

Les étoiles brillent l'hydrogène de leur noyau pendant la majeure partie de leur vie (voir TUMIP 1-4). Une fois l'hydrogène épuisé, le cœur se contracte alors que les couches externes se dilatent et refroidissent, formant une géante rouge. Ensuite c'est au tour de l'hélium de brûler, produisant du carbone et de l'oxygène. Si l'étoile a une masse inférieure à quelques fois celle du Soleil, elle éjecte ses couches externes, créant une enveloppe de gaz et de poussières, tandis que le cœur se contracte en une naine blanche de carbone et d'oxygène.

La naine blanche, très chaude, émet des photons d'une énergie suffisante pour ioniser l'enveloppe, ce qui la fait briller : une nébuleuse planétaire est née. Sa durée de vie déterminée par le refroidissement de l'étoile et l'expansion de l'enveloppe est d'environ 20 000 ans.

A gauche :
Crédit : DETLEV VAN RAVENSWAAY / PHOTO THÈQUE SCIENTIFIQUE



A droite :
Crédit : Joe Tuckalorone

Crédit : Reajulius36 / deviantart, ajusté par DM pour atténuer les effets de compression



Quelques œuvres d'art représentant le Soleil en train de devenir une nébuleuse planétaire.



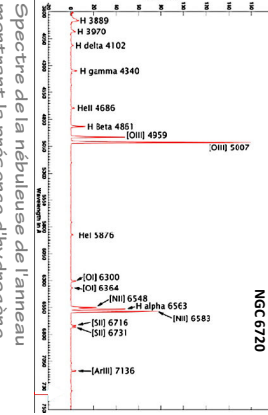
Utilité des nébuleuses planétaires

Les nébuleuses planétaires, même si elles ne sont pas toutes sphériques, présentent des géométries plus simples que d'autres types de nébuleuses, ce qui les rend plus faciles à analyser, notamment en termes de dynamique.

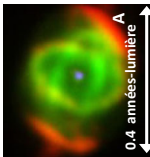
Grâce à leurs spectres (voir TUMIP 30), les astronomes peuvent identifier les éléments constituant les nébuleuses planétaires. On peut ainsi déduire la composition chimique du milieu dans lequel s'est formée l'étoile progénitrice. On peut également mesurer les abondances des éléments produits par ces étoiles, comme le carbone, le krypton ou le xénon.

Les méthodes utilisées pour mesurer les abondances chimiques ont été inventées il y a environ 80 ans. Elles reposent sur des données calculées par la physique atomique et en amélioration continue.

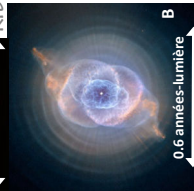
Image du T télescope Spatial Hubble de la nébuleuse bipolaire M 2-9, parfois appelée « la nébuleuse du papillon ». Elle a donné lieu à une étude hydrodynamique très détaillée visant à reproduire l'évolution des lobes nébuleux et des nœuds d'émission à l'intérieur des lobes.



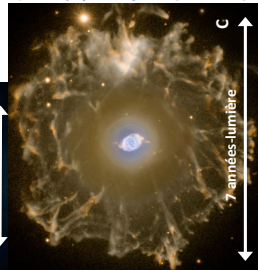
Spectre de la nébuleuse de l'anneau montrant la présence d'hydrogène, d'hélium, d'oxygène, d'azote, de soufre et d'argon.



NGC 6543, la nébuleuse de l'Oeil de Chat
A) Le noyau brillant de la nébuleuse, vu par le télescope de 2,1 m de l'observatoire national de Kitt Peak.



B) Image réalisée par le télescope Spatial Hubble. Les anneaux concentriques montrent que le processus de perte de masse était isotrope et périodique.



C) Image prise par R. Conradi avec le télescope NOT. Le large champ de vision et la longue exposition révèlent un halo massif diffus et irrégulier.



Toutes ces photos ont été réalisées par des astronomes amateurs. Une seule ne représente pas une nébuleuse planétaire.



Laquelle ?



Solution au verso

L'Univers dans ma poche



Les nébuleuses planétaires

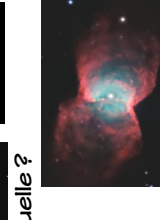
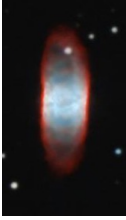
TUMMO
N° 36
THE UNIVERSE IN MY POCKET

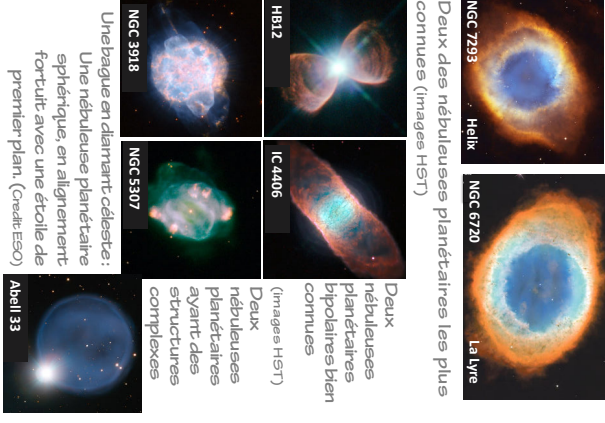
Grazyna Stasińska
Observatoire de Paris

Le Soleil est une étoile normale. Sa masse correspond à celle des progéniteurs des géantes rouges et des naines blanches. Va-t-il créer sa propre nébuleuse planétaire ?

Certains astronomes le pensent et ont même émis l'hypothèse que cette nébuleuse serait elliptique, en raison de l'attraction de Jupiter. Cependant, la création d'une nébuleuse planétaire nécessite un ajustement entre la vitesse d'expulsion des couches externes de l'étoile et le temps nécessaire pour que le noyau stellaire devienne assez chaud pour ioniser l'enveloppe expulsée. Ce réglage fin peut ou peut ne pas se produire pour le Soleil.

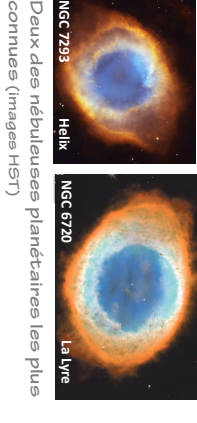
Quoi qu'il en soit, cela ne se produirait pas avant 5 milliards d'années, après que la géante rouge du Soleil ait englouti toutes les planètes intérieures.





Une baguette en diamant céleste : Une nébuleuse planétaire sphérique, en alignement fortuit avec une étoile de premier plan. (Crédit: ESO)

Deux nébuleuses planétaires bipolaires bien connues (images HST)



Deux des nébuleuses planétaires les plus connues (images HST)

NGC 6543
Alessandro Bianconi
Italie

IC 4406
Gary Irim
Alaska

NGC 5307
Paulo Casella
Brésil

NGC 7293
Günther Eder
Autriche

Abell 39
Roberto Marioni
Italie

IC 4118
Luis Aníama
République Dominicaine

La nébuleuse du Crabe est un reste de supernova (voir TUIIMP 10)

NGC 6720
Kabir Jamri
Angleterre

NGC 2366
Bill McLoughlin
Etats-Unis

L'Univers dans ma poche N° 36

Ce mini-livre a été écrit en 2023 par Grazyna Stasinska de l'Observatoire de Paris et révisé par Stan Kurtz, de l'UNAM, au Mexique.

Image de couverture : Image du centre de la nébuleuse de l'Œil de Chat réalisée par le télescope Spatial Hubble.

Crédit : NASA, ESA, Hubble, ILLA; rétrécissement et copyright : [Rau Villaverde](http://www.tuiimp.org).

Toutes les images de ce mini-livre, sauf indication contraire, proviennent du télescope Spatial Hubble (NASA, ESA).

QR code and Creative Commons license (CC BY-NC-SA).

URL: <http://www.tuiimp.org>

Tu as sûrement vu de telles images dans des magazines : ce sont des photos de nébuleuses planétaires. Comme dans de nombreuses images astronomiques, les couleurs sont de « fausses couleurs » qui aident les scientifiques à voir certains détails. Les astronomes amateurs aussi savent produire de magnifiques images de nébuleuses planétaires en fausses couleurs.

En fait, vu au télescope, ces astres apparaissent verdâtres. Les premiers qui on a observés faisaient penser à des planètes. D'où le nom de nébuleuse planétaire.

Mais, comme nous le verrons plus loin, les nébuleuses planétaires n'ont rien à voir avec les planètes : on devrait plutôt les appeler « nébuleuses stellaires », car ce sont des nuages de gaz expulsés par des étoiles vieillissantes.

Plus précisément

En fait, ce n'est que lorsque le vent émis par l'étoile centrale vieillissante rattrape le vent plus lent de la phase géante rouge précédente qu'il se forme une coquille dense qui deviendra la nébuleuse planétaire.

Cependant, de nombreuses nébuleuses planétaires sont loin d'être sphériques, ce qui suggère qu'elles n'ont pas été formées par l'évolution d'une seule étoile. En effet, certaines étoiles « centrales » sont en fait des étoiles doubles qui tournent l'une autour de l'autre. Lorsque l'une commence à se débarrasser de ses couches externes, les forces gravitationnelles exercées par son compagnon déforment la nébuleuse. Le transfert de matière entre les étoiles peut donner naissance à des structures en forme de jets. Les champs magnétiques peuvent aussi jouer un rôle.

La galaxie elliptique NGC 3379. Les points verts marquent les positions des nébuleuses planétaires détectées par le spectrographe PN.

La mesure de leurs vitesses radiales permet de déterminer la cinématique du halo galactique bien au-delà de la région représentée sur l'image.

Le Grand Nuage de Magellan et les positions de quelques nébuleuses planétaires de morphologies variées.

Les spectres des nébuleuses planétaires sont très différents de ceux des autres astres (voir TUIIMP 03, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15). Elles servent de traceurs de la dynamique des halos et permettent de déterminer leur masse.

Les nébuleuses planétaires sont facilement détectables dans les halos galactiques et leurs vitesses peuvent être mesurées par effet Doppler (voir TUIIMP 15). Elles servent de traceurs de la dynamique des halos et permettent de déterminer leur masse.

La lumière des galaxies met du temps à nous parvenir. Depuis les nuages de Magellan, nos plus proches voisins, il faut 150 000 ans. Les nébuleuses planétaires qu'on y observe ont en fait déjà disparu!

Cette nébuleuse planétaire, découverte il y a une centaine d'années, fut nommée « nébuleuse du sablier » d'après cette image du télescope Spatial Hubble. L'étoile centrale qui est double pourrait être à l'origine de la spectaculaire forme bipolaire de la nébuleuse.

Cette nébuleuse planétaire bipolaire possède également deux étoiles au centre. Seule l'une d'elles est assez chaude pour ioniser la nébuleuse, mais la forme de la nébuleuse résulte de l'action des deux.

Cette nébuleuse planétaire, a été appelée « la nébuleuse du spirgraphe » après que le télescope Spatial Hubble a révélé sa structure filamentaire, probablement due à des champs magnétiques.