

TD Dépouillement et analyse de spectres

Objectifs :

- Découvrir les logiciels Isis¹, VisualSpec² et Fityk³ dédiés au traitement et à l'analyse des spectres.
- Traiter des images précédemment acquises au Centre d'Astronomie de La Couyère.
- Déterminer le rendement du système {spectromètre + télescope + fond de ciel}.
- Construire le profil de raies spectrales de la nébuleuse planétaire NGC 6543.
- Identifier quelques éléments chimiques à l'aide du logiciel VisualSpec.
- Évaluer quelques paramètres physiques de la nébuleuse.
- Comparer les résultats avec ceux donnés par la publication de Bruce Balick⁴
- Étudier le spectre d'une étoile symbiotique.

1. Configuration du logiciel Isis et visualisation des images

1.1. Configuration

- Configuration : Modèle de spectrographe.
- Configuration : Répertoire de travail.
- Configuration : Répertoire de la base spectrale.
- Configuration : Région spectrale pour la mise à l'échelle du profil.
- Général : Suffixes objet et étalonnage.

Note : pour que les données soient prises en compte, quitter et relancer le logiciel.

1.2. Visualisation des images

- Images : Charger quelques images de spectres (étoile et néon), noirs, flats et offsets.

2. Spectre de l'étoile de référence

2.1. Images maîtres

- Maîtres : Obtention des images d'offset, noir, flat-field et fichier cosmétique.

2.2. Paramètres

- Images : Charger la première image brute de l'étoile de référence hd158460-1.fit
- Général : Images à traiter → Nom générique, Étalonnage, Offset, Flat, Dark.
- Général : Paramètres de traitement → Taille du pixel, Fichier cosmétique.
- Général : Étalonnage spectral → Loi de dispersion calculée.
- Général : Sortie → Matériel et nom de l'observateur.

2.3. Étalonnage des spectres

- Étalonnage : Image à traiter → Coordonnée Y du spectre (Auto).
- Étalonnage : Image à traiter → Ajustement de la zone de binning.
- Étalonnage : Image d'étalonnage → Smile.
- Étalonnage : Assistant d'étalonnage.

2.4. Calcul de la réponse du système

- Étalonnage : Assistant réponse.

2.5. Traitement de l'étoile de référence

- Général : Vérifier que les rubriques ont été correctement renseignées.
- **Go : Lancer le traitement.**
- Profil : Visualiser le profil spectral final.

1 Christian Buil : <http://www.astrosurf.com/buil/isis/isis.htm>

2 Valérie Desnoux : <http://www.astrosurf.com/vdesnoux/>

3 Fityk : <http://fityk.nieto.pl/>

4 http://www.astro.washington.edu/courses/astro421/SciPapers/MS_PostMS/understanding_catseye.pdf

3. Spectre de la nébuleuse NGC 6543

3.1. Paramètres

- Images : Charger la première image brute de la nébuleuse ngc6543-1.fit
- Général : Images à traiter → Nom générique, Étalonnage, Offset, Flat, Dark.
- Général : Étalonnage spectral → Loi de dispersion calculée.

3.2. Traitement de la nébuleuse

- Go : Lancement du traitement.
- Profil : Visualiser le profil final de la nébuleuse.
- Profil : Découpage du profil.
- Profil : Sauvegarde du profil aux formats .fit et .dat
- Profil : Soustraction du continuum.
- Profil : Sauvegarde du profil dont le continuum a été retiré.

4. Identification des raies spectrales avec VisualSpec

4.1. Configuration de VisualSpec (Choix du répertoire de travail)

4.2. Identification des raies spectrales

- Identifier les principales raies H α , H β , H γ , [OIII], [NII] et [SII].
- Placer ces raies avec leur longueur d'onde sur le profil de raies de NGC6543 (document fourni).

5. Évaluation de quelques paramètres physiques de la nébuleuse NGC 6543

5.1. Intensité des raies spectrales proposées dans le tableau I.

- Lancer le logiciel Fityk.
- Charger le fichier de données .dat de la nébuleuse NGC 6543.
- Choisir une raie spectrale (fonction de zoom).
- Construire une ou plusieurs courbes de Gauss (fonction Fit gaussien).
- Mesurer l'aire totale des différentes courbes obtenues.

5.2. Résultats

- Consigner les intensités mesurées dans le tableau I (ou feuille de calcul d'un tableur).
- Calculer les intensités normalisées à $I(H\beta) = 100$ et compléter le tableau I (ou feuille de calcul).
- En déduire les valeurs du décrément de Balmer observé ; compléter le tableau II (tableur).

5.3. Calcul des intensités corrigées du rougissement

- À l'aide des formules ci-dessous, calculer le coefficient d'extinction logarithmique, l'excès de couleur, les intensités et le décrément de Balmer corrigés de l'extinction interstellaire.
- Compléter les tableaux I, II et III (ou la feuille de calcul).

Note : Il est peut-être judicieux d'utiliser un tableur pour effectuer les calculs.

Quelques formules tirées de la littérature scientifique

Coefficient d'extinction logarithmique $c(H\beta) = 3,08 \log I(H\alpha)_{\text{observé}} - 7,55$ H β normalisé à 100

Excès de couleur $E(B-V) = \frac{c(H\beta)}{1,46}$ A. Acker

Intensité corrigée $I_c = I_n \cdot 10^{c(H\beta) \cdot f(\lambda)}$ Kaler 1976

Fonction $f(\lambda)$ $f(\lambda) = 2,5634 \cdot \lambda^2 - 4,8735 \cdot \lambda + 1,7636$

λ en micromètres

5.4. Température électronique T_E

En déduire le rapport des intensités $R[\text{OIII}]$ et la température électronique T_E ; compléter le tableau p5.

$$R[\text{OIII}] = \frac{I(5007) + I(4959)}{I(4363)} \quad T_E = \frac{3,29 \cdot 10^4}{\ln(R[\text{OIII}]/8,32)} \quad \text{A. Acker}$$

5.5. Densité électronique N_E

Calculer le rapport des intensités $R[\text{SII}]$ et la densité électronique N_E ; compléter le tableau p5.

$$R[\text{SII}] = \frac{I(6717)}{I(6731)} \quad N_E = 100 \cdot \sqrt{T_E} \cdot \left(\frac{R[\text{SII}] - 1,49}{5,62 - 12,8 \cdot R[\text{SII}]} \right) \quad \text{A. Acker}$$

5.6. Rapports d'intensités

Calculer les rapports des intensités $[\text{OIII}]/\text{H}\alpha$, $\text{H}\beta/\text{H}\alpha$, $\text{H}\epsilon/\text{H}\alpha$, $[\text{OIII}] 4363/5007$ et $[\text{OIII}]/[\text{NII}]$
Compléter le tableau p5.

Questions :

1. La valeur calculée de l'excès de couleur est-elle en accord avec l'approximation de Bruce Balick ?
2. les valeurs numériques calculées sont-elles cohérentes avec les valeurs affichées dans la publication de Bruce Balick ? Commenter.

6. Étude du spectre de l'étoile symbiotique Ag Dra

6.1. Rechercher les types spectraux de l'étoile Ag Dra et de l'étoile de référence HD 145454.

6.2. Traitement des images et obtention du profil spectral avec le logiciel ISIS.

→ Déterminer la réponse du système avec l'étoile de référence HD 145454.

Notes :

- Suivre les instructions des paragraphes 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 et 2.5.
- On rappelle qu'avec l'assistant réponse, l'étoile de référence doit être comparée à une étoile de la base de donnée de même type spectral.

→ Traiter les images de l'étoile symbiotique Ag Dra et déterminer son profil spectral final.

Note :

- Suivre les instructions des paragraphes 3.1 et 3.2, mais sans faire la soustraction du continuum.

6.3. Identification des raies spectrales

→ Identifier quelques principales raies spectrales à l'aide du logiciel VisualSpec.

6.4. Analyse

- a) Les allures des continuums de l'étoile symbiotique et de l'étoile de référence HD 145454 sont-elles en accord avec leur type spectral ? Justifier.
- b) Ne semble-t-il pas y avoir contradiction entre le type spectral de cette étoile et la présence de raies d'émission ?
- c) Comment explique-t-on la présence de raies d'émission ?

Références

- Astronomie Astrophysique, A. Acker Ed 2013 Dunod (p 315,316,317)
- <http://www.astronomie-amateur.fr/feuilles/Spectroscopie/NGC2392.html>
- Kaler J.B. , 1976, ApJS, 31, 517

NGC 6543

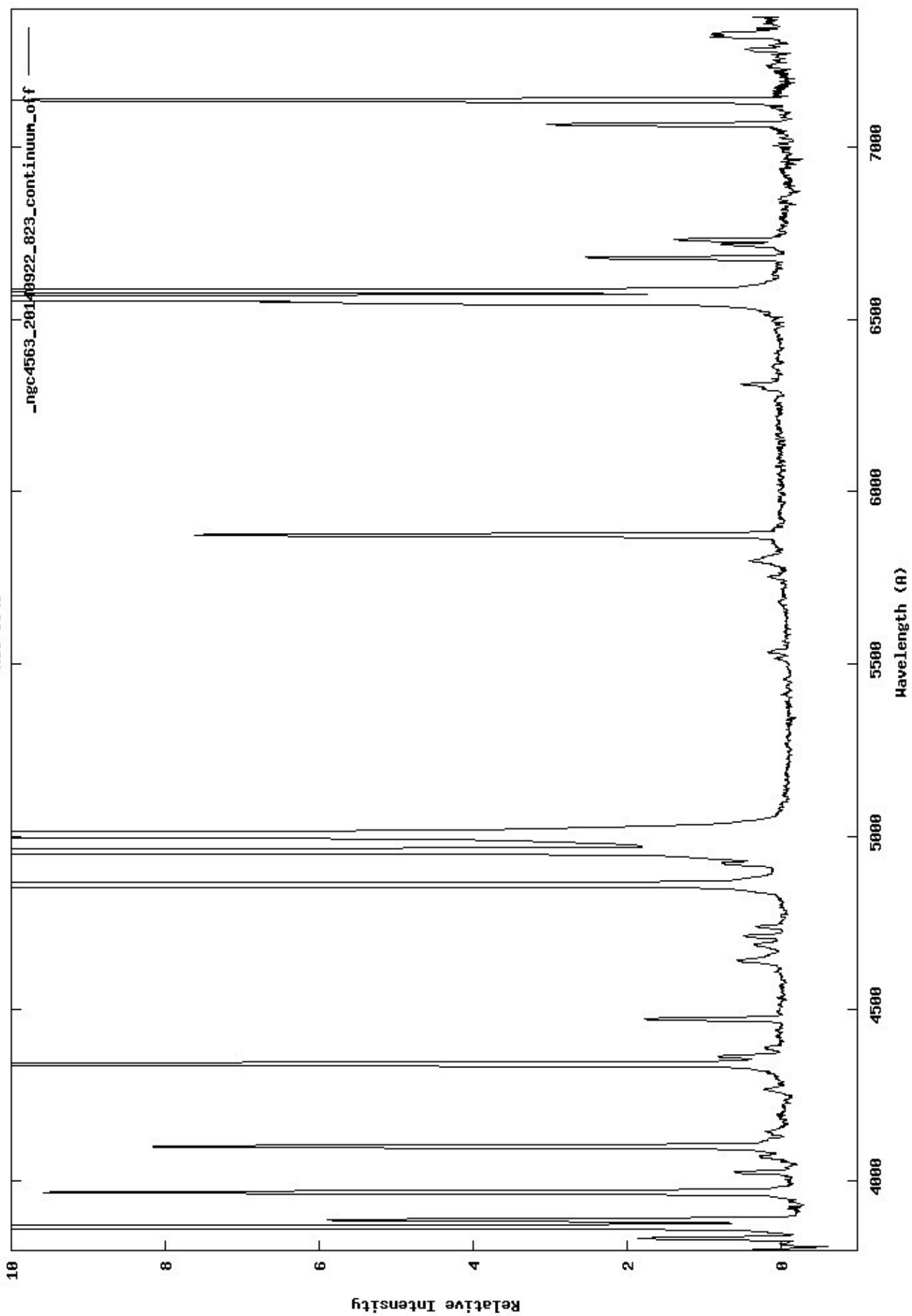


Tableau I

Résultats				
Longueur d'onde (μm)	Élément	I mesurée	I normalisée	I corrigée
0,4340	Hγ			
0,4363	[OIII]			
0,4861	Hβ			
0,4959	[OIII]			
0,5007	[OIII]			
0,5876	HeI			
0,6563	Hα			
0,6583	[NII]			
0,6717	[SII]			
0,6731	[SII]			

Tableau II

Décrément de Balmer			
Raies de Balmer	Décrément observé	Décrément théorique	Décrément corrigé
Hγ		0,47	
Hβ		1,00	
Hα		2,85	

Tableau III

Coefficient d'extinction	Rougisement E(B-V)

Paramètres physiques

R[OIII]	T _E (K)
R[SII]	N _E

Rapports d'intensités

[OIII] / Hα	Hβ / Hα	HeI / Hα	[OIII] 4363 / 5007	[OIII] / [NII]

NGC 6543. I. UNDERSTANDING THE ANATOMY OF THE CAT’S EYE¹

BRUCE BALICK

Department of Astronomy, University of Washington, Box 351580, Seattle, WA 98195; balick@astro.washington.edu

Received 2003 September 22; accepted 2003 December 30

ABSTRACT

Hubble Space Telescope images of NGC 6543 taken in 1994.7 through a variety of narrowband filters yield a very detailed structure in emission lines of low and moderate ionization. On the whole, the core of NGC 6543 is optically thin to ionizing radiation. As expected, the general ionization state of the nebula decreases with radius; however, some of the fluctuations are unexpectedly large in scale and impressive in their complex geometries. Other sinewy or arclike features near the edge of the core, known as the “caps,” “ansae,” and “jets,” are extremely low in ionization. The images show that they are made up of closely packed complexes of very dense knots whose recombination times are $\lesssim 10$ yr. Furthermore, we find thin and perfectly radial features that we interpret as ionization shadows behind many of the dense knots. Image ratios show no detectable microscopic or macroscopic changes in electron temperature T_e seen in the [O III] lines even though the densities probably range between 10^3 and 10^5 cm^{−3} in various regions. Finally, no internal variations of extinction or the He⁺/H⁺ ratios are found within the core.

Key words: planetary nebulae: general — planetary nebulae: individual (NGC 6543) — stars: AGB and post-AGB

4. STRUCTURE OF THE CORE

4.1. Global Properties

The emission line fluxes of the core were obtained by integrating the flux per pixel over the core. Lines and the logarithm of their integrated absolute core fluxes (in ergs cm^{−2} s^{−1}) are [O II] (−9.72), [O III]* (−10.84), H β (−9.522), [O III] (−8.805), He I (−10.22), [O I] (−10.90), H α (−9.095), [N II] (−9.914), and [S II] (−10.50). The central star was blanked for these estimates. The errors are dominated by systematic errors, and are probably on the order of 5%–10%. Since the H α /H β ratio is 2.7—very close to the case B recombination value—we shall assume that reddening is negligible [n.b., Middlemass, Clegg, & Walsh 1989 find $c(\text{H}\beta) = 0.2$].

[O III]* $\lambda 4363$ / [O III] $\lambda 5007$: This ratio is exponentially sensitive to the local electron temperature $T_e(\text{O}^{++})$. Carefully calibrated line ratios show that $T_e(\text{O}^{++}) \approx 8000$ K throughout the core (B94; LHB97). There is no sign of any significant variation in the [O III]*/[O III] ratio in regions where the [O III]* line is well above background noise. An upper limit to the rms fractional temperature-square fluctuation is of order 1%. This is obvious from the one-dimensional plots in Figure 2.

Figure 2

