

## Essai de détermination de distance d'une nébuleuse planétaire par photométrie

Jamon Jessica, Lamiable Alexandre, Laporte Nicolas, Toporenko Fany  
Lycée de Chamalières - Professeur : Bouteville Gilles

**Résumé :** Les nébuleuses planétaires sont des enveloppes gazeuses, résidus d'évolution, de formes plus ou moins sphériques, qui entourent certaines étoiles chaudes en fin de vie. C'est le rayonnement de l'étoile centrale, riche en UV qui excite le gaz de l'enveloppe.  
Par l'observation photométrique en deux couleurs (bleu et jaune), nous tentons de retrouver les propriétés de la nébuleuse de la Lyre et d'estimer sa distance.

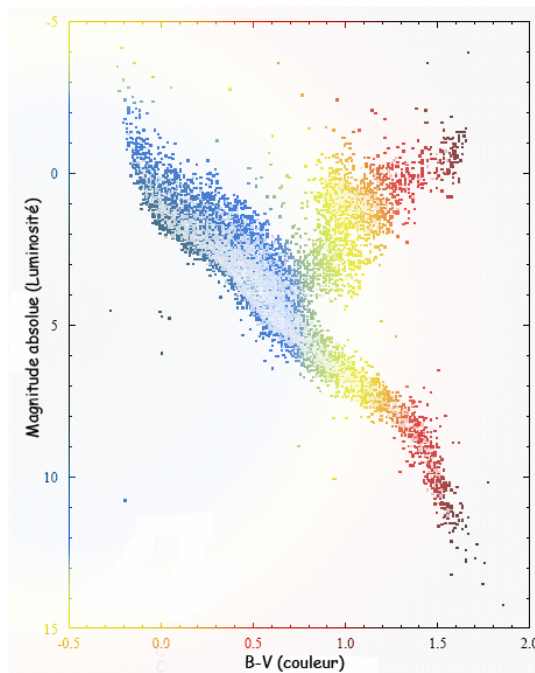
Entre 1911 et 1913, l'astronome Danois *Ejnar Hertzsprung* (1873-1967) et l'Américain *Henry Russell* (1877-1957) firent, chacun de leur côté, une découverte de la première importance : Il s'agissait de la représentation graphique de la magnitude absolue en fonction du type spectral (ou de la température) pour quelques centaines d'étoiles dont l'éloignement avait été déterminé par parallaxe.

Par ce diagramme "HR", relativement simple, on réussit à pénétrer le secret de la vie des étoiles, à reconnaître celles qui sont tout juste nées, celles qui sont adultes ou encore celles qui sont sénescentes, à établir le degré d'évolution atteint par des rassemblements d'étoiles (encore appelés *amas stellaires*), à attribuer à certains de ceux-là un âge de plusieurs milliards d'années, et à d'autres un âge de seulement quelques millions d'années.

### Le principe

La lumière émise par une étoile peut être décrite approximativement par le modèle de rayonnement du « corps noir ». Une étoile chaude rayonne plus d'énergie dans le domaine spectral bleu (courte longueur d'onde) que dans le jaune (grande longueur d'onde).

En considérant que ce diagramme exprime une loi statistique applicable à toutes les étoiles, nous pouvons nous en servir pour en déduire la distance d'étoiles trop lointaines pour qu'on puisse déterminer leur parallaxe trigonométrique. Le diagramme HR peut nous indiquer sa magnitude absolue  $M$  à partir de la couleur de l'étoile. Si nous



crédit: ESA-HIPPARCOS

mesurons la magnitude apparente  $m$ , nous pouvons déterminer sa distance réelle.

« Donnez-moi la magnitude absolue d'un astre et je vous dirai à quelle distance il se trouve », pourrait-on dire en paraphrasant Archimède.

$$d = 10^{\left(\frac{m-M+5}{5}\right)}$$

avec :

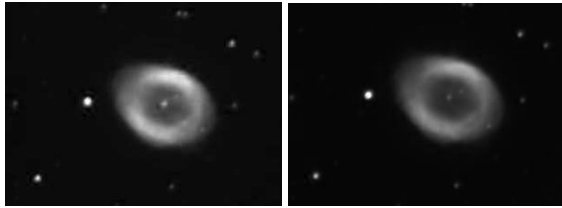
$m$  la magnitude apparente ( ou visuelle) de l'étoile,

$M$  la magnitude absolue de l'étoile,

$d$  la distance de l'étoile en parsec (1 pc=3,26 a.l.).

## Les mesures

Des photographies furent prises à travers deux filtres (B, V) au télescope de 120 cm de l'Observatoire de Haute-Provence, du 22 au 26 avril 2002.



Photographies en B et V prises à l'OHP.



Image trichrome de la nébuleuse planétaire. L'image en couleur est reconstruite à partir de plusieurs filtres (BVR). L'enveloppe gazeuse montre l'abondance de quelques éléments présents : hydrogène (rouge), azote (vert) et oxygène (bleu).

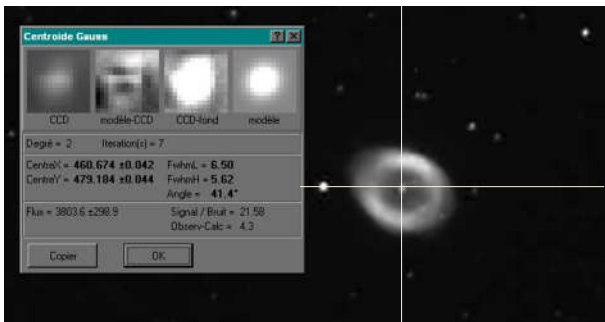
## Magnitudes et indice de couleur

Sur la photographie on cherche une étoile de référence pour laquelle on connaît la magnitude bleue  $B_{ref}$  et visible  $V_{ref}$  (catalogues).

Sur chaque cliché, on mesure avec le logiciel Prism 5.0, les flux lumineux,  $f_{ref}$ , et  $f$  (en unité arbitraire), de l'étoile de référence et de l'étoile centrale de la nébuleuse, respectivement.

La relation de Pogson permet alors d'estimer les magnitudes de l'objet étudié :

$$m - m_{ref} = 2,5 \log \left( \frac{f_{ref}}{f} \right)$$



pour chaque filtre. On en déduit alors les magnitudes apparentes B et V et l'indice de couleur :  $B - V$ .

## Résultats

Le tableau ci-dessous résume les calculs. On trouve que les magnitudes apparentes de M57 sont  $B=11,9 \pm 0,1$  et  $V=12,5 \pm 0,1$ . L'indice de couleur est donc environ  $B-V = -0,6 \pm 0,2$ . Cette "couleur" est extrêmement négative, donc très bleue, même si elle est très incertaine. La température est donc extrêmement élevée.

En utilisant un diagramme HR, l'indice  $B-V$  en abscisse permettrait d'évaluer en ordonnée la magnitude absolue  $M$  de l'étoile. La pointe extrême la plus bleue de la région des nébuleuses planétaires dans le diagramme HR correspond à  $M \approx 1$ . Cette valeur conduirait à une distance  $d=2000$  pc, trois fois la distance estimée par la méthode des parallaxes géométriques (Hipparcos).

## Rappel sur l'évolution d'une étoile

Après avoir quitté la séquence principale et être remontée vers les géantes rouges, l'étoile se déplace vers la gauche et perd son atmosphère. Son noyau se contracte en s'échauffant. Lorsque la température de surface atteint ou dépasse les 25 000 K, les radiations, riches en UV, illuminent l'atmosphère précédemment expulsée et on observe alors une nébuleuse planétaire (en haut à gauche du diagramme).

Plus tard, le noyau se refroidira et se contractera, jusqu'à devenir une naine blanche, puis brune.

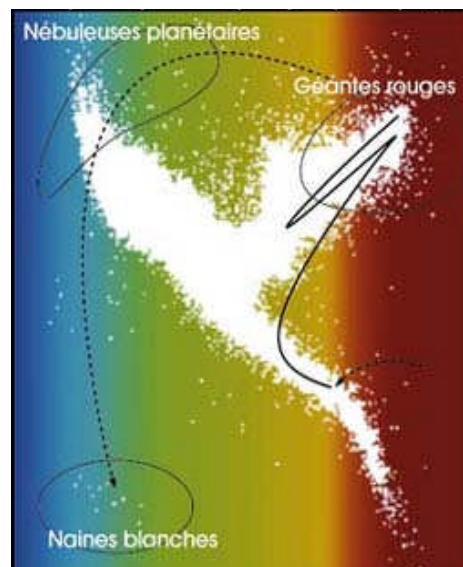


Diagramme HR, magnitude absolue en fonction du type spectral (ou de la température effective).

	Flux (unité arbitraire)		magnitude apparente		indice de couleur B-V
	B	V	B	V	
Étoile de référence (Hip1097)	179150±3323	391009±5278	11,67±0,06	11,03±0,06	
Nébuleuse de la Lyre (M57)	130288±3662	87208±3560	11,9±0,11	12,54±0,12	-0,65±0,17

### Note de la rédaction

La mesure des distances des nébuleuses planétaires est extrêmement difficile et, sauf dans de rares cas où la nébuleuse est accessible à des mesures de parallaxes géométriques, on a recours à des méthodes indirectes (nébuleuse dans un amas ou associée à une étoile compagnon).

Le résultat de cet article montre que l'étoile centrale d'une nébuleuse planétaire est une étoile relativement peu lumineuse en dépit de sa température très élevée (indice de couleur très négatif).

Bien que l'application aux nébuleuses planétaires comporte une très large incertitude, le diagramme HR reste malgré tout, un instrument précieux pour l'évaluation des distances des étoiles classiques.

Les étoiles naines de la séquence principale étant les plus nombreuses on peut calculer les distances stellaires par la méthode exposée, en supposant que toutes les étoiles sont des étoiles naines.

## Questions d'enfants

### Pourquoi les étoiles et la Lune brillent-elles ?

G. Paturel, sur une idée de Jean Ripert et Francine Billard

Prenons l'exemple du Soleil en train de se former à partir de la matière interstellaire. Il faut savoir que tous les éléments de matière s'attirent les uns les autres. C'est ce qu'on appelle la *gravitation*. Quand la matière s'est suffisamment agglomérée sous l'effet de la gravitation, la pression s'est mise à augmenter

beaucoup. La température a augmenté, comme dans une pompe à vélo dans laquelle on comprime de l'air. Les atomes se sont rapprochés



les uns des autres et se sont entrechoqués avec des vitesses de collisions énormes, à un point tel, qu'ils ont pu *fusionner*. Or, cette fusion libère beaucoup d'énergie. C'est la même énergie que celle des bombes thermonucléaires (bombes H). Cette énergie énorme est responsable de la lumière des étoiles.

Se passe-t-il la même chose au cœur de la Lune ou de la Terre? Non. La Lune, comme la Terre, n'a pas dans son cœur de réactions de fusion, comme celles qui se produisent au cœur du Soleil. Pourtant la Lune brille aussi. Comment est-ce possible ?

En fait c'est très simple. La Lune est éclairée par le Soleil et sa surface nous renvoie une partie de la lumière. Une boule d'un sapin de Noël ne produit pas de lumière et



pourtant on la voit briller, car elle renvoie la lumière des lampes placées tout autour. Il en va de même pour la Lune et les Planètes. Il n'y a qu'une seule grosse lampe dans le système solaire : le Soleil.