

N° 26

NÉBULEUSES, JOYAUX CÉLESTES DE LA NUIT

Gwenaël BURBAN



Les Cahiers de la SAN

NÉBULEUSES, JOYAUX CÉLESTES DE LA NUIT

Gwenaël BURBAN

Qualité auteur

Édition 2011

Les « **Cahiers de la SAN** » sont édités par la Société d'Astronomie de Nantes,
Société Scientifique d'Éducation Populaire agréée Jeunesse et Sports.

35, boulevard Louis-Millet

44300 NANTES

Tél. 02 40 68 91 20 - Fax 02 40 93 81 23 - E-mail : san@san-fr.com

© Toute reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit,
sans l'autorisation de la Société d'Astronomie de Nantes, est interdite.

NÉBULEUSES, JOYAUX CÉLESTES DE LA NUIT

Introduction

Avant d'aborder concrètement l'étude des nébuleuses, nous nous pencherons sur la spectrométrie, ensuite nous pourrions étudier les nébuleuses diffuses, les nuages de poussières interstellaires, les nébuleuses planétaires, les supernovae, les nuages de molécules organiques et enfin les rayons cosmiques.

Spectrométrie

La spectrométrie sert ici de base pour comprendre les formes et les couleurs des différentes nébuleuses, d'où son utilité et la place qu'elle prend dans l'Astronomie.

Observation

Comme vous le savez certainement, la lumière blanche, lorsqu'elle traverse un prisme, se décompose pour donner les sept couleurs de l'arc-en-ciel (rouge, orange, jaune, vert, bleu, indigo, violet). C'est le spectre de la lumière.

Par le même principe nous décomposons la lumière du Soleil et nous obtenons un spectre, mais cette fois ci séparé par plusieurs fines raies noires, appelées raies d'absorption.

À l'aide de moyens plus sophistiqués, essayons sur les étoiles ; nous obtenons là encore des raies noires sur un spectre continu mais à différents endroits et en nombre plus variable.

C'est donc à ce phénomène que nous allons nous intéresser plus particulièrement : nous étudierons les raies d'absorption et d'émission.

Première explication des phénomènes de raies (voir figures)

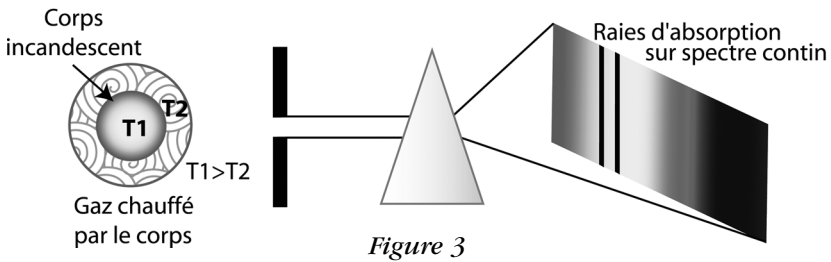
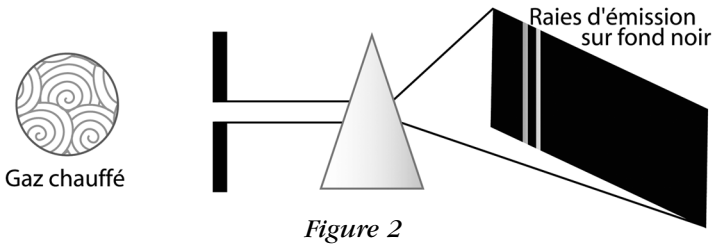
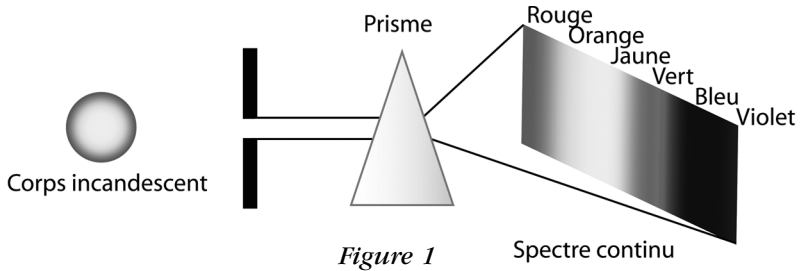
- Fig.1 • un corps incandescent émet un spectre continu (exemple : lampe).
- Fig.2 • un gaz particulier, lorsqu'il est chauffé, émet des raies à des endroits bien précis lorsque nous projetons son spectre avec des moyens là encore très sophistiqués. Ces raies d'émission que nous observons sur un fond noir sont propres à chaque type de gaz (l'hydrogène n'émettra pas dans les mêmes raies que le soufre).
- Fig.3 • Le gaz est chauffé par le corps incandescent qu'il entoure, donc à une température inférieure. Le spectre de cet ensemble est continu et séparé par des raies noires correspondant aux positions des raies d'émission du gaz. C'est ainsi que nous connaissons la composition chimique du Soleil et des différentes étoiles étudiées.

Explication plus théorique

L'explication précédente est très simple mais mérite d'être mieux approfondie.

Tout d'abord nous allons voir, ou revoir pour certains, la notion de spectre électromagnétique :

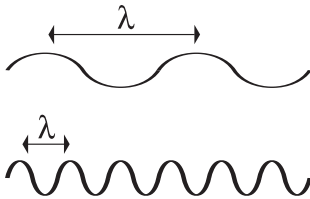
Loi : tout corps dont la température est supérieure à 0 Kelvin (-273,16 °C) émet un rayonnement. Plus la température



de ce corps est importante, plus il émet dans des longueurs d'onde courtes (plus énergétiques). À voir avec la figure 4. Un corps à 6000 K va émettre un peu de rayons X, beaucoup dans les ultraviolets (U.V.), un maximum dans le visible, puis de moins en moins dans l'infrarouge et le radio.

Fig.4 • Définition du spectre électromagnétique : tout rayonnement électromagnétique peut être considéré sous deux aspects :

- D'une part comme une vibration qui se propage dans l'espace et permet de définir la longueur d'onde et la fréquence du rayonnement considéré (aspect ondulatoire).
- D'autre part comme un ensemble de corpuscules en mouvement, ou photons, transportant une énergie d'autant plus importante que la fréquence de vibration est plus élevée (aspect corpusculaire).



λ , c'est la longueur d'onde de la lumière, ou du rayonnement électromagnétique d'un corps.

λ se mesure en kilomètres, mètres, millimètres, micromètres, nanomètres ou Angstroms (notés Å).

Aspect ondulatoire de la lumière

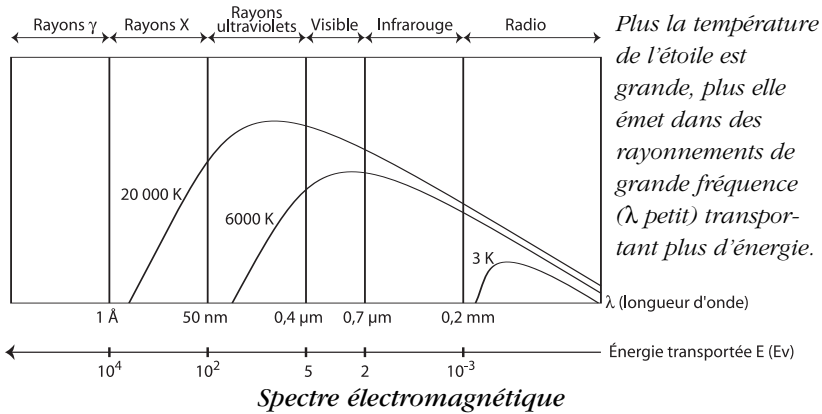


Figure 4

Nous pouvons maintenant étudier en détail les phénomènes de raies :

Prenons tout d'abord un atome avec des électrons qui gravitent autour (Fig.5). Un électron peut passer d'une couche à une autre à condition de lui fournir la quantité d'énergie requise, ni plus, ni moins.

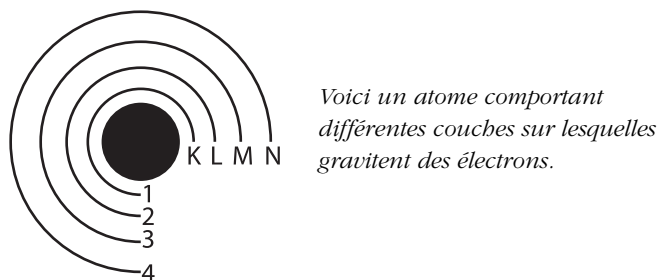


Figure 5

Fig.6 • **Raies de Lyman** : l'électron part du niveau 1, ou la première couche, pour arriver au niveau x et inversement il part du niveau x pour arriver au niveau 1. C'est donc la série de Lyman :

- (niveau 1 $\rightleftharpoons$ niveau 2) s'appelle L alpha
- (niveau 1 $\rightleftharpoons$ niveau 3) s'appelle L bêta
- (niveau 1 $\rightleftharpoons$ niveau 4) s'appelle L gamma
- etc.

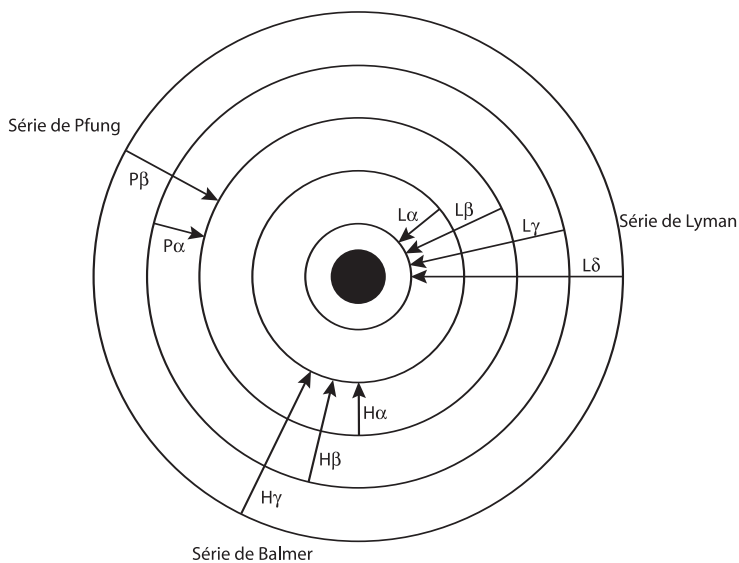


Figure 6

Raies de Balmer : le principe est le même mais avec cette fois le niveau 2. La série de Balmer a été la première découverte car c'est cette série qui se produit dans les nuages d'hydrogène constituant principalement les nébuleuses. Les raies de Balmer s'appellent toutes H (alpha, bêta, gamma). La plus connue, H alpha, correspond au passage du niveau 2 au niveau 3 ou inversement.

Il existe aussi d'autres séries telles celles de Pfung avec le niveau 3, etc.

Fig.7 • Pour que l'électron monte dans l'échelle des niveaux, il faut lui fournir une quantité précise d'énergie. De même, lorsqu'il redescend, il est obligé de fournir de l'énergie. Nous obtenons ainsi une échelle d'énergie.

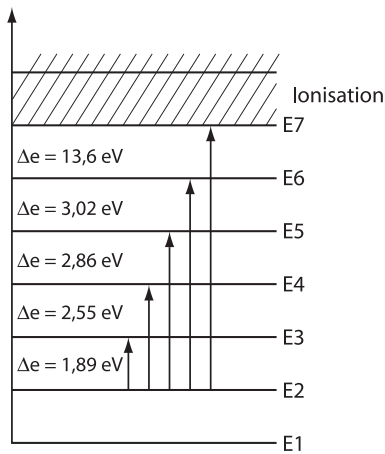


Figure 7

Fig. 8 et 9 • **Phénomène d'émission** :

Expliquons maintenant le phénomène d'émission sur la raie H alpha de l'hydrogène. L'atome d'hydrogène est soumis au rayonnement ultraviolet d'une étoile, recevant ainsi de l'énergie sous forme de photons.

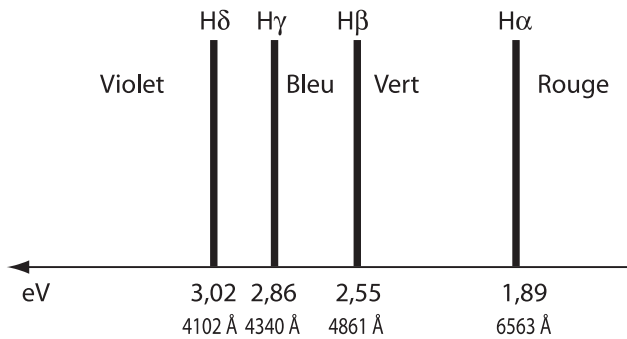


Figure 8 - Spectre d'émission (partie visible du spectre)

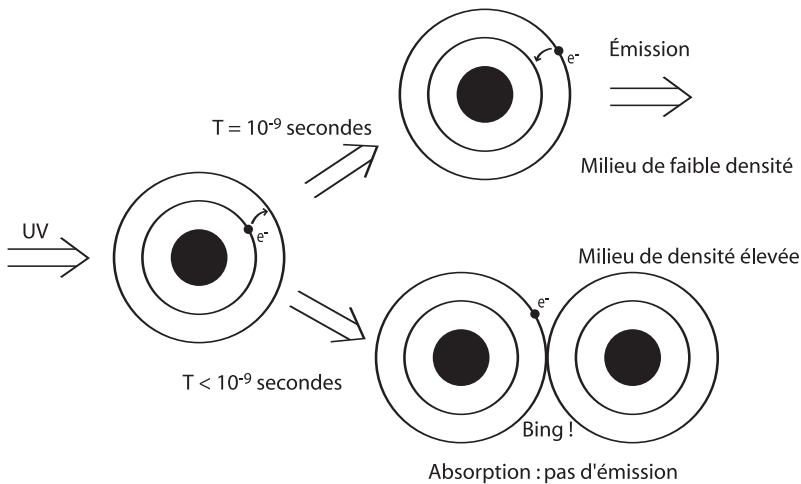


Figure 9

L'électron de l'hydrogène est déjà préalablement au niveau 2 car le milieu ambiant est excité. Soumis au rayonnement U.V., il va passer au niveau 3, ou à d'autres niveaux supérieurs correspondants aux autres raies de Balmer. Si au bout de 10^{-9} secondes, l'atome n'a percuté aucun autre atome, l'électron sera instable au niveau 3 et redescendra au niveau 2 en libérant une énergie de

1,89 électron-volt (eV) sous la forme de lumière, c'est à dire que l'atome libérera un photon transportant une énergie de 1,89 eV. Un transport d'énergie de 1,89 eV se fait sur une longueur d'onde de 6563 Angström, la longueur d'onde étant inversement proportionnelle à la quantité d'énergie émise. Dans le spectre visible, la raie H alpha est observable dans le rouge ; elle est souvent intense. C'est cette raie qui donne la prédominance rouge des nébuleuses diffuses essentiellement composées d'hydrogène (M42 dans 'Orion', 'La Rosette', etc.).

Phénomène d'absorption :

Si maintenant, avant 10^{-9} secondes, l'atome subit un choc avec un autre atome, alors comme au billard, il perd son énergie dans le choc ; l'électron restera donc au même niveau. Il ne pourra donc pas redescendre pour émettre un photon. On obtiendra des raies d'absorption sur le spectre.

Conclusion

Nous nous apercevons donc que les phénomènes d'absorption et d'émission dépendent de la densité du milieu environnant.

Si le milieu est peu dense, l'atome excité a toutes les chances d'émettre au bout de 10^{-9} secondes. À l'opposé, si le milieu est dense, la probabilité que l'atome excité rencontre un autre atome avant 10^{-9} seconde devient très importante et il ne pourra donc pas réémettre un photon.

Historique

Autrefois, les astronomes considéraient comme nébuleuses tous les objets qui étaient flous. Ils ne différenciaient qu'amas et nébuleuses, comme à l'image de **Charles Messier** qui cataloguait comme nébuleuse la galaxie M 31 (*Andromède*). Ils ne connais-

saient pas la présence des galaxies. C'est seulement au début de ce siècle, en 1923, à l'aide du télescope de 2,54 m du mont Wilson (U.S.A.) et de la photographie, que les astronomes découvrirent la structure spirale de la galaxie d'Andromède. Dès lors ils purent différencier les galaxies des nébuleuses. Les nébuleuses observables sont toutes situées dans notre galaxie (ex : *Tête de Cheval*) ou dans les *Nuages de Magellan*, galaxies sœurs de la nôtre (ex : Tarentule).

Nébuleuses diffuses ou régions H II

Formation

Lors de la formation de notre galaxie, c'est à dire lorsqu'elle commença à s'aplatir en tournant sur elle même, une onde de choc, appelée onde de *Linn*, s'est produite. Celle-ci tourne moins vite que notre galaxie. Lorsqu'un bras de la galaxie la rattrape, l'hydrogène, constituant principal de notre galaxie, se trouve comprimé, puis se contracte; le nuage devient plus dense et s'obscurcit, amorçant ainsi la fusion nucléaire (différente de la fission) de l'hydrogène au centre et donnant naissance à plusieurs milliers d'étoiles.

Aspects et caractéristiques des nébuleuses

Au centre de la nébuleuses, il y a des étoiles en formation, autour il reste de l'hydrogène qui se contracte mais dont la densité est très faible. Les étoiles ainsi formées ont une température de surface d'environ 20 000 K et rayonnent essentiellement dans les U.V. (chap. 1, fig. 4). Elles excitent continuellement au niveau 2 le nuage d'hydrogène les entourant (l'électron se trouve sur la deuxième couche de l'atome ; il ne peut pas revenir au niveau 1). Voici donc l'origine du nom région H II (hydrogène excité au niveau 2).

Si maintenant un rayon U.V. atteint l'atome d'hydrogène, celui-ci absorbe l'énergie. L'électron saute principalement du

niveau 2 au niveau 3. Le nuage étant de faible densité (environ 500 atomes/cm³ pour 10¹⁷ atomes/cm³ sur Terre – meilleur vide obtenu !), l'électron descendra du niveau 3 au niveau 2 puisqu'il n'aura subi aucun choc avec un autre atome.

L'atome pour finir émettra un photon sur la raie H alpha se situant sur une longueur d'onde de 6563 Angström. Cette longueur d'onde est présente dans la partie rouge de notre spectre visible, d'où la teinte rouge-rose de ces nuages de gaz.

Phénomènes curieux

Dans ces régions H II, les chercheurs ont trouvé sur les spectres la présence de deux raies vertes vers 5000 Angström. Or ces deux raies vertes correspondent à un phénomène impossible à réaliser sur Terre (le milieu est trop dense), c'est à dire la double ionisation de l'Oxygène. Les raies sont notées : [O III]. Ce sont des raies interdites. Il existe bien évidemment d'autres raies interdites, comme celle du Soufre, etc ...

Exemples de régions H II ou nébuleuses diffuses

Nom	Nébuleuse d'Orion M42
Distance	1500 AL
Masse	10 000 masses solaires
Température du nuage	8000 K
Diamètre	30 AL
Densité	5000 atomes / cm ³

Elle a été découverte en 1610 par *Nicolas Fabri de Piersec*, moins d'un an après l'invention de la lunette en 1609.

Elle est considérée à juste titre comme la plus belle de l'hiver.

Elle est observable avec une simple paire de jumelle.

À voir absolument !!!

Nom	Tête de Cheval (Orion)
Distance	5000 AL
Masse	300 masses solaires
Température du nuage	3500 K
Diamètre	25 AL
Densité	6 atomes / cm ³

Avis aux amateurs : ne cherchez pas, vous ne trouverez pas !!

À admirer en photographie, ou au Pic du Midi.

Nom	Lagune M8 (Sagittaire)
Distance	4500 AL
Masse	200 masses solaires
Température du nuage	8000 K
Diamètre	20 AL
Densité	400 atomes / cm ³

Découverte en 1747 par *Le Gentil*. Un amas d'étoiles illumine le nuage.

Visible l'été, facilement accessible.

Nom	M16 (dans le Serpent)
Distance	7000 AL
Masse	700 masses solaires
Température du nuage	8000 K
Diamètre	20 AL
Densité	200 atomes / cm ³

L'amas a été découvert en 1746 par *Decheseaux*. Cette nébuleuse comporte un amas au centre accessible aux jumelles et une nébuleuse à admirer sur photographie.

Nom	Trifide M20 (Sagittaire)
Distance	4800 AL
Masse	200 masses solaires
Température du nuage	8000 K
Diamètre	16 AL
Densité	100 atomes / cm ³

Découverte en 1747 par Le Gentil en même temps que M8. Accessible avec un instrument.

Cette nébuleuse est divisée en deux parties : une partie bleue, dont nous parlerons plus loin, et une partie rose qui est divisée en trois parties, d'où le nom de Trifide. Elle est illuminée par un amas d'étoiles en son centre.

Nom	Rosette (Licorne)
Distance	4500 AL
Masse	11 000 masses solaires
Température du nuage	8000 K
Diamètre	100 AL
Densité	16 atomes / cm ³

Cette nébuleuse est très jeune (100 millions d'années). Le trou au centre a été formé par des étoiles nées dans ce nuage et, d'ici quelques millions d'années, devrait se refermer, se reconstruire pour donner naissance à d'autres étoiles.

Attention ! Ne pas la confondre avec une nébuleuse planétaire ou annulaire !!

À observer uniquement en photographie.

Nom	Keyhole (Carène, émis. sud)
Distance	7000 AL
Masse	200 masses solaires
Température du nuage	7000 K
Diamètre	570 AL
Densité	200 atomes / cm ³

Découverte en 1751 par L'abbé LACAILLE. Accessible.

Régions H I

Formation

Autour des nébuleuses diffuses que nous venons d'étudier, il reste de l'hydrogène mais qui n'est pas excité. Il est au niveau 1, d'où le nom de régions H I. On trouve ces régions dans toute notre galaxie mais aussi entre deux galaxies qui se sont croisées. Ces nuages d'hydrogène sont à une température de 100 à 200 K.

Détections de ces régions H I

Comment pouvons-nous détecter ces régions neutres, qui ne peuvent donc pas émettre ? Un noyau d'atome est composé essentiellement de neutrons et de protons. Les protons ainsi que les électrons tournent autour du centre du noyau et lorsque l'un d'eux en prend, c'est à dire une fois tous les quelques millions d'années, le proton ou l'électron de l'hydrogène inversent leur sens de rotation forçant ainsi l'atome à émettre un rayonnement sur la célèbre longueur d'onde de 21 cm de l'hydrogène neutre. Bien que ce phénomène soit rare pour un atome, il ne l'est pas pour les milliards de milliards d'atomes composant ces nuages ; nous obtenons ainsi une raie très intense dans cette longueur d'onde.

Autres composants

Dans ces nuages d'hydrogène, les chercheurs ont trouvé, d'après le spectre des étoiles placées derrière, des raies d'absorption caractérisant la présence de calcium, de sodium, de carbone, d'argon, etc.

Nuages de poussières interstellaires

Formation

Lorsqu'une étoile se forme, elle laisse de côté tous les gaz lourds tels le fer, le sodium, etc. Ceux-ci au contact du milieu interstellaire se condensent pour donner naissance à des poussières interstellaires composées de silicium, graphite, fer, etc. Le tout souvent recouvert de glace ou d'ammoniac gelée. Ces poussières peuvent aussi venir d'éjection irrégulière de gaz venant des étoiles vieilles et instables.

Caractéristiques

Un nuage de poussières, c'est l'équivalent d'une cuillerée à café pesant environ 5 à 6 grammes que l'on étalerait ensuite régulièrement sur une superficie égale à la France. La taille des grains est d'environ 0,5 micromètre. Cette taille leur suffit pour réfléchir et diffuser la lumière.

Phénomènes de rougissement et de réfraction

En effet, un nuage de ce type est capable de réfléchir et de provoquer le rougissement voir l'extinction totale des étoiles placées derrière lui.

Phénomènes de rougissement ou diffusion

La diffusion de la lumière se fait de la même façon pour les étoiles que pour le coucher de Soleil sur la Terre. Chaque poussière réfléchit un peu la lumière des étoiles, en laissant passer plus le rayonnement rouge que le bleu. Le rayonnement rouge a une longueur d'onde plus grande que le celle du bleu et passe ainsi plus facilement à travers ces nuages. Prenons un phénomène plus courant basé sur le même principe : le son.

Mettez un disque dans votre salon, fermez la porte et allez dans une pièce voisine. Vous entendrez plus les parties graves

que les parties aiguës de la chanson. Les parties aiguës correspondent à des fréquences hautes d'environ 1000 à 4000 Hertz et les graves à de basses fréquences d'environ 63 à 250 Hertz. On s'aperçoit ici que le mur laisse mieux passer les fréquences graves que les fréquences hautes. Il en est de même pour les nuages de poussières.

Photographiez maintenant la voie lactée ; vous obtiendrez sur votre cliché plus d'étoiles rouges que de bleues, voir même des parties sombres. Ceci est dû aux poussières interstellaires qui tournent dans notre galaxie et qui diffusent la lumière des étoiles.

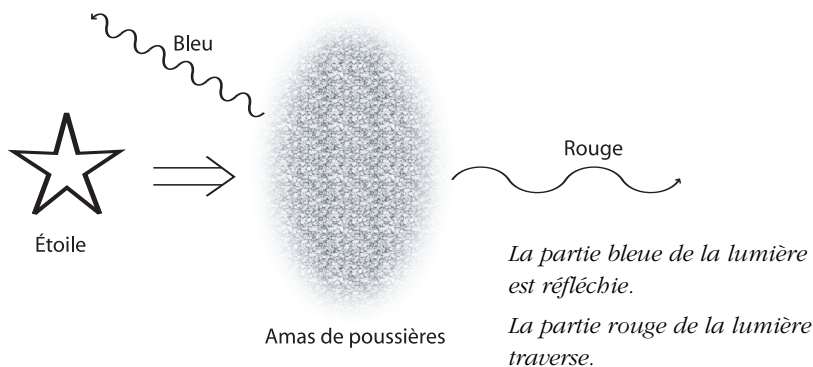


Figure 10

Exemples :

- La partie formant la tête de la *Tête de Cheval* dans Orion ; en effet, il s'agit d'un nuage très dense qui absorbe une partie de la lumière des étoiles situées derrière.
- En général toutes les parties sombres des nébuleuses diffuses sont composées de poussières résultant de la naissance des étoiles.
- Toutes les galaxies vues de travers telle la galaxie du *Sombrero* (M 104) comportent une bande noire témoin de la présence de nuages de poussières interstellaires absorbant totalement la lumière des étoiles.

Phénomènes de refraction

Dans le cas d'étoiles jeunes, les poussières interstellaires forment un halo lumineux de couleur bleue dû à la réfraction de la partie bleue de la lumière de l'étoile. Le rayonnement bleu de longueur d'onde plus courte est réfléchi par les poussières.

Prenons toujours le même exemple du son : dans une église produisez un son grave, vous allez entendre un peu l'écho. Maintenant émettez à une même intensité un son aigu, vous allez entendre beaucoup plus nettement son écho d'ou une réflexion plus importante des fréquences hautes que des basses. Il en est de même pour les nuages de poussières interstellaires qui réfléchissent les courtes longueurs d'ondes dont le bleu.

Exemples :

- **Les Pléiades** (M 45) : en effet à la photographie on observe des nuages de poussières bleues s'étendant sur une superficie importante. Ces nuages sont invisibles dans des télescopes.
- **Trifide** (M 20) : sa partie supérieure comporte une étoile entourée d'un nuage de matière interstellaire résultant de la naissance de cette étoile.
- Région près de ***sigma Ophiucus*** uniquement visible à la photographie. C'est une région riche en couleurs ; elle comporte un amas, une nébuleuse diffuse et des nuages interstellaires entourant cette étoile.

Nébuleuses Planétaires

Historique

Aux yeux des astronomes du XVIII^e siècle, ces nébuleuses, vues sous un faible grossissement, apparaissaient sous forme de pâles petits disques, comparable aux planètes. Ainsi A. **Darquier**, un astronome amateur, va leur donner le nom de nébuleuses planétaires.

Une nébuleuse planétaire (ou annulaire) est composée d'une étoile au centre et d'un anneau de gaz plus ou moins circulaire suivant l'âge de la nébuleuse.

Formation

La nébuleuse planétaire est le stade succédant à celui de géante rouge d'une étoile, en fin de vie, de quelques masses solaires au maximum. La surface de cette étoile s'évapore et est éjectée à une vitesse de 10 à 20 km/s.

L'étoile centrale résiduelle se condense, devient instable et éjecte un flot de particules à plus de 1000 km/s appelé vent stellaire. Celui-ci vide la zone centrale et forme un anneau de compression où la matière s'accumule et forme sous le rayonnement de l'étoile centrale une nébuleuse diffuse ou Région H II dont la température atteint 10 000 K.

Caractéristiques

L'anneau mesure environ 0,1 à 2 A.L. La température est de 10 000 K. L'anneau est essentiellement composé d'hydrogène. L'étoile centrale est très instable et a une température avoisinant 100 000 K.

Dans le spectre de l'anneau, on trouve comme dans les nébuleuses diffuses des raies interdites (voir chap. nébuleuses).



Si une différence de vitesse de dilatation apparaît selon un axe on obtient une forme de balière pour la nébuleuse.

Figure 10 - Nébuleuse planétaire

La vitesse d'évaporation de la surface de l'étoile n'est pas constante partout (10 à 20 km/s) et on peut obtenir, quand la nébuleuse est très vieille (maximum 10 000 ans), la forme d'une haltère.

Exemple :

Nom	Nébuleuse annulaire de la Lyre M57
Distance	2000 AL
Magnitude	9,3

Découverte par *A. Darquier* en 1779. L'anneau est entier. Visible avec un télescope de 115 mm dans de bonnes conditions.

Nom	Dumb-Bell M27 (Renard)
Distance	900 AL
Magnitude	6,8

Découverte en 1764 par *Ch. Messier*. L'anneau est déjà coupé en deux.

Superbe ! À voir l'été. À admirer aussi sur photographie.

Nom	Hélix NGC 7293 (Verseau)
Distance	380 AL
Magnitude	6,8

L'anneau est entier. Accessible au 115.

Il y a encore bien d'autres nébuleuses planétaires célèbres, telle le *Hibou* (M 97) dans la Grande Ourse, celle de l'*Autel* (hémisphère sud).

Supernova

Formation

L'étoile tout d'abord doit être supérieure à 8 masses solaires. Elle va fusionner son hydrogène en hélium, puis son hélium en carbone (stade de géante rouge), puis son carbone en néon (cycle d'une dizaine d'années – 7,4 tonnes/cm³), ensuite son néon en oxygène (4 ans – 50 tonnes/cm³), son oxygène en silicium (1 semaine) ; on finit par obtenir du fer, du chrome, du cobalt, du titane, du vanadium et du manganèse, mais l'étoile ne peut pas fusionner ces derniers éléments. Elle s'effondre alors et les couches externes de l'étoile chutent à une telle vitesse – le quart de celle de la lumière – qu'elles font exploser l'étoile lorsqu'elles rebondissent. C'est la Supernova.

L'enveloppe de l'étoile va se dilater à des vitesses proches des 20 000 km/s. Cette enveloppe est précédée d'une onde de choc qui chauffe le milieu interstellaire. La collision avec le milieu interstellaire freine l'expansion de l'enveloppe. Les ondes issues de ce choc se déplacent vers l'intérieur de l'enveloppe et chauffent la matière à de très hautes températures (environ 500 000 K). On obtient des gaz coronaux. Ils émettent dans le rayonnement Ultraviolet et principalement dans la raie d'oxygène ionisé 5 fois. L'oxygène perd 5 des électrons situés sur la couche externe de l'atome. Dans ces nuages très chauds, les chercheurs ont détecté des gaz à 1 million de degrés dans le rayonnement X.

À la place de l'ancienne étoile, nous pouvons trouver un pulsar, une étoile à neutrons ou encore un mythique trou noir. La densité de ces objets dépasse 10¹⁵ grammes par cm³. Ils sont très lourds, très massifs.

Une étoile à neutrons est un objet dont les électrons, les protons et le noyau ont fusionné pour former des neutrons, nouveaux constituants de l'étoile.

Quant à l'enveloppe, celle-ci se dilate avec le temps. Au début cette bulle céleste mesure quelques Années Lumières, puis

au bout de plusieurs milliers d'années, elle peut mesurer 150 AL, comme les dentelles du Cygne. La vitesse d'expansion décroît aussi avec le temps. Elle passe 20 000 km/s à 50 ou 100 km/s. Ce phénomène de ralentissement comprime le gaz au sein duquel se forment des étoiles. L'enveloppe se trouve illuminée et excitée par les étoiles, obtenant ainsi une nébuleuse diffuse ou région H II, d'où la couleur rouge de ces nébuleuses.

Ces supernovae sont très utiles dans l'Univers puisqu'elles l'ensemencent de matériaux nouveaux : fer, silicium... produits à la fin de sa vie.

Après l'explosion, les noyaux et électrons vont se combiner à volonté pour donner naissance à des molécules d'eau, de méthane et beaucoup d'autres molécules organiques basées sur la chimie du carbone. C'est ainsi que l'Univers s'enrichit de particules dont il ne disposait pas au début.

Exemples :

<i>Nom</i>	Nébuleuse du crabe M1 (Taureau)
<i>Distance</i>	6500 AL
<i>Masse du nuage</i>	1 masse solaire
<i>Diamètre du nuage</i>	10 AL
<i>Vitesse de dilatation externe de l'enveloppe</i>	1800 km /s
<i>Vitesse de dilatation interne de l'enveloppe</i>	700 km /s

Le noyau est devenu un pulsar. Découvert en 1731 par *J. Bevis*, il s'agirait là du rémanent de la supernova de 1054 observée par les chinois.

Il est bien observable avec un télescope de 200 mm, on distingue la forme du nuage.

<i>Nom</i>	Dentelles du Cygne
<i>Distance</i>	1500 à 2500 AL
<i>Masse du nuage</i>	quelques masses solaires
<i>Diamètre</i>	150 AL
<i>Vitesse de dilatation</i>	50 à 100 km /s

Découvert en 1784 par *W. Hershell*. À admirer sur photographie.

Les voiles dans l'hémisphère sud font partie de la même explosion.

<i>Nom de l'étoile</i>	Sanduleak
<i>Distance</i>	160 000 AL, située dans le Grand Nuage de Magellan, à proximité de la Tarentule
<i>Masse</i>	18 masses solaires
<i>Explosion</i>	23 février 1987 à 7 h 36 TU

Et bien évidemment 1987A, la dernière supernova en date dont on cherche encore le résidu trois ans plus tard.

Nuages de molécules

Formation

Après l'explosion d'une supernova, les noyaux d'atomes provenant de l'étoile vont se combiner entre eux, ajouter le nombre nécessaire d'électrons, formant ainsi des molécules organiques basées sur l'oxygène, l'hydrogène, le carbone et l'azote. Ce sont des molécules telles l'éthanol, l'alcool, l'acide formique, l'hydroxyle, etc. Sur Terre, nous retrouvons ces molécules à la base même de la vie.

Caractéristiques

Ces nuages peuvent atteindre des masses supérieures à 100 000 masses solaires. Ils sont souvent entourés d'un nuage de poussières qui protège les molécules du rayonnement des étoiles qui pourrait les briser.

Au début, les astronomes ont découvert dans le spectre visible deux ou trois raies correspondant à l'absorption du rayonnement par des molécules, puis dès l'arrivée de la radioastronomie, ils en ont découvert beaucoup d'autres.

Si ces nuages sont situés près d'une nébuleuse diffuse, on obtient parfois une émission très intense dans une raie. C'est l'effet MASER (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation), analogue à l'effet laser.

Explication succincte de l'effet maser

Toutes les molécules d'un même type vont avoir la dernière couche d'électrons surpeuplée par rayonnement ou par choc. Les électrons vont revenir sur une couche inférieure. Tous les atomes vont faire la même chose en même temps. L'atome va être obligé d'émettre un photon sur une longueur d'onde précise. Le nombre d'atomes étant important, on obtiendra une émission intense et très concentrée dans cette raie. Les astronomes ont déjà trouvé beaucoup d'émissions maser, même dans d'autres galaxies.

Rayons cosmiques

Lorsque des vents stellaires s'échappent des étoiles à des vitesses de 1000 km/s pour entrer en collision avec le milieu interstellaire, ils créent une onde de choc qui accélère les électrons libres à des vitesses proches de celle de la lumière et dispose d'une très grande énergie (l'électron est capable de soulever une brique soit 10^{24} Joules). Ce sont des rayons cosmiques.

Lorsque ceux-ci entrent en collision avec un atome, c'est à dire dans des régions plus denses, ils forcent les atomes à émettre dans le rayonnement *gamma*. C'est en étudiant le ciel aux rayons gamma que l'on peut situer les régions les plus denses de notre galaxie.

La Société d'Astronomie de Nantes

Résolument tournée vers le grand public, la SAN vous propose de découvrir l'astronomie ou d'approfondir vos connaissances dans ce domaine de multiples façons :

- Assister aux exposés d'astronomie présentés lors des réunions du vendredi soir, ouvertes à tous les adhérents, au local de la Société à partir de 20h30.
- Consulter ou emprunter l'un des mille ouvrages que possède le fonds bibliothécaire.
- Participer aux observations de découverte ou de perfectionnement. Vous pouvez également emprunter un instrument.
- Assister aux conférences au cours desquelles des astronomes et astrophysiciens de renom viennent présenter les derniers acquis de leurs travaux.
- Solliciter la SAN pour animer des actions pédagogiques préparées à l'attention de public scolaire ou adulte.
- Visiter les expositions auxquelles la SAN participe régulièrement.
- Apporter votre contribution à la réalisation de travaux pratiques d'astronomie tels que la mesure de la masse de Jupiter ou l'évaluation des altitudes des reliefs lunaires.
- Réfléchir et débattre des grands thèmes de la physique, de l'astrophysique et de la science en général au sein d'un groupe de réflexion théorique.
- Enfin, l'astronomie nécessitant des connaissances et des compétences multiples (en optique, mécanique, électronique, etc.), offrir un peu de votre temps pour la conception ou à la réalisation de projets astronomiques.

Pour participer à ces activités, il vous suffit de devenir adhérent.

La Société d'Astronomie de Nantes est une association fondée en 1971 et régie par la loi de 1901.

LES NÉBULEUSES, JOYAUX CÉLESTES DE LA NUIT

Gwenaël BURBAN

Gwenaël Burban explore les nébuleuses, objets fascinants du ciel nocturne. Il introduit d'abord la spectrométrie, outil essentiel pour comprendre les couleurs et la composition des nébuleuses à travers les raies d'absorption et d'émission. Les nébuleuses diffuses, dites régions H II, sont des nuages d'hydrogène excité par de jeunes étoiles émettant une lumière rouge caractéristique. Les régions H I, elles, contiennent de l'hydrogène non excité, détecté grâce à une émission radio de 21 cm. Les nuages de poussières interstellaires, composés de particules solides, diffusent la lumière et provoquent des effets optiques comme le rougissement. Les nébuleuses planétaires résultent de l'expulsion de gaz par des étoiles en fin de vie. Les supernovae, explosions d'étoiles massives, enrichissent l'espace de nouveaux éléments et produisent des objets compacts comme pulsars ou trous noirs. Elles sont à l'origine de nuages moléculaires riches en composés organiques. Enfin, les rayons cosmiques, particules à haute énergie issues de ces phénomènes, révèlent les zones denses de la Galaxie.



**SOCIÉTÉ
d'ASTRONOMIE
de NANTES**

Société Scientifique d'Éducation Populaire agréée Jeunesse et Sports
35, boulevard Louis Millet - 44300 NANTES - Tél. 02 40 68 91 20 - Fax 02 40 93 81 23
Internet : www.san.asso.fr - E-mail : san@san-fr.com