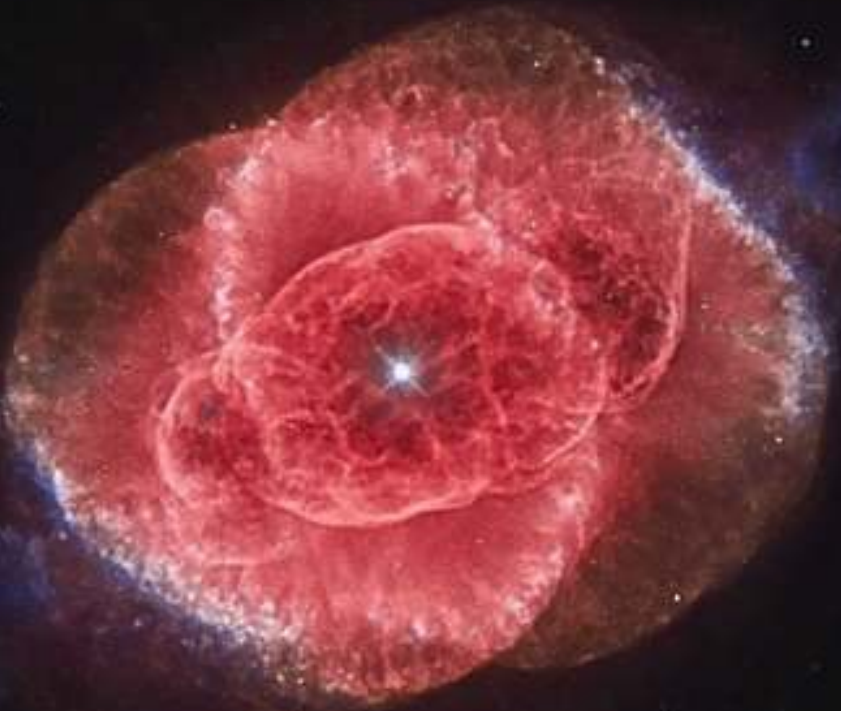


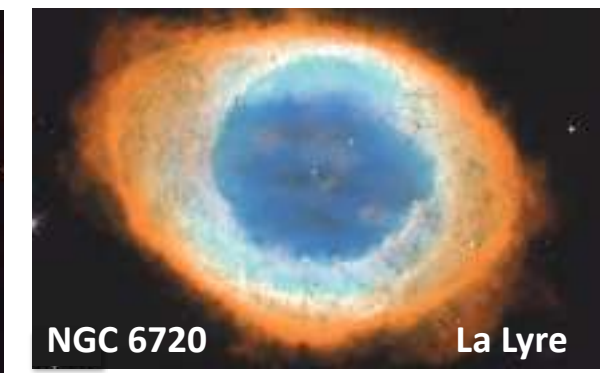
L'Univers dans ma poche



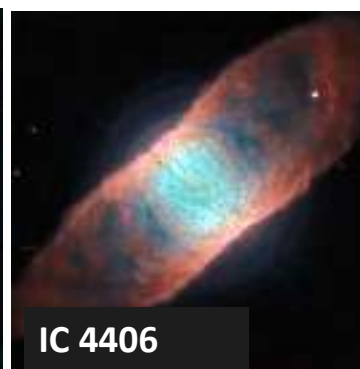
Les nébuleuses planétaires



Grażyna Stasińska
Observatoire de Paris



Deux des nébuleuses planétaires les plus connues (images HST)



Deux nébuleuses planétaires bipolaires bien connues

(images HST)



Deux nébuleuses planétaires ayant des structures complexes

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



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, vus au télescope, ces astres apparaissent verdâtres. Les premiers qu'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.

Naissance d'une nébuleuse planétaire

Les étoiles brûlent l'hydrogène de leur noyau pendant la majeure partie de leur vie (voir TUIMP 14). 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,

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.

0.4 années-lumière

A

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

0.6 années-lumière

B

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

7 années-lumière

C



MonCn1

Cette nébuluse planétaire, découverte il y a une centaine d'années, fut nommée « nébuluse 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 nébuluse.

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



NGC 2346

Cette nébuluse planétaire, a été appelée « la nébuluse du spirographe » après que le Télescope Spatial Hubble a révélé sa structure filamenteuse, probablement due à des champs magnétiques.



IC 418

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 nébuluse 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 nébuluse. 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. 7

Utilité des nébuleuses planétaires

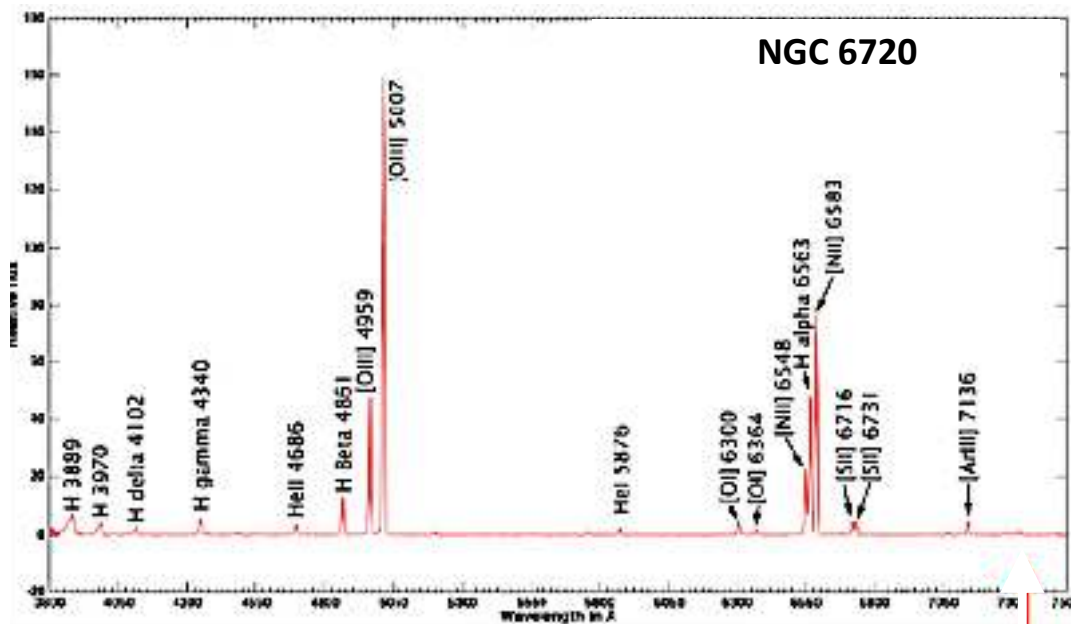
Les nébuleuses planétaires, même si elles ne sont pas toutes sphériques, présentent des géométries plus simples que d'autres types de nébuleuses, ce qui les rend plus faciles à analyser, notamment en termes de dynamique.

Grâce à leurs spectres (voir TUIMP 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 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 nébulaires 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.

Les nébuleuses planétaires lointaines

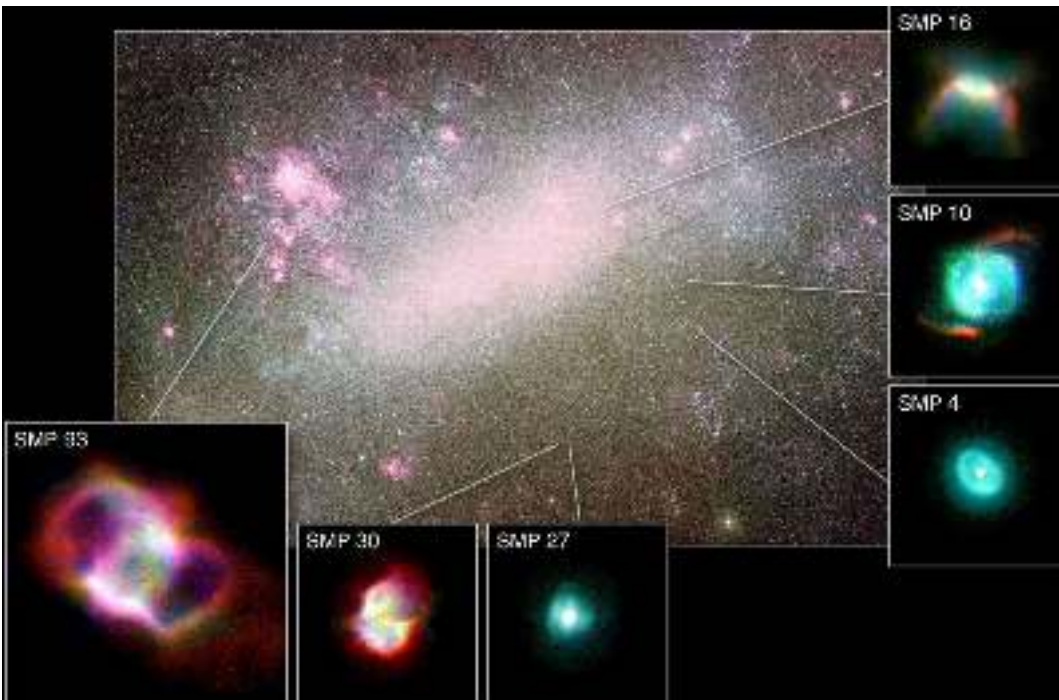
Les spectres des nébuleuses planétaires sont très différents de ceux des autres astres (voir TUIMP 30), n'émettant que quelques raies très intenses faciles à identifier. On peut ainsi repérer les nébuleuses planétaires dans des galaxies lointaines, même si leur forme ne peut pas être résolue.

Les nébuleuses planétaires sont facilement détectables dans les halos galactiques et leurs vitesses peuvent être mesurées par effet Doppler (voir TUIMP 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 !

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. 10

La fin du Soleil

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.

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



Ci-dessus :
Crédit: Regulus36/
deviantart, ajusté par
DM pour atténuer les
effets de compression

A droite :
Crédit : Joe
Tucciarone



A gauche :
Crédit
DETLEV VAN
RAVENSWAAY /
PHOTOOTHÈQUE
SCIENTIFIQUE



NGC 6543
Alessandro
Bianconi
Italie



IC 4406
Gary Imm
Alaska



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



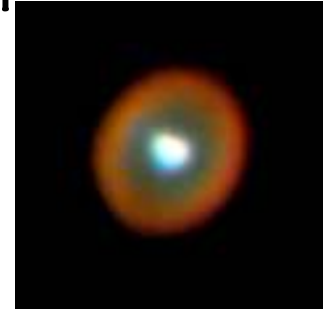
La nébuleuse
du Crabe
Jim Matzger
Espagne

La
nébuleuse
du Crabe
est un
reste de
supernova



NGC 5307
Paulo Cacella
Brésil

(voir TUIMP 10)



NGC 7293
Günther
Eder
Autriche



Abell 39
Roberto
Marinoni
Italie



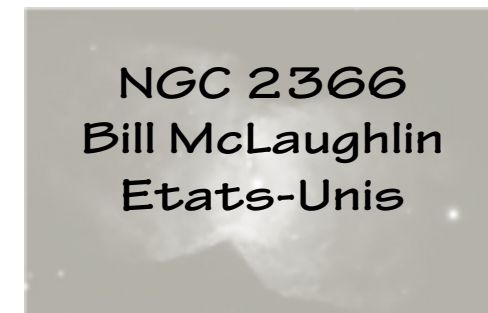
IC 418
Luis
Amiama
République
Dominicaine



Laquelle ?



NGC 6720
Kabir Jami
Angleterre



NGC 2366
Bill McLaughlin
Etats-Unis

Solution au verso

L'Univers dans ma poche N° 36

Ce mini-livre a été écrit en 2023 par Grażyna Stasińska 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, HLA ;
retraitement et copyright : Raul Villaverde.

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



Pour en savoir plus sur cette collection et sur les thèmes présentés dans ce mini-livre, tu peux consulter le site <http://www.tuimp.org>.

