse planétaire située dans la constellation du Cygne. NGC 6826 a été découverte par l'astronome germano-britannique William Herschel en 1793. Ce surnom vient de la manière dont on l'observe dans un petit télescope. Si on fixe directement l'étoile au centre de NGC 6826, l'éclat de celle-ci rend la nébuleuse invisible. Par contre, si l'on fait appel à la vision décalée, la nébuleuse devient visible. En alternant entre ces deux types de vision, la nébuleuse semble clignoter. On notera que l'on rencontre ce phénomène pour d'autres objets astronomiques, par exemple NGC 2392.

Avec une magnitude visuelle apparente de 9,44, on peut l'observer avec des jumelles de 60 à 70 mm d'ouverture ou encore avec un petit télescope. NGC 6826 est située à environ 5,1 degrés au sud-est de l'étoile Kappa Cygni et à 5,3 degrés au nord-ouest de Delta Cygni. Deux distances provenant des mesures de la parallaxe par le satellite Gaia sont indiquées sur la base de données astronomiques Simbad. La plus récente provient d'une publication de l'année 2020 avec 4 230 AL. Sa taille apparente serait donc de 0,6', ce qui montrerait une envergure de $0,74 \pm 0,10$ AL. Deux valeurs identiques de la vitesse sont aussi indiquées sur Simbad : -6,20 km/s.

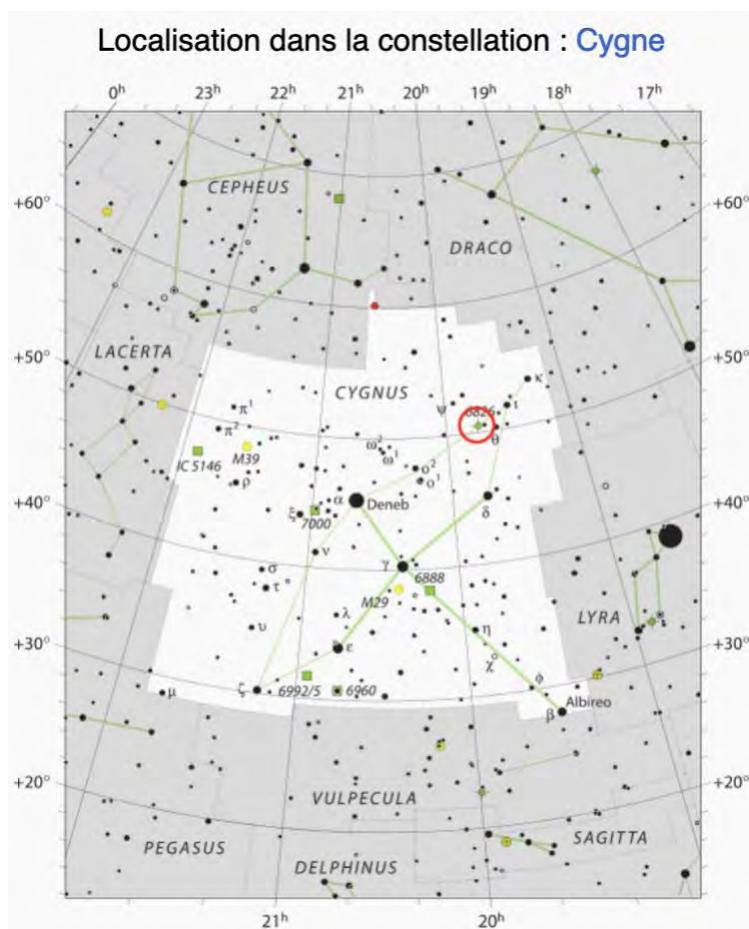
Son étoile centrale

La masse de l'étoile centrale est de 0,74 solaire et sa température effective atteint 46 000 K. Cette étoile est une variable de type ZZ Leporis avec une période de 1,237 99 jour. L'origine de la variation de luminosité de l'étoile est probablement liée au mécanisme du vent stellaire des

étoiles massives progéniteurs des nébuleuses planétaires. L'étoile centrale de NGC 6826 continue d'alimenter la nébuleuse en matière, car sa perte de masse par années est importante : de $7,9 \times 10^{-8}$ masse solaire. La luminosité et le rayon de cette étoile sont respectivement de 12 882 la luminosité du Soleil et de 1,8 rayon solaire. Il faut cependant noter que ces valeurs sont obtenues en supposant une distance de 2,6 kpc.



La nébuleuse planétaire NGC 6826 par le télescope spatial Hubble, dans la constellation du Cygne, surnommée la nébuleuse clignotante



NGC 7027, également connue sous le nom de nébuleuse Jewel Bug, est une nébuleuse planétaire très jeune et dense située à environ 3 000 années-lumière de la Terre dans la constellation du Cygne. Découverte en 1878 par Édouard Stephan à l'aide du réflecteur de 800 mm (31 pouces) de l'Observatoire de Marseille, c'est l'une des plus petites nébuleuses planétaires et de loin la plus étudiée.

Observation

NGC 7027 est l'une des nébuleuses planétaires les plus brillantes visuellement. Dans un télescope de 6 pouces à environ 50×, elle apparaît comme une étoile bleuâtre relativement brillante. Il est préférable de l'observer avec le grossissement le plus élevé possible. En 1977, à l'observatoire Yerkes, un petit télescope Schmidt a été utilisé pour dériver une position optique précise de la nébuleuse planétaire NGC 7027 afin de permettre la comparaison entre les photographies et les cartes radio de l'objet. Elle a été photographiée à plusieurs reprises par le télescope spatial Hubble depuis son lancement en 1990. Avant ces observations, NGC 7027 était considérée comme une nébuleuse protoplanétaire dont l'étoile centrale était trop froide pour ioniser le gaz, mais c'est maintenant le cas. Connue pour être une nébuleuse planétaire au tout début de son développement.

Aperçu

NGC 7027 est inhabituellement petite, mesurant seulement 0,2 sur 0,1 année-lumière, alors que la taille typique d'une nébuleuse planétaire est de 1 année-lumière. Il est assez jeune, âgé d'environ 600 ans. Il a une forme très complexe, constituée d'une région elliptique de gaz ionisé et d'une ceinture équatoriale au sein d'un nuage neutre massif. La structure interne est entourée d'une enveloppe translucide de gaz et de poussière. La nébuleuse a la forme d'une coquille ellipsoïdale allongée et contient une région de photodissociation en forme de « feuille de trèfle ». La coque intérieure est également percée par plusieurs chocs et jets de rayons X, conduisant à des structures en forme de « pointe ». NGC 7027 s'étend à 17 kilomètres par seconde (11 mi/s). Les régions centrales de NGC 7027 émettent des rayons X, indiquant des températures très élevées. Autour de la nébuleuse ellipsoïdale se trouvent une série de coquilles concentriques bleues pâles.

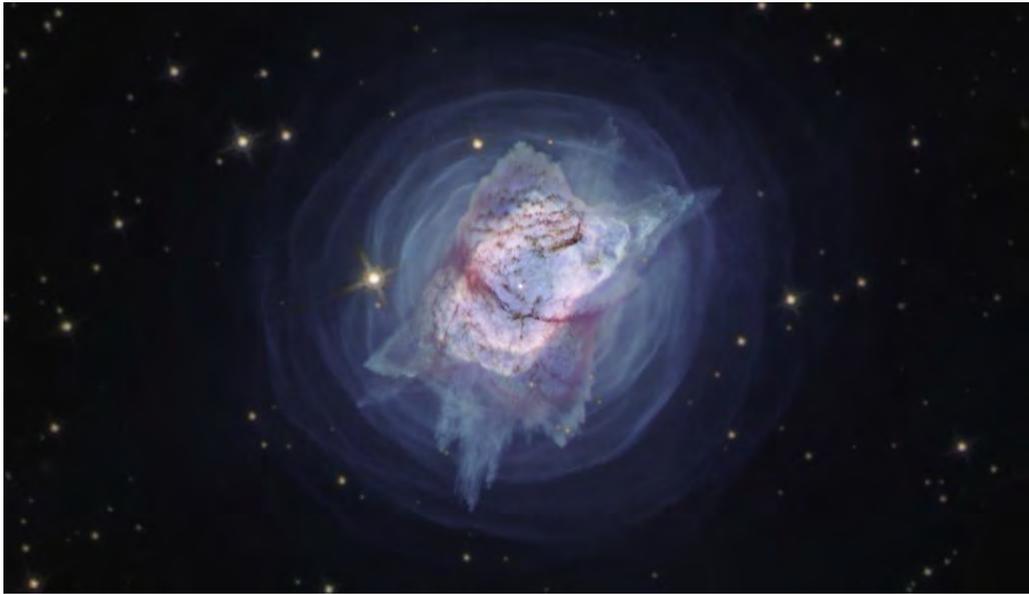
Le halo en expansion de NGC 7027 a une masse environ trois fois supérieure à celle du Soleil et est environ 100 fois plus massive que la région centrale ionisée. Cette perte de masse dans NGC 7027 a fourni une preuve importante que des étoiles plusieurs fois plus massives que le Soleil peuvent éviter d'être détruites lors d'explosions de supernova.

La nébuleuse est riche en carbone et constitue un objet très intéressant pour l'étude de la chimie du carbone dans un matériau moléculaire dense exposé à un fort rayonnement ultraviolet. Le spectre de NGC 7027 contient moins de raies spectrales provenant de molécules neutres que ce qui est habituel pour les nébuleuses planétaires. Cela est dû à la destruction des molécules neutres par les rayons UV intenses. La nébuleuse contient des ions au potentiel d'ionisation extrêmement élevé. L'ion hydruure d'hélium, considéré comme la première molécule à s'être formée dans l'Univers (environ 100 000 ans après le Big Bang), a été détecté en 2019 pour la première fois dans l'espace dans NGC 7027. Il existe également des preuves de la présence de nanodiamant dans NGC 7027.

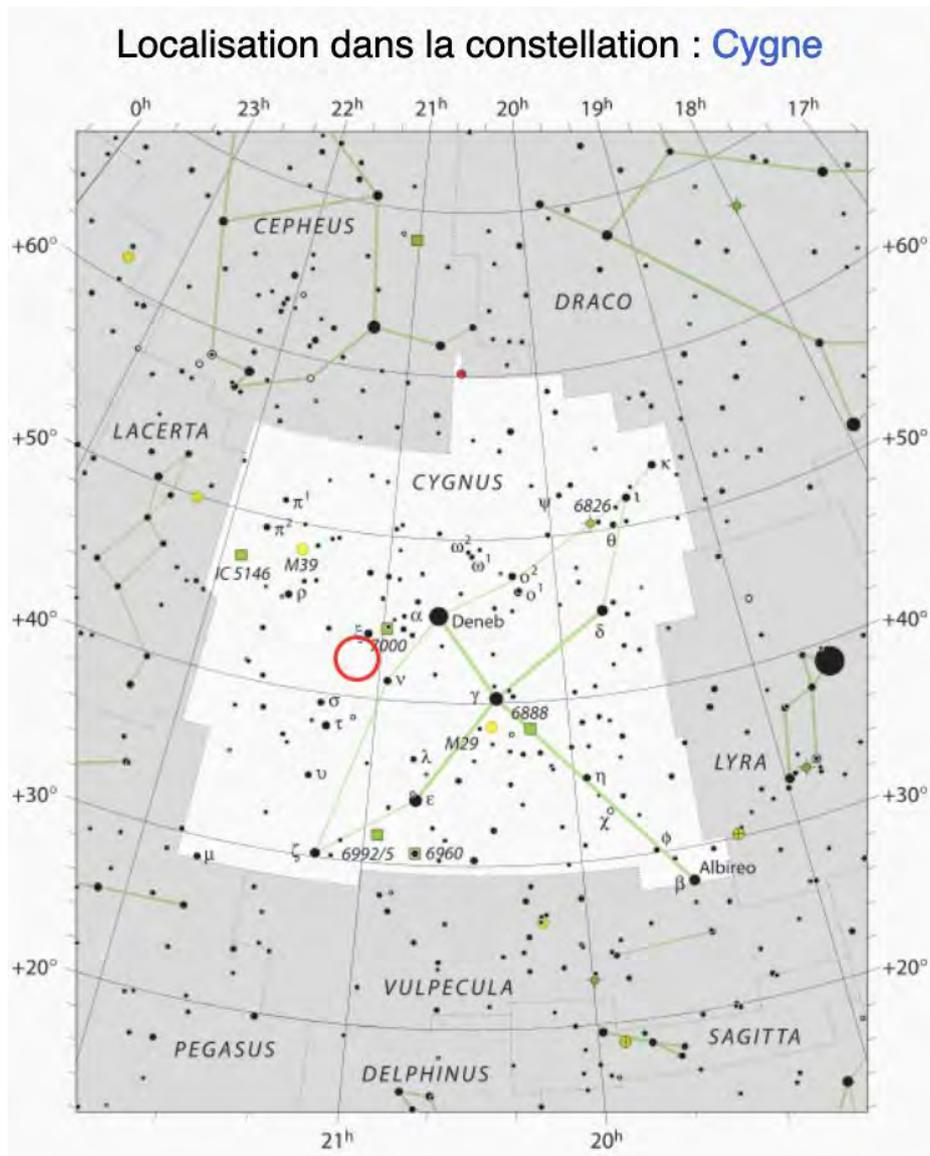
Étoile centrale

NGC 7027 possède un spectre riche et hautement ionisé dû à son étoile centrale chaude. On pense que l'étoile progénitrice de NGC 7027 avait une masse environ 3 à 4 fois supérieure à celle du Soleil avant la formation de la nébuleuse. Il est possible que la naine blanche centrale de NGC 7027 possède un disque d'accrétion qui agit comme une source de températures élevées. On pense que la naine blanche a une masse environ 0,7 fois celle du Soleil et qu'elle rayonne à une luminosité 7 700 fois supérieure à celle du Soleil. NGC 7027 se trouve actuellement dans une courte phase d'évolution de la nébuleuse planétaire au cours de laquelle les molécules de son enveloppe sont dissociées en atomes qui les composent et les atomes sont ionisés.

L'étoile centrale est soupçonnée d'être un système binaire, l'étoile secondaire n'étant pas détectée. Bien que les détails de la formation de NGC 7027 ne soient pas clairs, on suppose que les interactions avec l'étoile secondaire ont produit la structure complexe de la nébuleuse planétaire, y compris les jets et les pointes qui en résultent.



Nébuleuse planétaire NGC 7027 ou Jewel Bug nebula dans la constellation du Cygne



La **nébuleuse de l'Œil de Chat** (aussi désignée **NGC 6543** et **Caldwell 6**) est une nébuleuse planétaire située dans la constellation du Dragon.

Distance et âge

Selon certaines sources, elle est à environ 1000 parsecs de nous, d'autres la situent à 3000 années-lumière. Une récente étude ayant pour cible quatre nébuleuses planétaires prenant en considération les mesures de la parallaxe réalisées par le satellite Gaia et l'expansion des nébuleuses a permis d'obtenir une distance de $1,19 \pm 0,15$ kpc. Enfin, une troisième distance basée sur les mesures de la parallaxe par ce même satellite est rapportée par la base de données Simbad : $1\ 365 \pm 54$ pc (soit $\sim 4\ 450$ AL). On estime son âge à environ mille ans. En se basant sur la cinématique du noyau interne de la nébuleuse, on a estimé son âge à 1039 ± 259 ans.

Historique des observations

Cette nébuleuse a été découverte par l'astronome germano-britannique William Herschel en 1786. Heinrich Louis d'Arrest a aussi observé cette nébuleuse à une date ultérieure non connue. NGC 6543 a été la première nébuleuse planétaire dont le spectre visible a été étudié par l'astronome britannique William Huggins en 1864. Il a découvert que la nébuleuse présentait une coquille gazeuse et donc, que ce genre d'objet n'avait aucun rapport avec une planète. Depuis, cette nébuleuse a fait l'objet de nombreuses observations entre autres par le télescope spatial Hubble. Ces études nous ont révélé sa structure très complexe faite de noeuds, de jets, de bulles et d'arcs qui sont illuminés par une étoile centrale très chaude. NGC 6543 a été d'objet de plusieurs observations depuis les longueurs d'onde de l'infrarouge jusqu'au rayon X.

Description

La partie interne de la nébuleuse sous-tend un arc d'environ 16,1" avec des extensions qui se rendent jusqu'à quelque 25". Les images profondes révèlent un halo se rendant jusqu'à 5 minutes d'arc, halo qui a été éjecté par le progéniteur pendant la phase d'évolution de géante rouge. La température à l'intérieur de la partie brillante de la nébuleuse varie entre 7000 et 9000 K et sa densité est d'environ 5000 particules par mètre cube. Son halo externe est cependant beaucoup plus chaud, dans le 15 000 K, et sa densité est plus faible. La vitesse du vent stellaire est d'environ 1 900 km/s. Des analyses spectroscopiques montrent que le taux actuel de perte de masse s'élève à $3,2 \times 10^{-7}$ masse solaire par année, ce qui semble faible, mais c'est tout de même équivalent à 20 milliards de tonnes par seconde (20×10^9 kg/s).



Image optique du halo autour de la nébuleuse planétaire.

La température de surface du noyau central de la nébuleuse est d'environ 80 000 K et il est quelque 10 000 fois plus lumineux que le Soleil. Il s'agit d'une étoile de type O7 + WR. Des calculs montrent que la masse de cette étoile est un peu plus grande que celle du Soleil et qu'en conséquence l'étoile progénitrice avait une masse initiale théorique de 5 masses solaires. Son rayon est d'environ 0,65 solaire, soit 450 000 km.

Observations

L'Œil de Chat a été la première nébuleuse planétaire observée avec un spectroscopie à prisme par William Huggins le 24 août 1864. Dans son laboratoire privé, lui et son épouse ont réalisé de nombreuses observations des lignes spectrales d'émission et d'absorption de divers corps célestes. Huggins a été le premier à distinguer les nébuleuses des galaxies en montrant que certaines, comme la nébuleuse d'Orion, avaient des spectres d'émission pure caractéristiques des gaz, tandis que d'autres comme la galaxie d'Andromède montraient les caractéristiques spectrales des étoiles en ayant des lignes d'absorption. Huggins était assisté dans l'analyse des spectres par son voisin, le chimiste William Allen Miller. Ainsi, ils ont découvert que NGC 6543 était fait de gaz ionisé. Depuis, NGC 6543 a fait l'objet d'études spectrales dans plusieurs domaines du spectre électromagnétique.

Observation dans l'infrarouge

Les observations de NGC 6543 aux longueurs d'onde de l'infrarouge lointain ont révélé la présence de poussières stellaires de basse température. On pense que cette poussière s'est formée lors des dernières phases de vie de l'étoile progénitrice. La poussière absorbe la lumière de l'étoile centrale et la retransmet aux longueurs d'onde de l'infrarouge. Le spectre infrarouge montre que la température de la poussière est d'environ 85 K. La masse de la poussière est estimée à $6,4 \times 10^{-4}$ masses solaires.

Les observations en infrarouge ont aussi révélé la présence de gaz non ionisé tel que l'hydrogène moléculaire (H_2) et l'argon. Pour plusieurs nébuleuses planétaires, l'émission moléculaire est plus grande à de grandes distances de l'étoile centrale, là où il y a plus de gaz non ionisé. Mais, dans NGC 6543, l'émission maximale du dihydrogène (*autre nom de l'hydrogène moléculaire*) semble se situer près de la bordure intérieure de son halo externe. Cela provient peut-être d'ondes de choc d'éjectas se déplaçant à différentes vitesses qui entrent en collision et excitent le dihydrogène.

Observation en lumière visible



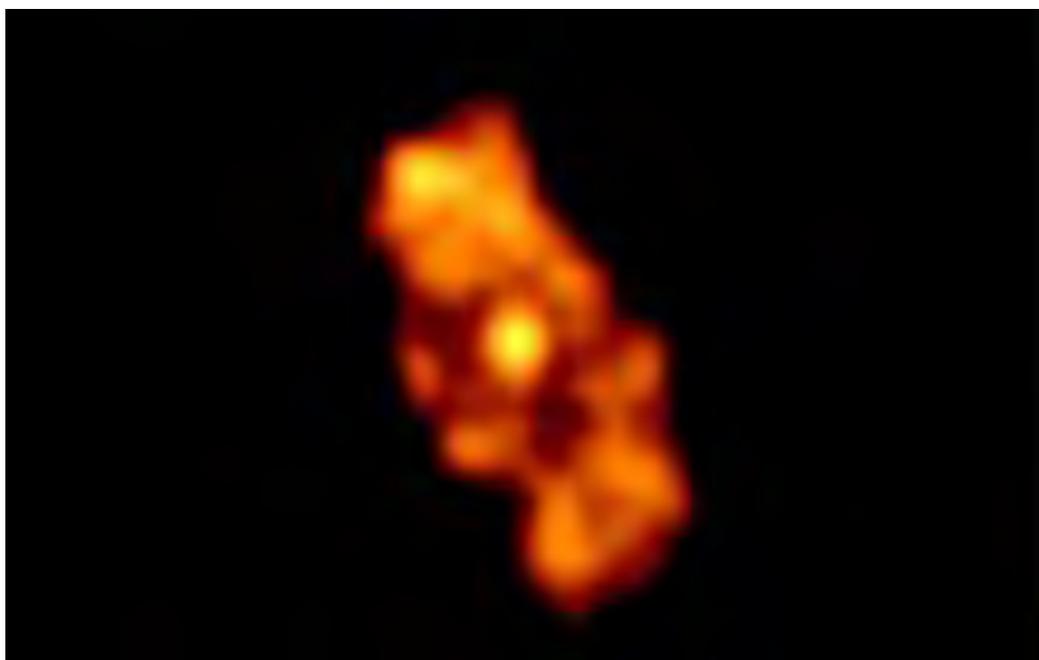
Image captée par le télescope spatial Hubble en septembre 1994.

L'image prise par la caméra à large champ WFPC2 du télescope spatial Hubble captée le 18 septembre 1994 a été conçue pour mettre en évidence les régions de faible et de forte ionisation. Elle a été réalisée en utilisant trois filtres optiques : 656,3 nm pour l'hydrogène, 658,4 nm pour l'azote simplement ionisé et 500,7 nm pour l'oxygène doublement ionisé. Cette image a révélé une structure étonnamment complexe dans la nébuleuse : des coquilles de gaz, des jets de gaz se déplaçant à grande vitesse et des nœuds de gaz soumis à des ondes de choc. L'analyse des données captées par Hubble suggère la possibilité d'une étoile binaire comme progéniteur de la nébuleuse.

Une autre image prise par le Télescope optique nordique de l'observatoire du Roque de los Muchachos a permis de mesurer la taille de son immense halo dont le diamètre atteindrait plus de trois années-lumière.

Une autre image prise par le télescope Hubble en 2004 avec l'instrument ACS (*Advanced Camera for Surveys*) nous a révélé une étonnante structure d'anneaux concentriques. Chaque anneau est en fait la bordure brillante d'une coquille sphérique de gaz. Cette image suggère que l'étoile progénitrice a éjecté sa matière en une série d'impulsion à des intervalles de 1500 ans.

Études en rayon X



NGC 6543 en rayon X par Chandra.

Des observations réalisées en 2001 par l'observatoire de rayons X Chandra ont révélé la présence de gaz extrêmement chaud dans NGC 6543, des températures atteignant $1,7 \times 10^6$ K. On pense que ce gaz très chaud provient d'une violente interaction entre un vent stellaire rapide et la matière précédemment expulsée. C'est cette interaction qui aurait creusé la bulle interne de la nébuleuse.

Les observations de Chandra ont aussi révélé une source X ponctuelle à la position de l'étoile centrale. L'énergie de la source est comprise entre 0,5 et 1,0 keV, soit des rayons X durs. Une étoile dont la température de la photosphère est aux environs de 100 000 K ne devrait pas être une source de rayons X durs. La présence de ceux-ci est un peu mystérieuse. On pense qu'il pourrait y avoir un disque d'accrétion à l'intérieur d'une étoile binaire. Dix années plus tard, ces données de rayons X durs intriguaient encore les astronomes. Une autre série d'observations par Chandra des étoiles au centre de 21 nébuleuses planétaires, incluant l'Œil de Chat, a donc été réalisée en 2012. Dans toutes ces nébuleuses, sauf une, on a trouvé des sources de rayons X plus énergétiques que prévu pour une étoile avec une température d'environ 100 000 K. Peut-être y a-t-il une haute fréquence de système binaire ou encore une autre explication comme des vents qui s'entrechoquent ou encore de la matière qui retombe vers le centre.

Composition

Comme la plupart des objets astronomiques, NGC 6543 se compose principalement d'hydrogène et d'hélium et des éléments plus lourds présents en petites quantités. La composition exacte peut être déterminée par des études spectroscopiques. Les abondances sont généralement exprimées par rapport à l'hydrogène, l'élément le plus abondant.

Différentes études trouvent généralement des valeurs variables pour les abondances élémentaires. Cela est souvent dû au fait que les spectrographes attachés aux télescopes ne collectent pas toute la lumière des objets observés, mais plutôt la lumière d'une fente ou d'une petite ouverture. Par conséquent, différentes observations peuvent échantillonner différentes parties de la nébuleuse.



NGC 6543, nébuleuse de l'Œil de Chat, par Hubble

Cependant, les résultats pour NGC 6543 conviennent globalement que, par rapport à l'hydrogène, l'abondance d'hélium est environ de 0,12, les abondances de carbone et d'azote sont toutes deux environ de 3×10^{-4} et l'abondance d'oxygène est environ de 7×10^{-4} . Ce sont des abondances assez typiques pour les nébuleuses planétaires, avec des abondances de carbone, d'azote et d'oxygène toutes supérieures aux valeurs trouvées pour le Soleil, en raison des effets de la nucléosynthèse enrichissant l'atmosphère de l'étoile en éléments lourds avant qu'elle ne soit éjectée en tant que planète nébuleuse.

Une analyse spectroscopique poussée de NGC 6543 semble indiquer que la nébuleuse contient une petite quantité de matière hautement enrichie en éléments lourds.

Cinématique et morphologie

La structure de la nébuleuse de l'Œil de Chat est très complexe et les mécanismes qui ont donné naissance à sa morphologie compliquée ne sont pas bien compris. La partie centrale lumineuse

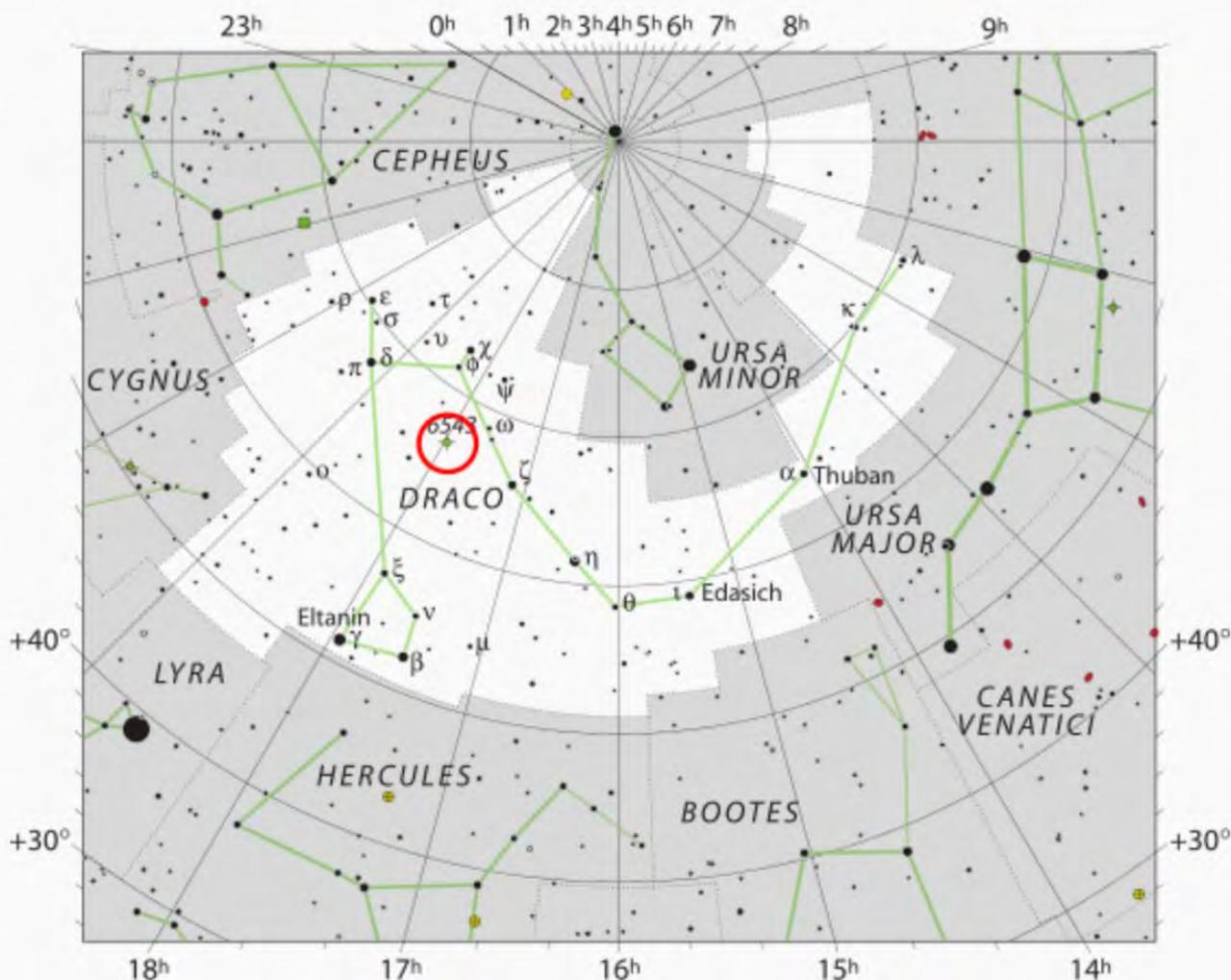
de la nébuleuse est une bulle allongée ellipsoïdale remplie de gaz chaud qui est à son tour imbriquée dans une paire de bulles sphériques plus grandes. On constate aussi qu'une autre bulle ellipsoïdale traverse complètement la partie centrale.

La structure de la partie lumineuse de la nébuleuse provient surtout de l'interaction d'un vent stellaire rapide émis par l'étoile centrale avec le matériau visible éjecté lors de la formation de la nébuleuse. Cette interaction provoque l'émission de rayons X discutés plus haut. Le vent stellaire, soufflant à une vitesse atteignant 1 900 km/s a creusé la bulle interne de la nébuleuse et il semble avoir fait éclater la bulle à ses deux extrémités.

On soupçonne l'existence d'un disque d'accrétion entre les composantes d'une étoile binaire qui pourrait donner lieu à des jets polaires interagissant avec le matériau précédemment éjecté. Au fil du temps, la direction de ces jets varierait en raison de la précession.

En dehors de la partie interne brillante de la nébuleuse, il y a une série de coquilles concentriques que l'on croyait avoir été éjectées avant la formation de la nébuleuse planétaire, alors que l'étoile se trouvait sur la branche asymptotique des géantes vers la fin de sa vie. Les coquilles visibles sous forme d'anneaux sont très uniformément espacées. Cela suggère que le mécanisme responsable de leur formation les a éjectées à des intervalles très réguliers et à des vitesses très similaires. La masse totale de ces coquilles est d'environ 0,1 masse solaire. Les pulsations qui ont formé ces anneaux ont probablement commencé il y a 15 000 ans et elles ont cessé il y a environ 1000 ans, lorsque la formation de la partie centrale a commencé. L'immense halo externe de la nébuleuse est antérieur à la formation de la nébuleuse planétaire. Sa masse est estimée entre 0,26 et 0,92 masse solaire.

Localisation dans la constellation : Dragon



NGC 6751 est une nébuleuse planétaire située dans la constellation de l'Aigle. Cette nébuleuse est aussi appelée la **nébuleuse de l'Œil étincelant** ou encore **nébuleuse des Aigrettes de pissenlit** (par le logiciel Stellarium). NGC 6751 a été découverte par l'astronome allemand Albert Marth en 1863. Cette nébuleuse a été redécouverte par l'astronome français Édouard Stephan le 17 juillet 1871, mais elle a été mal enregistrée, ce qui ne l'a pas empêchée d'être inscrite au New General Catalogue sous la désignation NGC 6748.

Observation

Avec une magnitude visuelle apparente de 11,9, il est impossible d'observer cette nébuleuse avec des jumelles. On peut cependant la voir dans un petit télescope dont le diamètre de l'ouverture est d'environ 10 cm. La nébuleuse est située à environ 1,1 degré au sud-ouest de l'étoile Lambda Aquilae (Al Thalimain Prior, sur l'image de Stellarium) et à 0,5 degré au sud-est de l'étoile carbonée V Aquilæ.



La nébuleuse planétaire NGC 6751 par Hubble

Caractéristiques

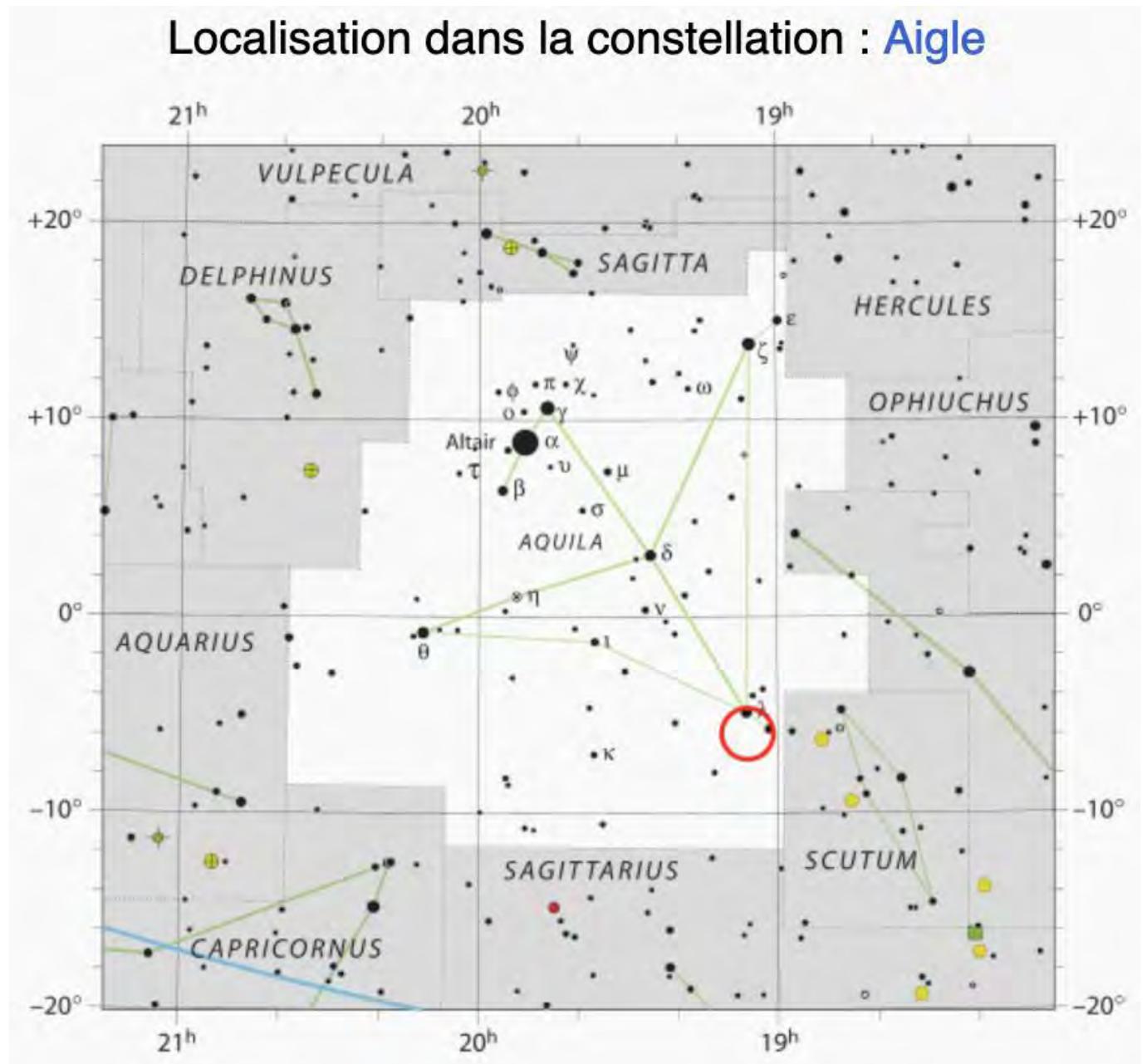
Distance, taille et vitesse

Deux distances sont indiquées sur la base de données astronomiques Simbad : $2,653 \pm 0,531$ kpc soit $\sim 8\,650$ AL. Puisque sa taille apparente est de $2,47 \pm 0,10'$, un calcul rapide montre que son envergure est égale à $1,98 \pm 0,41$ al. Cette nébuleuse se dirige vers nous à une vitesse de $-31,7 \pm 2$ km/s.

Sa structure et son étoile centrale

Le spectre de l'étoile centrale est similaire à celui d'une étoile Wolf-Rayet de type WC 4 de température effective égale à 140 000 K et d'un rayon égale à 0,13 solaire. Sa perte de masse est égale à 10^{-6} solaire par année. Sa surface est surtout composée d'hélium et de carbone. La nébuleuse possède une structure complexe présentant de multiples coquilles et un écoulement bipolaire. La photo prise par Hubble montre une bulle centrale brillante et deux halos plus pâles. Le rayon du halo extérieur est de 44 à 50" et il présente des filaments brisés, alors que le halo intérieur d'un rayon de 27" (*un diamètre total de 142 à 154"*, soit $2,47 \pm 0,10'$) adopte une forme sphérique. Sur les côtés ouest et est de la coquille intérieure, on aperçoit des grumeaux entourés de faibles lobes. Ceux-ci sont en fait un anneau, le côté est étant plus rapproché que le côté ouest.

Localisation dans la constellation : **Aigle**



Sh2-216 est une nébuleuse planétaire visible dans la constellation de Persée.

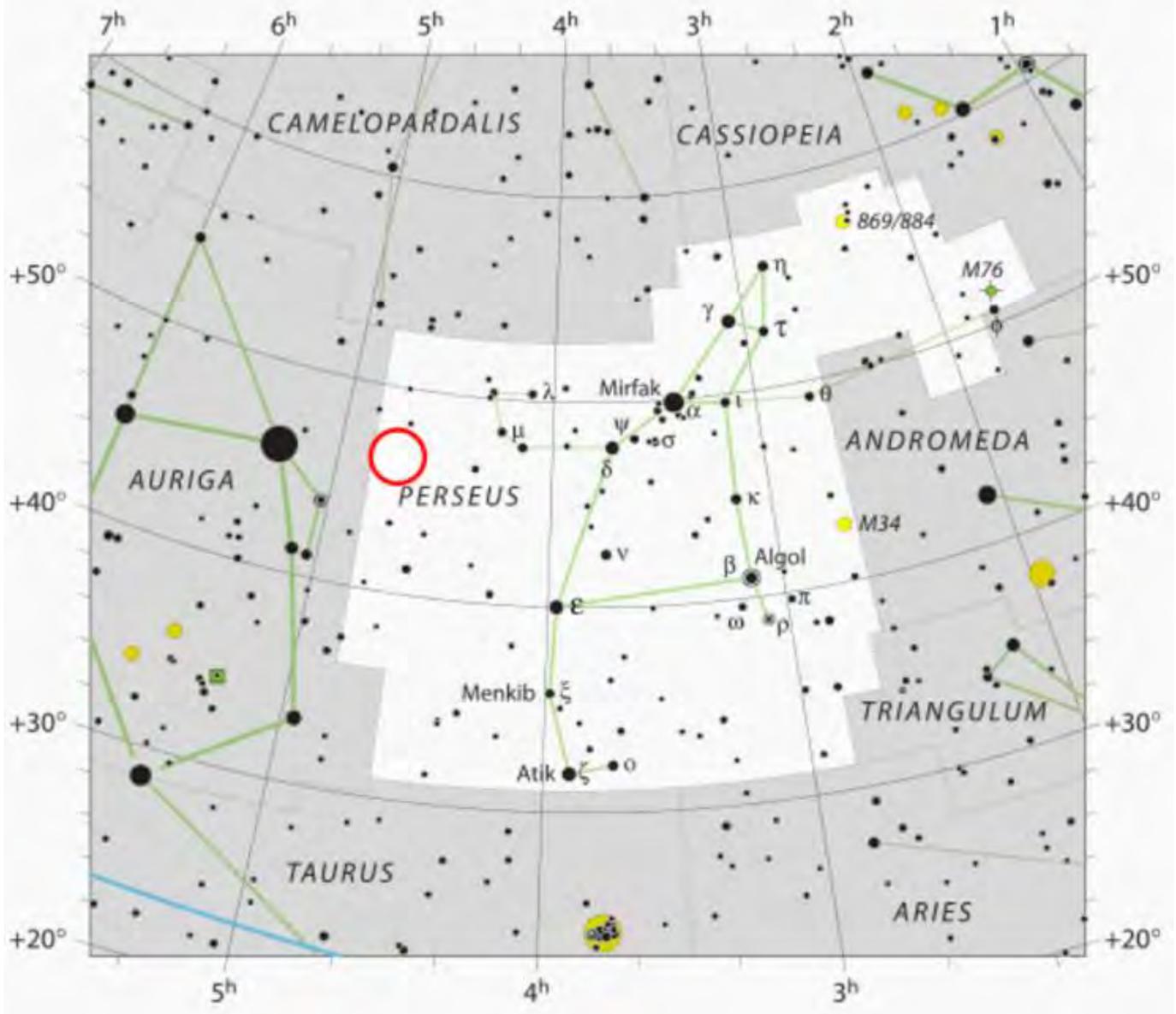
Elle est située dans la partie la plus orientale de la constellation, à environ 5° à l'ouest de la brillante Capella. Elle apparaît comme un filament gazeux ténu difficile à observer en raison de sa faible luminosité. Son observation nécessite des outils puissants et sensibles et dans les photos à longue exposition, elle émerge à peine du champ d'étoiles en arrière-plan. Sa déclinaison est modérément septentrionale, donc son observation est considérablement facilitée pour les observateurs placés aux latitudes boréales. Au sud de l'équateur en revanche, on ne peut l'observer facilement que jusqu'aux régions tempérées inférieures.

Avec une distance de seulement 129 parsecs (environ 420 années-lumière), c'est la nébuleuse planétaire la plus proche du système solaire. La grande dispersion de ses gaz, qui en fait aussi la plus grande nébuleuse planétaire observable dans la voûte céleste, est due au grand âge du nuage, estimé à environ 600.000 ans. Elle a été initialement cataloguée comme une région H II, bien que l'étoile responsable de l'ionisation des gaz n'ait pas été identifiée. Plus tard, grâce à des études spectrométriques, l'hypothèse a été avancée que le nuage pourrait être le reste d'une ancienne nébuleuse planétaire avec un taux d'expansion extrêmement faible, hypothèse confirmée plus tard grâce à la découverte de l'étoile centrale, une naine blanche cataloguée comme LSV+46°21, en position décentralisée vers l'est. La température de surface de la naine blanche est comprise entre 50 000 et 90 000 Kelvin.



Nébuleuse planétaire SH 2-216

Localisation dans la constellation : **Persée**

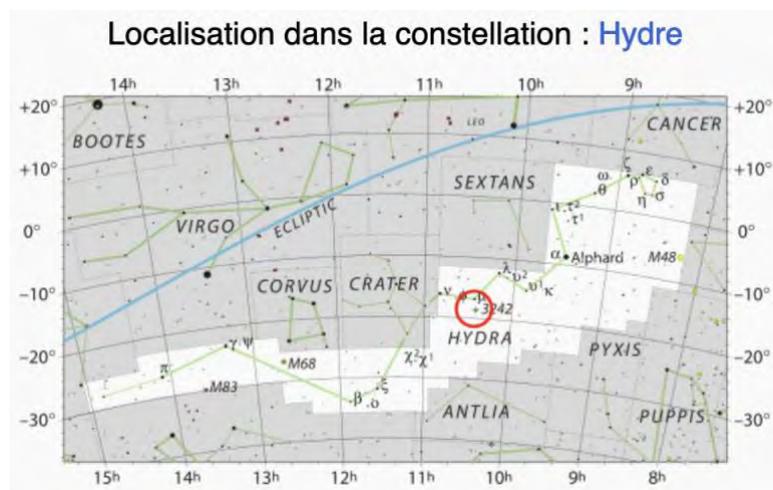


Les nébuleuses planétaires de l'hémisphère sud

NGC 3242 (Caldwell 59) est une nébuleuse planétaire située dans la constellation de l'Hydre femelle. NGC 3242 a été découverte par l'astronome britannique William Herschel en 1785 qui l'a inscrite dans ses notes sous la dénomination WH IV 27. John Herschel l'a aussi observée alors qu'il était à l'observatoire royal du cap de Bonne-Espérance en Afrique du Sud dans la décennie 1830 et il l'a inscrite sous la dénomination h 3248 et il l'a inclut dans le General Catalogue de 1864 comme GC 2102. Ces observations sont devenues NGC 3242 dans le catalogue de John Dreyer en 1888. On donne aussi à NGC 3242 le nom de « Fantôme de Jupiter » (*Ghost of Jupiter*) ou encore de nébuleuse de l'Œil. Une caractéristique étrange de NGC 3242 est la présence de deux lobes rouges aux pôles de la nébuleuse. On pense que ces lobes sont plus jeunes que la nébuleuse et qu'ils se déplacent plus rapidement que le reste des gaz. On ne connaît pas encore l'origine et la nature exacte de ces lobes.

En 2018, le satellite Gaia de l'Agence spatiale européenne a mesuré la parallaxe de NGC 3242. La valeur obtenue est égale à $0,6819 \pm 0,0884$ mas ce qui correspond à $1/0,000\ 681\ 9$ kiloparsec = 1,466 kpc avec une incertitude de 13,0 %. La distance de NGC 3242 est donc égale à $4,78 \pm 0,48$ kal. Certaines sources rapportent cependant des valeurs allant de 1400 à 2500 années-lumière, valeurs sans doute basées sur d'anciennes mesures.

Sur les photographies en lumière visible, l'étendue maximale de la nébuleuse est d'environ 1,1 minute d'arc. Mais, sur les photos prises dans le domaine de l'infrarouge, la nébuleuse est beaucoup plus vaste. Par exemple, sur l'image provenant des données du télescope spatial WISE son diamètre est d'environ 5,6 minutes d'arc, soit 5 fois plus grand qu'en lumière visible.



NGC 6302 (appelée également **nébuleuse de l'Insecte**, **nébuleuse du Papillon**, ou **Caldwell 69**) est une nébuleuse planétaire bipolaire, dans la constellation du Scorpion. Sa structure est une des plus complexes jamais observées dans une nébuleuse planétaire. Le spectre de NGC 6302 révèle que son étoile centrale est l'une des plus chaudes de notre galaxie, avec une température de surface dépassant les 200 000 K, indiquant que l'étoile à partir de laquelle elle fut formée devait être très grande.

L'étoile centrale, une naine blanche, ne fut découverte qu'en 2009, grâce à la troisième caméra à grand champ (Wide Field Camera 3) du télescope *Hubble*. La masse actuelle de l'étoile est d'environ 0,64 fois la masse du Soleil. Elle est entourée d'un disque équatorial particulièrement dense, composé de gaz et de poussière. Ce disque serait à l'origine de la structure bipolaire, semblable à un sablier, des rejets de l'étoile. Cette structure bipolaire présente de nombreuses caractéristiques intéressantes et communes aux nébuleuses planétaires, telles que des murs d'ionisation, des nœuds et des arêtes vives au niveau des lobes.

Observation

Cet objet est connu depuis 1888 au moins puisqu'il apparaît dans le New General Catalogue. La première étude connue de NGC 6302 date de 1907 et est l'œuvre de Edward Emerson Barnard, qui en fit le dessin et la description. Les nombreux travaux qui lui furent consacrés depuis ont révélé une grande quantité de caractéristiques dignes d'être étudiées. Plus récemment, l'intérêt d'abord suscité par le procédé d'excitation dans la nébuleuse (collision ou photoionisation) s'est déplacé au niveau du grand disque de poussière et de ses propriétés. Il apparaît sur quelques-unes des premières images diffusées à la suite de la dernière mission de maintenance du télescope Hubble en septembre 2009.

Caractéristiques

La morphologie de NGC 6302 est complexe. Elle peut être décrite approximativement comme étant bipolaire avec deux lobes primaires, bien que des signes semblent étayer l'existence d'une deuxième paire de lobes qui aurait pu appartenir à une précédente phase de perte de masse. Une bande sombre traverse le milieu de la nébuleuse en obscurcissant l'étoile centrale sous toutes les longueurs d'onde. Certaines observations de NGC 6302 suggèrent l'existence d'une jupe orthogonale (ou chakram) semblable à celle de Menzel 3 (nébuleuse de la Fourmi). L'inclinaison de NGC 6302 est de $12,8^\circ$ avec le plan du ciel.

Cette nébuleuse planétaire présente au nord-ouest un lobe saillant, qui s'étend jusqu'à 3'.0 de l'étoile centrale. On estime qu'il s'est formé à la suite d'un événement éruptif il y a environ 1900 ans. Elle possède une partie circulaire dont les bords suivent exactement une expansion de type Hubble (la vitesse de l'expansion est proportionnelle à la distance depuis la source centrale). À une distance angulaire de 1',71 de l'étoile centrale, la vitesse de l'expansion de ce lobe a été mesurée à 263 km/s. À la périphérie extrême du lobe, la vitesse en direction de l'extérieur dépasse les 600 km/s. Le bord ouest du lobe présente des caractéristiques qui suggèrent une collision avec des globules de gaz préexistants, ce qui aurait modifié l'expansion dans cette région.

L'étoile centrale

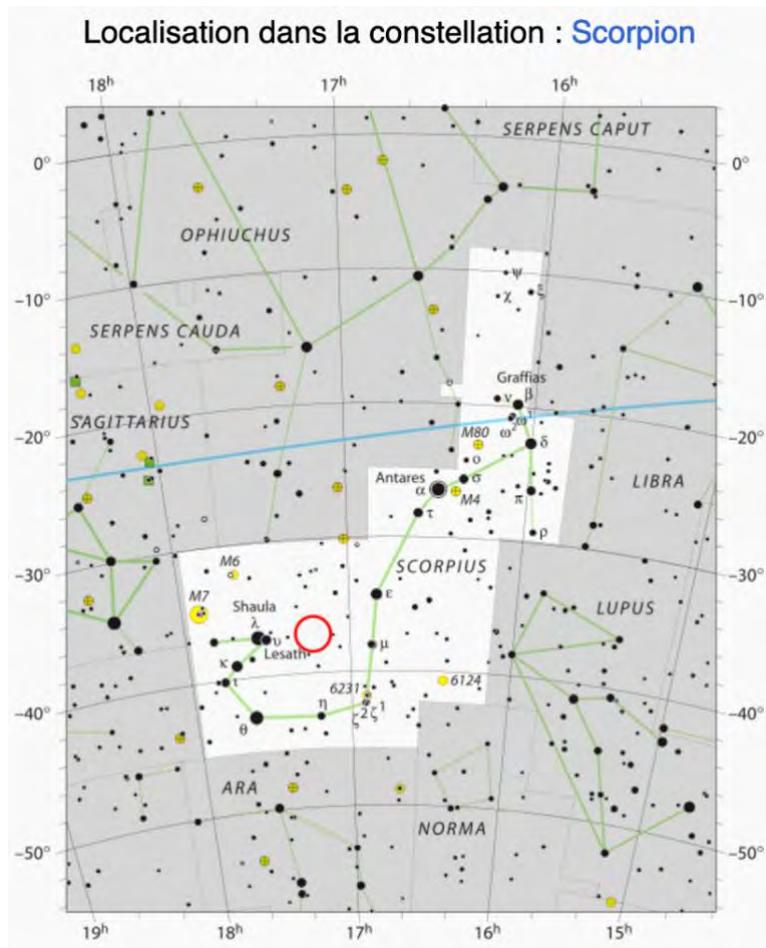
L'étoile centrale, une des plus chaudes connues, avait échappé à la détection à cause de sa très haute température (elle émet principalement dans l'ultraviolet), de la présence du disque de poussière (qui absorbe une grande partie de la lumière en provenance de la région centrale, surtout les ultraviolets) et du fond lumineux produit par l'étoile. Elle n'était pas visible sur les premières images du télescope Hubble. Mais la troisième caméra à grand champ du télescope Hubble, grâce à sa résolution et à sa sensibilité améliorées, révéla l'étoile pâle au centre ainsi qu'une température de 200 000 kelvins et une masse de 0,64 fois la masse du Soleil. La masse originelle était bien plus importante, mais la plus grande partie fut éjectée au cours de l'événement qui généra la nébuleuse planétaire. La luminosité et la température de l'étoile indiquent qu'elle a cessé toute activité nucléaire et qu'elle est en voie de devenir une naine blanche, se refroidissant à un taux estimé de 1 % par an.

Composition chimique

La remarquable bande sombre qui traverse le centre de la nébuleuse s'est révélée d'une composition chimique extraordinaire. On a pu y détecter la présence de nombreux silicates, des cristaux de glace et quartz, ainsi que d'autres éléments que l'on a interprétés comme étant la première découverte de carbonates extra-solaires. Cette découverte a été contestée à cause des difficultés à former des carbonates dans un milieu non aqueux. Le problème n'est toujours pas résolu. L'une des caractéristiques les plus intéressantes de la poussière découverte dans NGC 6302 est la coexistence de minéraux riches en oxygène (silicates) et de minéraux riches en carbone (hydrocarbures aromatiques polycycliques ou HAP). Les étoiles sont d'ordinaire riches de l'un ou de l'autre, le passage du premier état au deuxième apparaissant tardivement dans l'évolution de l'étoile sous l'effet de transformations nucléaires et chimiques dans l'atmosphère stellaire. NGC 6302 appartient à un groupe d'objets dans lequel les molécules hydrocarbonées se sont formées dans un milieu riche en oxygène. (Matsuura *et al.* 2005).



Nébuleuse NGC 6302 par Hubble

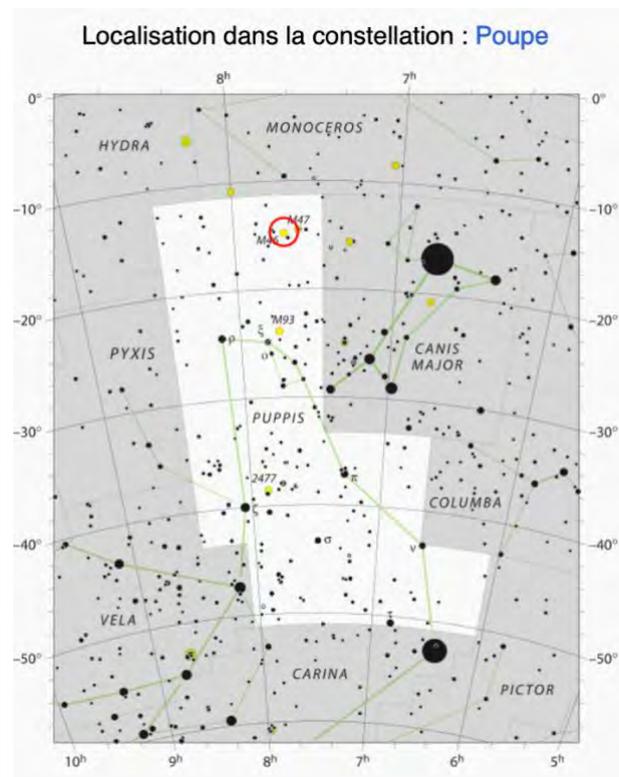


NGC 2438 est une nébuleuse planétaire située dans la constellation méridionale de la Poupe. Les mesures de parallaxe effectuées par Gaia placent l'étoile centrale à une distance d'environ 1.370 années-lumière. Il a été découvert par William Herschel le 19 mars 1786. NGC 2438 semble se trouver dans l'amas M46, mais il est très probablement sans rapport puisqu'il ne partage pas la vitesse radiale de l'amas. Ce cas est encore un autre exemple de paire superposée, rejoignant le célèbre cas de NGC 2818.

Il s'agit d'une nébuleuse planétaire multi-coquilles avec une nébuleuse intérieure brillante d'un diamètre de 60", composée de deux coquilles quelque peu détachées. Il se dilate à une vitesse de 37 km/s. La structure est entourée d'un halo plus faible, principalement circulaire, plus visible sur la moitié ouest et d'un diamètre de 130". La masse de la nébuleuse principale est estimée à 0,45 M_{\odot} , tandis que celle de la coquille a entre 0,5 et 0,8 M_{\odot} . La nébuleuse principale a une température d'environ 10 à 13 000 K, s'élevant jusqu'à 15 à 17 000 K sur son bord intérieur.

La nébuleuse est constituée de matière éjectée de l'étoile centrale au cours du stade asymptotique de la branche géante, qui a débuté il y a environ 8 500 ans. La nébuleuse principale s'est formée à environ la moitié de cet âge. L'étoile centrale de cette nébuleuse planétaire est une naine blanche de magnitude 17,7, avec une température de surface d'environ 75 000 K (74 700 °C). C'est l'une des étoiles les plus chaudes connues.

Une étude publiée en 2008 montre qu'il y a une différence d'environ 30 km/s entre la vitesse moyenne des étoiles de l'amas et la nébuleuse planétaire, ce qui démontre clairement que NGC 2438 ne fait pas partie de l'amas. De plus, NGC 2438 est à environ 3000 années-lumière, passablement plus près que l'amas M46 qui est à environ 4480 années-lumière. La nébuleuse apparaît donc superposée à M46 parce qu'elle est dans la même direction.



La nébuleuse Stingray (Hen 3-1357) est la plus jeune nébuleuse planétaire connue, apparue dans les années 1980. La nébuleuse est située en direction de la constellation méridionale Ara (l'Autel) et se trouve à 18.000 années-lumière. Bien qu'elle soit environ 130 fois plus grande que le système solaire, la nébuleuse de la raie pastenague ne mesure qu'environ un dixième de la taille de la plupart des autres nébuleuses planétaires connues. L'étoile centrale de la nébuleuse est l'étoile à évolution rapide SAO 244567. Jusqu'au début des années 1970, elle était observée sur Terre comme une nébuleuse préplanétaire dans laquelle le gaz n'était pas encore chaud et

ionisé. L'image de la nébuleuse montre comment les anciennes enveloppes externes de gaz agissent comme un collimateur pour l'écoulement de gaz plus récent de l'étoile centrale – une observation importante, car ce processus n'a pas été bien compris.

Histoire

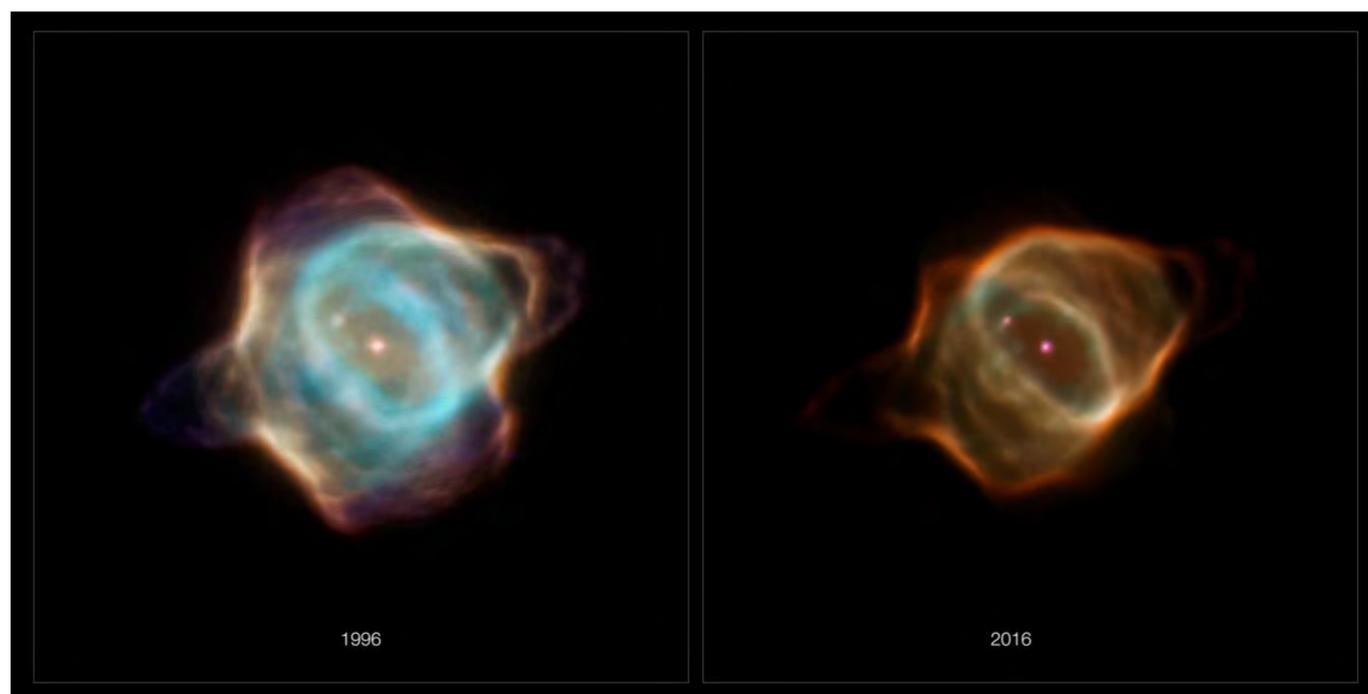
Avant la découverte de la nébuleuse, son étoile centrale était connue sous le nom de He 3-1357, que Karl Gordon Henize a classée comme étoile à raie d'émission H α de type A ou B en 1976. Elle a été observée en 1971 comme étant post-asymptotique. branche géante B1 ou supergéante B2. Des raies d'émission de nébuleuses planétaires ont été identifiées dans cette étoile en 1989 par l'International Ultraviolet Explorer. Comme la nébuleuse serait nouvellement formée et de très petite taille, les observations au sol n'auraient pas pu la résoudre ; Bobrowsky l'a donc observé avec le télescope spatial Hubble, découvrant la nébuleuse, qu'il a baptisée « nébuleuse des raies pastenagues ».

En 1995, le noyau de la nébuleuse planétaire centrale a été observé comme une naine blanche DA, ayant apparemment disparu d'un facteur trois entre 1987 et 1995. La naine blanche a une masse estimée à 0,6 M \odot et une luminosité de 3 000 L \odot et a un compagnon observé, une étoile séparée de 0,3 seconde d'arc. La masse de la nébuleuse est estimée à 0,015 M \odot .

En 1998, Bobrowsky et al. a décrit comment les observations du télescope spatial Hubble ont révélé un compagnon de magnitude 17 à l'étoile centrale de magnitude 15 de Stingray.

L'étoile centrale est inhabituelle dans la mesure où elle s'est éclaircie et s'est estompée sur une période de 20 ans. Sa température a augmenté de 40 000 °C. Une explication à cela est qu'il a subi un flash d'hélium.

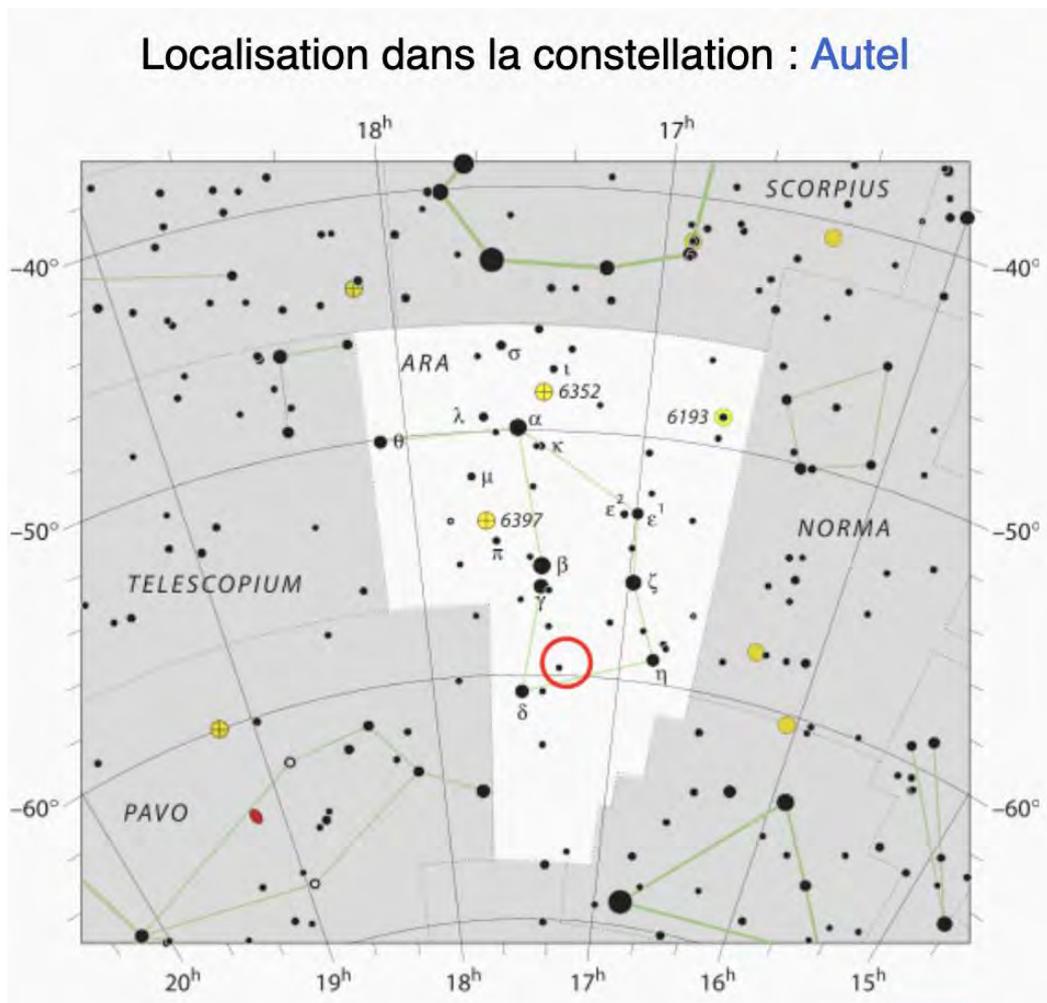
En janvier 2021, la NASA a découvert que la nébuleuse s'estompait depuis les années 1990, lorsqu'elle avait atteint son apogée en luminosité. Précédemment photoionisés, les ions positifs de la nébuleuse se recombinent avec les électrons. Dans un communiqué de la NASA, un membre de l'équipe, Martín A. Guerrero de l'Instituto de Astrofísica de Andalucía à Grenade, en Espagne, a déclaré : « C'est très, très dramatique et très étrange. Ce à quoi nous assistons est l'évolution d'une nébuleuse en temps réel. " En quelques années, nous observons des variations dans la nébuleuse. Nous n'avons jamais vu cela auparavant avec la clarté que nous obtenons avec cette vue ».



Deux images capturées en 1996 et en 2016 montrent que la nébuleuse diminue et change de forme



La caméra à champ large du télescope spatial Hubble capture l'enfance de la nébuleuse Pastenague (Stingray) (Hen-1357), la plus jeune nébuleuse planétaire connue.



NGC 5189 est une nébuleuse planétaire située dans la constellation du Mouche. Elle a été découverte par l'astronome écossais James Dunlop en 1826. Cette nébuleuse a aussi été observée par l'astronome américaine Williamina Fleming en 1901 et elle a été inscrite à l'Index Catalogue sous la cote IC 4274. Elle a aussi été cataloguée comme **Δ252**. Pendant de nombreuses années, elle a été classée comme étant une nébuleuse en émission, d'où son inscription dans la 47^e entrée du catalogue des nébuleuses en émissions de Colin Stanley Gum (**Gum 47**). Mais en 1967, Karl G. Henize a décrit celle-ci comme étant une nébuleuse quasi-planétaire en se basant sur ses émissions spectrales.

Distance Les mesures les plus précises réalisées à ce jour de la parallaxe des étoiles de la Voie lactée ont été réalisées par le satellite Gaia. L'angle de la parallaxe est généralement donné en seconde d'arc ("). La parallaxe de NGC 5189 est égale à $0,5944 \pm 0,0313''$. L'inverse de cette valeur est égale à la distance en parsec de la nébuleuse, soit $1\,682 \pm 89$ pc, soit 5.490 AL.



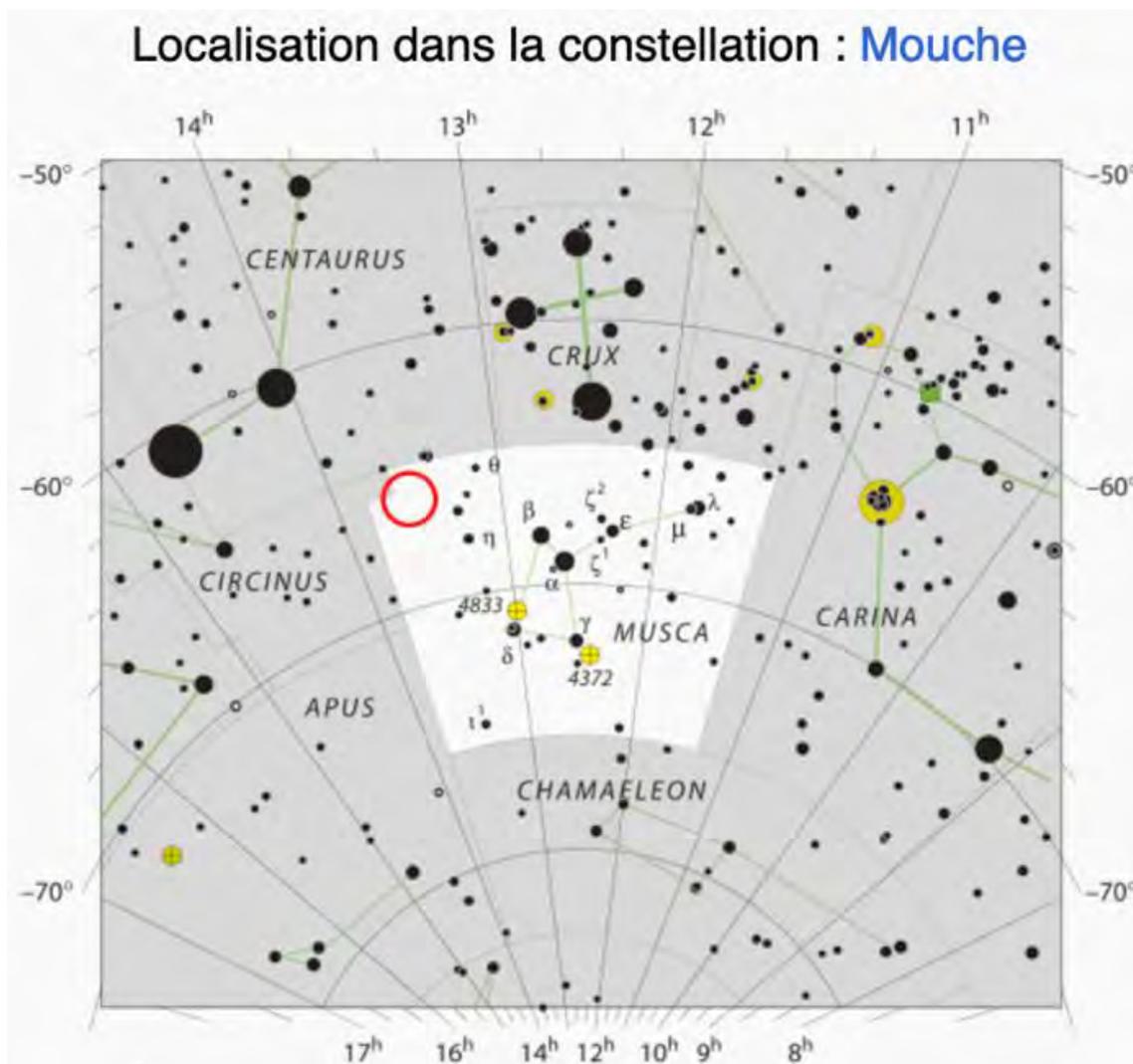
Une image saisissante de la nébuleuse planétaire NGC 5189 par Hubble. La structure complexe de l'éruption stellaire ressemble à un ruban géant aux couleurs vives dans l'espace.

Caractéristiques

Observées par les astronomes avec des télescopes de faible grossissement et de qualité plutôt médiocre, les nébuleuses planétaires avaient une forme à peu près sphérique et elles apparaissaient vertes ou bleues comme Uranus et Neptune. Leur nom vient de ces observations. Les nébuleuses planétaires se forment lors de la dernière étape de la vie d'une étoile de masse intermédiaire comme le Soleil. En consommant le dernier combustible près de son noyau, l'étoile expulse une grande partie de ses régions externes sous forme de gaz. Ces gaz sont portés à de très haute température et ils brillent de mille feux présentant de structures que les scientifiques tentent toujours de comprendre pleinement. L'image de NGC 5189 prise par Hubble est de loin la plus détaillée réalisée à ce jour et elle nous montre une structure particulièrement inusitée et spectaculaire.

Plusieurs nébuleuses planétaires ressemblent en effet à des planètes, mais ce n'est pas le cas de NGC 5189 qui se déploie en forme de S. La très haute résolution du télescope Hubble permet de voir des chapelets denses de nœuds dans les nuages de gaz. En raison de la forme en S ainsi que de la symétrie ponctuelle des nœuds, on a émis depuis longtemps l'hypothèse que l'astre au centre de NGC 5189 est une étoile binaire. L'analyse des données captées par Hubble a montré que deux régions denses de faible ionisation forment la structure en S. L'une de ses régions se déplace vers le nord-est et l'autre vers le sud-ouest, mouvement qui pourrait provenir d'une expulsion de matière relativement récente de l'étoile centrale.

Grâce à des observations récentes avec le Grand télescope d'Afrique australe, on a finalement découvert l'étoile compagne de la naine blanche. Cette compagne est une étoile de type Wolf-Rayet de faible masse, un type plutôt rare. L'étoile compagne est sur une orbite dont la période est de 4,04 jours. *Traduction : Olivier Sabbagh*



Menzel 1 est une nébuleuse planétaire brillante dotée d'un anneau central proéminent d'émission améliorée. Elle est située dans la constellation de la Règle. Un modèle de sa structure est une forme de sablier tridimensionnel avec une densité décroissante en douceur à partir de la taille ou de l'équateur, mesurée vers l'extérieur jusqu'aux pôles. Il s'étend radialement à une vitesse d'environ 23 km/s et est estimé entre 4 500 et 10 000 ans et son axe polaire est orienté à un angle d'environ 40° par rapport au plan du ciel. On estime que son étoile centrale a une masse de $0,63 \pm 0,05 M_{\odot}$. En 1992, Schwarz, Corradi et Melnick ont publié des images à bande étroite de Mz 1 dans H α et [OIII]. Une émission de H₂ a été observée dans Mz 1 par Webster, Payne, Storey, Dopita (1988). Cependant, malgré sa relative luminosité, Mz 1 n'a été étudié que dans quelques articles (Monteiro et al. 2005).

Traduction : Olivier Sabbagh

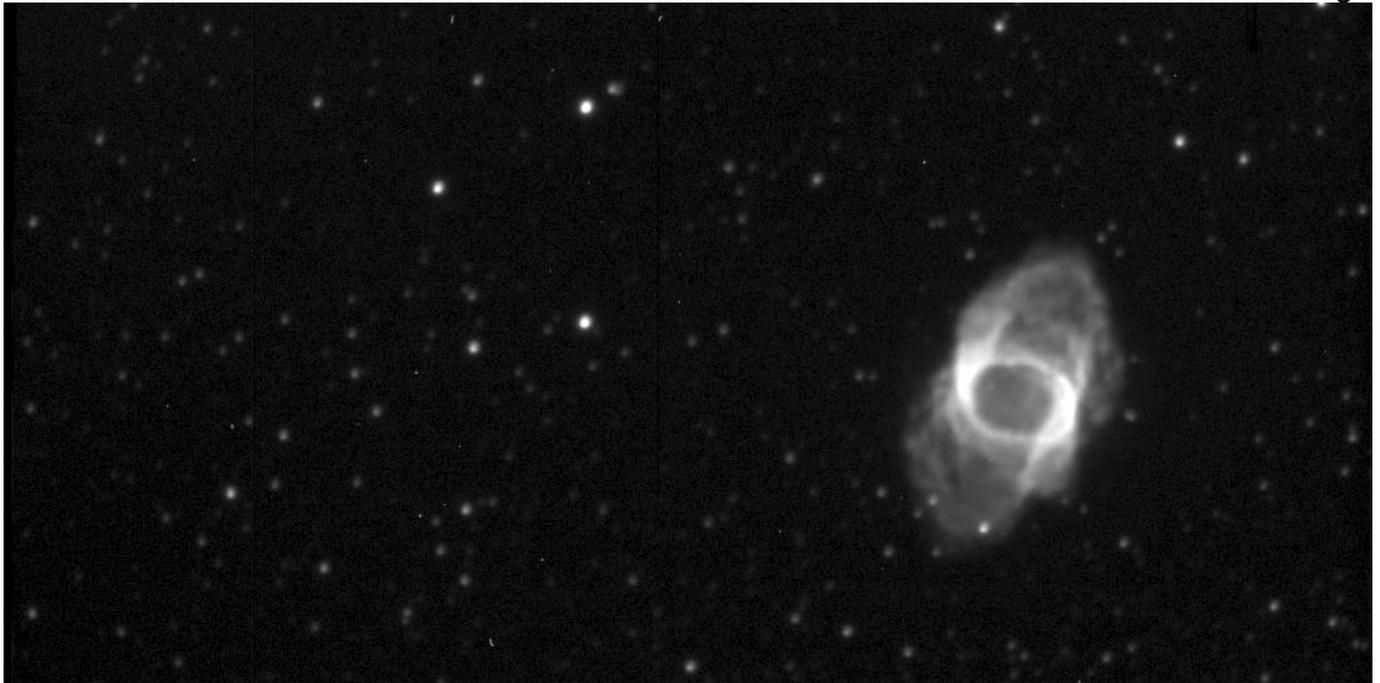
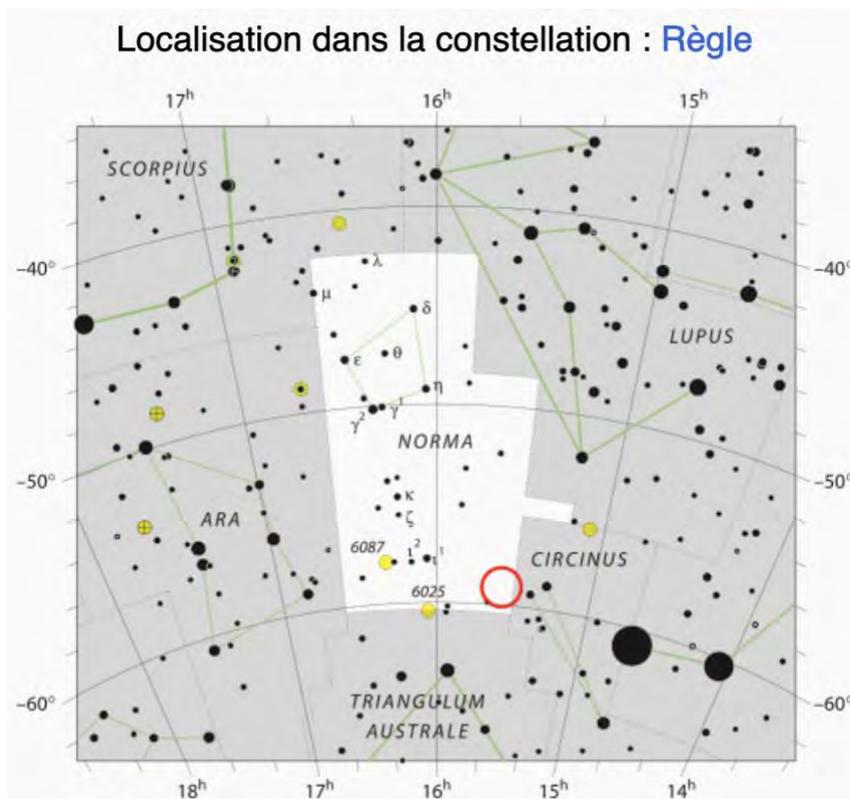


Image de l'ESO, à la Silla en 2012



Mz 3 (Menzel 3) est une jeune nébuleuse planétaire bipolaire, dans la constellation de la Règle (Norma), composée d'un noyau brillant et de quatre sorties distinctes à grande vitesse appelées lobes, colonnes, rayons et chakram. Ces nébulosités sont décrites comme : deux lobes bipolaires sphériques, deux grandes colonnes externes filamenteuses en forme de sablier, deux rayons en forme de cône et un chakram planaire à expansion radiale et de forme elliptique. Mz 3 est un système complexe composé de trois paires imbriquées de lobes bipolaires et d'une ellipse équatoriale. Ses lobes partagent tous le même axe de symétrie mais présentent chacun des morphologies et des angles d'ouverture très différents. Il s'agit d'une nébuleuse planétaire inhabituelle dans la mesure où certains chercheurs pensent qu'il contient un binaire symbiotique en son centre. Une étude suggère que le gaz nébulaire dense en son centre pourrait provenir d'une source différente de celle de ses lobes étendus. Le modèle de travail pour expliquer cela émet l'hypothèse que ce PN est composé d'un compagnon géant qui a provoqué la formation d'une région centrale de gaz dense et d'une naine blanche qui fournit des photons ionisants pour la nébuleuse planétaire. **Mz 3 est souvent appelée la nébuleuse de la fourmi** car elle ressemble à la tête et au thorax d'une fourmi de jardin.

Caractéristiques Mz 3 s'étend radialement à une vitesse d'environ 50 km/s et son axe polaire est orienté selon un angle d'environ 30° par rapport au plan du ciel. Elle est parfois comparée à la nébuleuse du Papillon (M 2-9), plus étudiée, et il est fort probable que les deux aient une histoire évolutive similaire. Elles ont toutes deux des noyaux brillants ponctuels, sont des nébuleuses bipolaires à taille étroite et partagent des spectres spatialement dépendants étonnamment similaires. En raison de leur similitude, leurs différences sont remarquables. Leur plus grande différence réside probablement dans leurs émissions dans le proche infrarouge. Mz 3 n'a aucune trace d'émission d'hydrogène moléculaire, alors que le M 2-9 présente des raies d'émission de H₂ proéminentes dans le proche IR. L'absence d'émissions de H₂ provenant de Mz 3 est inhabituelle étant donné la forte corrélation entre ces émissions et les structures bipolaires de la nébuleuse planétaire. De plus, les lobes polaires de Mz 3 sont plus marbrés et arrondis que ceux de M 2-9. Enfin, Mz 3 n'est pas connu pour mettre en évidence une variabilité temporelle dans ses lobes polaires comme on le trouve dans M 2-9. L'observatoire spatial Herschel a détecté des émissions de lumière laser provenant de la nébuleuse, en particulier des émissions laser à raies de recombinaison d'hydrogène. Ceci confirme la présence d'une naine blanche avec un compagnon binaire au cœur de la nébuleuse.

Chakram

Parmi les caractéristiques morphologiques de Mz 3, l'une des plus inhabituelles et étranges est le chakram (remarqué pour la première fois en 2004), une ellipse faible, large et éclairée par les membres qui semble avoir son centre sur le noyau de la nébuleuse planétaire. Bien que le plan de l'ellipse soit proche du plan de symétrie de réflexion partagé de l'autre entité, il est définitivement décalé. La cinématique de cette structure est la seule connue parmi les nébuleuses planétaires étudiées. Contrairement à toutes les autres structures Mz 3, il n'y a pas d'augmentation de la vitesse à mesure que le décalage radial par rapport au noyau augmente. Par conséquent, il ne doit pas s'agir d'un simple écoulement équatorial malgré le fait que son mouvement semble être strictement radial (c'est-à-dire qu'il n'y a aucune indication de rotation qui suggérerait que cette caractéristique est dynamiquement stable). Toutes les propriétés cinématiques de l'ellipse sont symétriques et très ordonnées par rapport au noyau, cohérentes avec toutes les autres caractéristiques de Mz 3. L'ellipse doit donc être historiquement liée à l'évolution de l'étoile centrale. La nébuleuse de la Fourmi est à 8 000 années-lumière de la Terre et sa magnitude est de 13,8.

Histoire

Mz 3 a été découvert par Donald Howard Menzel en 1922. Elle a été étudiée le 20 juillet 1997 par les astronomes Bruce Balick (Université de Washington) et Vincent Icke (Université de Leiden) à partir d'observations réalisées avec le télescope spatial Hubble. Le télescope a ensuite été utilisé le 30 juin 1998 par Raghvendra Sahai et John Trauger du Jet Propulsion Laboratory pour photographier la nébuleuse planétaire.

Traduction : Olivier Sabbagh



La nébuleuse planétaire de la Fourmi (Mz 3) par Hubble



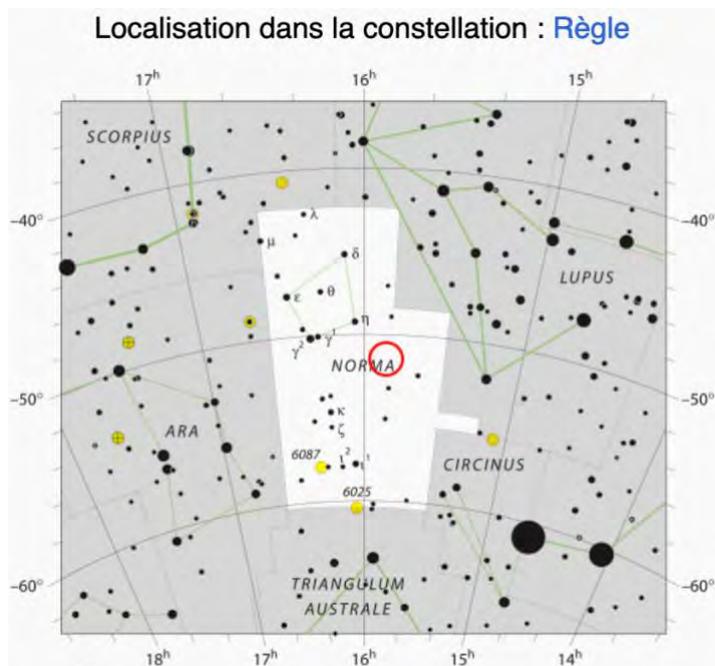
Localisation de la nébuleuse de la Fourmi dans la constellation de la Règle

Shapley 1 (*Sp 1* ou *PLN 329+2.1*) est une nébuleuse planétaire annulaire dans la constellation de la Règle avec une magnitude de +12.6. Vue depuis la Terre, elle est spéciale en ce sens qu'elle semble être une nébuleuse planétaire non-bipolaire en forme de tore. Toutefois, on pense que ceci est dû au fait que notre axe de vision vers cette nébuleuse pointe directement sur un système binaire dont l'orbite est perpendiculaire à l'axe de la Terre.

Découverte en 1936 par Harlow Shapley, elle se situe approximativement 4900 années-lumière de la Terre, et doit avoir environ un âge de 8700 ans. Au centre de la nébuleuse se trouve une naine blanche de magnitude 14. La nébuleuse a un diamètre angulaire de 1,1 arc minute, ce qui lui donne une envergure d'environ 1/3 d'année-lumière.



Shapley 1 par l'Observatoire de La Silla de l'ESO, au Chili



La **nébuleuse du Sablier** ou du Sablier Gravé (également appelée **MyCn 18**) est une jeune nébuleuse planétaire située au sud de la constellation de la Mouche, loin de la Terre d'environ 8.000 années-lumière.

Découverte

Elle a été découverte par Annie Jump Cannon et Margaret W. Mayall pendant leur travail sur le catalogue Henry Draper (le catalogue a été créé entre 1918 et 1924). À l'époque, la nébuleuse a été catégorisée comme simple nébuleuse planétaire. Des télescopes nouvelle génération et des techniques d'images ont permis de percevoir une forme de sablier découvert par Raghendra Sahai et John Trauger au Jet Propulsion Laboratory, le 18 janvier 1996. C'est cette forme de sablier qui a donné son nom à la nébuleuse planétaire, son nom de nomenclature MyCn est issu d'un ouvrage de Mayall et Cannon en 1940.

Caractéristiques

La nébuleuse du Sablier a été photographiée par Hubble. C'est une nébuleuse planétaire bipolaire. Il a été présumé que la forme de sablier de MyCn 18 est produite par l'expansion d'un rapide vent stellaire à l'intérieur d'un nuage plus dense au niveau de ses équateurs qu'aux pôles, s'épandant peu à peu. Les vents stellaires à haute énergie proviennent de l'objet stellaire au centre de la nébuleuse, son noyau massif d'éléments lourds émet un champ magnétique extrême. Des champs magnétiques complexes sont à l'origine des anneaux centraux aplatis et de la lumière.



La nébuleuse du Sablier (MyCn18) par Hubble

NGC 3132 (Caldwell 74) est une nébuleuse planétaire située dans la constellation des Voiles à environ 2000 années-lumière du système solaire. Surnommée **nébuleuse aux huit éclats** (par erreur de traduction de l'anglais « Eight-Burst », signifiant « explosion en huit »), ou **nébuleuse de l'anneau austral**, elle a été découverte par l'astronome britannique John Herschel en 1835. Son diamètre est d'environ de 0,93 année-lumière, ce qui représente près de 1500 fois la distance du Soleil à Pluton.

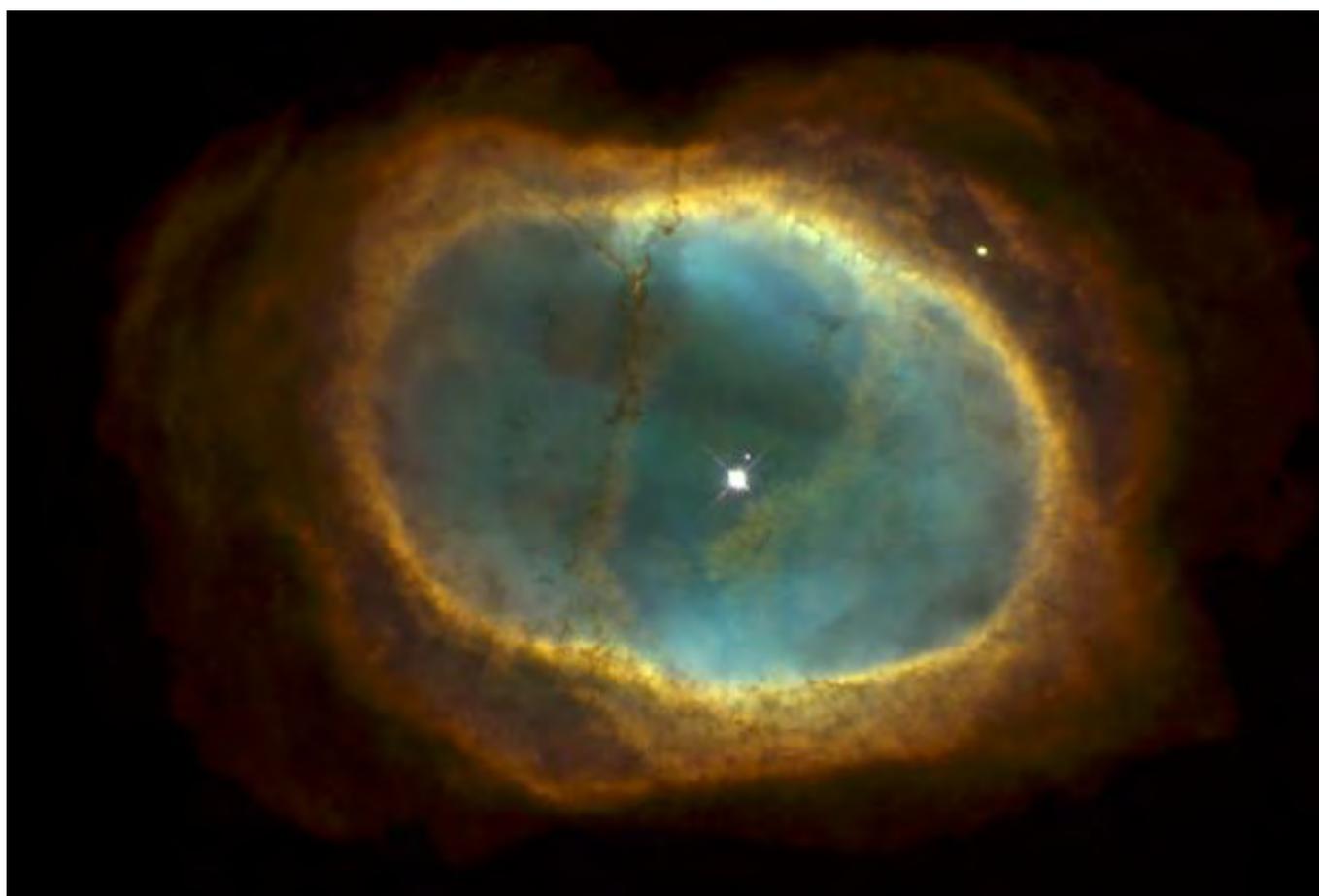
Observations

Les deux étoiles au centre de NGC 3132 forment un système binaire d'étoiles, dont le membre le moins lumineux est la naine blanche qui a donné naissance à cette nébuleuse. L'autre étoile se trouve dans les derniers stades de son évolution et elle pourrait aussi donner naissance à sa propre nébuleuse. Les observations les plus récentes (2022) indiquent qu'au moins 4 étoiles sont à l'origine de cette structure.

NGC 3132 a été l'un des cinq éléments présentés dans la première publication scientifique du télescope spatial James-Webb au cours de la première conférence de presse de la NASA le 12 juillet 2022, sous deux aspects, dans l'infrarouge proche avec Nircam et dans l'infrarouge moyen avec MIRI, qui met en évidence la binaire centrale.

Dimension

Le site Hubble Heritage Project indique une dimension de 0,4 année-lumière et une taille verticale de 1,2'. En regardant l'image, on constate que la dimension horizontale est d'environ 1,6' et comme NGC 3132 occupe toute l'image, sa taille maximale avoisine aussi cette valeur, ce qui correspond au résultat obtenu avec le logiciel Alandin. Si cette nébuleuse planétaire est bien à 1200 années-lumière, un calcul simple donne un diamètre de 0,93 al et non de 0,4 al.

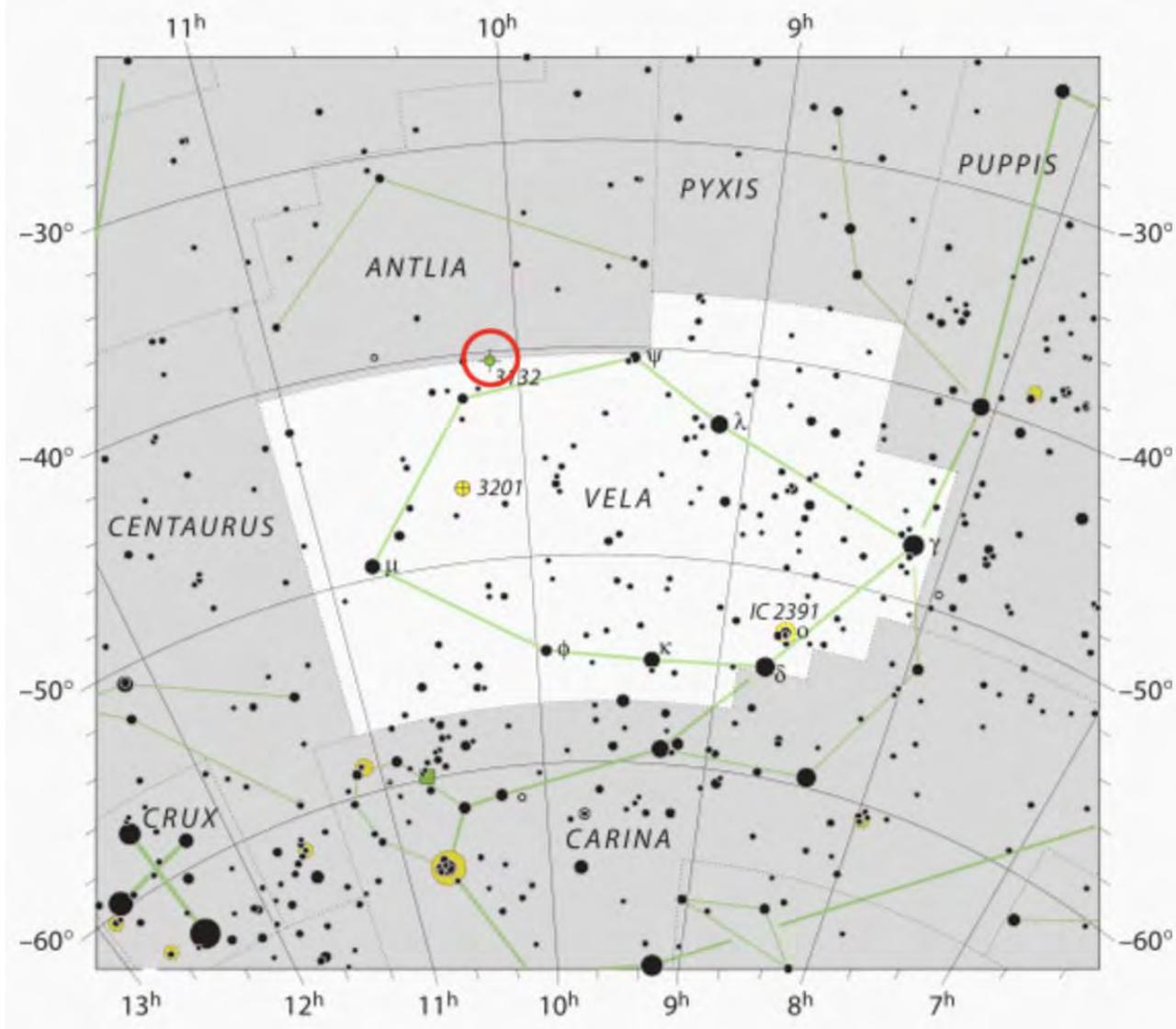


Nébuleuse planétaire NGC 3132 par Hubble



Nébuleuse planétaire NGC 3132 par le JWST en proche IR (à gauche) et en moyen IR (à droite)

Localisation dans la constellation : Voiles



IC 418, également connue comme la **nébuleuse du Spirographe**, est une très petite nébuleuse planétaire dans la constellation du Lièvre. Son surnom vient des filaments en arcs de cercle trouvés sur les images du télescope spatial Hubble. Elle a été découverte en 1894 par William Wallace Campbell à l'observatoire de Lick.

Un modèle détaillé de l'étoile et de la nébuleuse ont permis de déterminer sa distance (estimée à environ 4 080 AL, son âge, estimé à environ 1.400 ans, ainsi que la composition chimique de l'étoile et de la nébuleuse : un peu plus riche en carbone que le Soleil.



La nébuleuse planétaire IC 418, dite du Spirographe, par Hubble

Observation

Son petit diamètre et sa luminosité faible en font un objet difficile à résoudre et réservé en général aux télescopes d'au moins 200 mm de diamètre, à partir de 200 fois de grossissement. L'aspect non stellaire est alors bien visible. IC 418 a été observé très en détail par de nombreux télescopes professionnels, dans de nombreux domaines de longueur d'onde. La taille apparente de la nébuleuse (et non de son étoile centrale) est de 0.2' x 0.2', ce qui nécessite un fort grossissement pour être vu.

Pour repérer son aspect stellaire, elle se situe à ~225 minutes d'arc de Lambda Leporis. Sa magnitude apparente de 9.88 la rend totalement invisible à l'œil nu, mais l'aspect stellaire peut être vu avec un télescope amateur d'un grossissement d'environ 100 fois. L'étoile centrale (l'aspect stellaire de l'objet), nommée **ZZ Leporis**, est, comme son nom l'indique, une étoile variable.

Nébuleuse planétaire

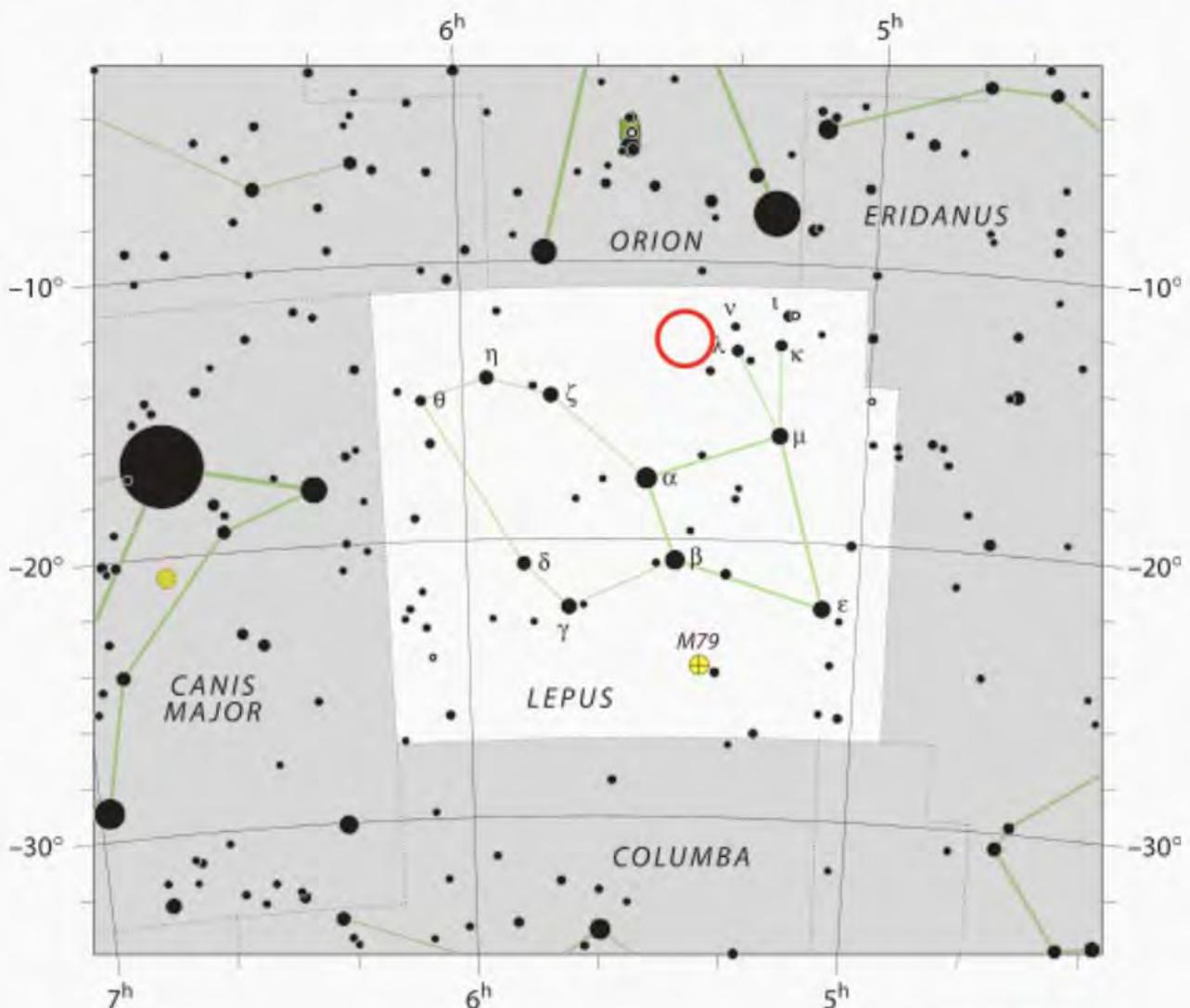
IC 418 est une très jeune nébuleuse planétaire. Si l'on prend en compte que sa vitesse d'expansion est proportionnelle, la nébuleuse doit s'être formée il y a $\sim 1\,400$ ans, après qu'une géante rouge ait éjecté ses propres couches extérieures, et ait laissé une étoile AGB en perte de masse. En prenant en compte que son expansion est de $5,8 \pm 1,5 \text{ mas/an}^{-1}$, on peut en déduire que sa vitesse d'expansion est de $27,4 \text{ km/s}^{-1}$.

Elle a une morphologie assez simple : tant au niveau optique que des ondes radio. Elle a une forme d'anneau elliptique avec un grand axe de 14 secondes d'arc et un petit axe de 10 secondes d'arc. Elle est entourée de plusieurs halos ionisés de bas niveaux qui sont eux-mêmes enfermés dans une enveloppe neutre avec une taille angulaire d'environ 2 minutes d'arc. Des estimations très divergentes de la distance à la nébuleuse planétaire ont été obtenus à l'aide de différentes méthodes statistiques. Malgré toutes les estimations de sa distance, un modèle détaillé sur la nébuleuse et son étoile suggère, avec les observations en rayons X du télescope spatial Chandra, une distance d'environ 4.080 AL.

Elle est composée de nombreuses parties :

En son centre se situe tout un tas de structures gazeuses émanant des vents stellaires de ZZ Leporis (l'étoile centrale de la nébuleuse) et de coquilles et filaments de gaz. À l'extérieur se situe un système de couches très fines de gaz ionisé, telles qu'une région de photoionisation. Après ses coquilles se situent deux halos de gaz.

Localisation dans la constellation : Lièvre



IC 4406, parfois connue sous le nom de nébuleuse de la rétine, est une nébuleuse planétaire située près de la frontière ouest de la constellation du Loup. Il présente des nuages de poussière et a la forme d'un tore. Malgré cela, il semble quelque peu rectangulaire car il est vu de côté depuis la Terre, presque dans le plan de son équateur.

Structure

IC 4406 est bipolaire et semble être un sphéroïde allongé avec de fortes concentrations de matière dans son équateur. Ce type de structure est un produit naturel d'un modèle bipolaire. Les nœuds de l'IC 4406 ont un aspect « dentelle » et n'ont pas de symétrie ordonnée vers l'étoile centrale. Les nœuds n'ont pas de queue. Aucune des fonctionnalités n'a de bords brillants. Au moins 5 structures en forme d'anneaux, vues comme des arcs au nord et au sud de la nébuleuse principale, ont été détectées dans les observations du Very Large Telescope.

L'étoile centrale de la nébuleuse planétaire a un type spectral similaire à celui d'une étoile Wolf-Rayet. Une analyse des données de Gaia suggère qu'il pourrait s'agir d'un système binaire.



IC 4406 vu avec l'instrument MUSE et l'optique adaptative du VLT de l'ESA

Nébuleuses planétaires

Nom courant	Découvreur	Date	Nom (s)	N°	Distance	Diamètre	Magnitude App	Âge	Constellation
Nébuleuses planétaires de l'hémisphère nord									
Helix	KL Harding	1824	Hélice, œil de Dieu	NGC 7293	650 AL	2,9 AL	7,6	12.000 ans	Verseau
Dumbbell	Messier	1764	Halbère	M27; NGC 6853	1360 AL	3 AL	7,4	3 à 4.000 ans	Petit Renard
Eskimo	W. Herschel	1787	Nébuleuse de la Face de Clown	NGC 2392	3.750 AL	1 AL	9,1		Gémeaux
Lyre	Messier	1779	Néb de la Lyre ou de l'Anneau	M57; NGC 6720	787 AL	2,24 AL	8,8	2.500 à 5.500	Lyre
Tortue	Wilhem Struve	1825	Nébuleuse de la Tortue	NGC 6210	6.700 AL	3,1 AL	8,8		Hercule
Nœud Papillon	W. Herschel	1788	Nébuleuse du nœud papillon	NGC 40	3.500 AL		11,4		Céphée
Petit halète	Pierre Méchain	1780	Nébuleuse du petit halète	M76; NGC 650	3.400 AL	3,1 x 1,8 AL	10		Persée
Tranche de Citron	Robert Aitken	1900	Nébuleuse de la tranche de citron	IC 3568	8.200 AL		12,8		Girafe
Petit fantôme	W. Herschel	1784	Nébuleuse du Petit fantôme	NGC 6369	3.550 AL	0,65 AL	11,4		Ophiuchus
Saturne	W. Herschel	1782	Nébuleuse Saturne	NGC 7009	4.320 AL		8		Verseau
Araignée rouge	E. Pickering	1882	Nébuleuse de l'Araignée rouge	NGC 6537	5.380 AL		11,6		Sagittaire
Papillon, double jets	R. Minkowski	1947	Nébuleuse du Papillon	M2-9	2.100 AL	1,4 AL	14,7		Ophiuchus
Clignotante	W. Herschel	1790	Stappelle aussi parfois Papillon	NGC 2346	4.760 AL	4 AL	11,6		Licorne
	W. Herschel	1793	Nébuleuse clignotante	NGC 6826	4.230 AL	0,75 AL	9,44		Cygne
Œil de Chat	E. Stéphan (FR)	1878	Jewel Bug nebula	NGC 7027	3.000 AL	0,2 AL	10	600 ans	Cygne
Œil étincelant	W. Herschel	1786	Nébuleuse de l'Œil de Chat	NGC 6543	4.450 AL		8,1	1.000 ans	Dragon
SH 2-216	Albert Marth	1863	Algrettes de Pissenlit	NGC 6751	8.650 AL	2 AL	11,9		Aigle
	?	?	SH 2-216	SH 2-216	420 AL	9 AL		600.000 ans	Persée
Nébuleuses planétaires de l'hémisphère sud									
Fantôme de Jupiter	W. Herschel	1795	Nébuleuse du fantôme de Jupiter	NGC 3242	4.780 AL		7,7		Hydre femelle
Nébuleuse de l'insecte	Télescope Hubble	2009	Nébuleuse du papillon	NGC 6302	3.390 AL		9,6	1900 ans	Scorpion
	W. Herschel	1786		NGC 2438	1.400 AL		10,8	8.500 ans	Poupe
Stingray	James Dunlop	1980	Nébuleuse Stingray ou Pastenague	Hen 3-1357	18.000 AL	0,08 AL	10,75		Autel
Spirale	Donald Menzel	1826	Nébuleuse planétaire spirale	NGC 5189, IC 4274	3.000 AL	2 AL	8,2		Mouche
Menzel 1	Donald Menzel	1922	Nébuleuse planétaire Mz 1	Mz 1	3.400 AL	1,26 AL	12	4.500 à 10.000 ans	Règle
Menzel 3, Fourmi	Donald Menzel	1922	Nébuleuse planétaire de la Fourmi	Mz 3	8.000 AL	2 AL	13,8		Règle
Shapley 1	Harlow Shapley	1936	Nébuleuse planétaire Sp 1	Sp 1 ou PLN 329+2.1	4.900 AL	0,3 AL	12,6	8700 ans	Règle
Sablier	NGC 3132	1918-24	Nébuleuse planétaire du Sablier	PN MyCn 18	8.000 AL		12,5		Mouche
Anneau Austral	John Herschel	1835	Nébuleuse de l'anneau austral	NGC 3132	2.000 AL	0,93 AL	9,2		Voiles
Spirographe	W.W Campbell	1894	Nébuleuse de Spirographe	IC 418	4.000 AL		9,88	1.400 ans	Lièvre
Retina nebula	DeLise Steward	?	Retina nebula	IC 4406	2.000 AL		10		Loup