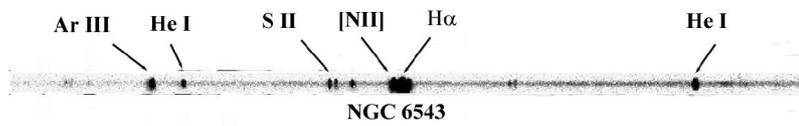
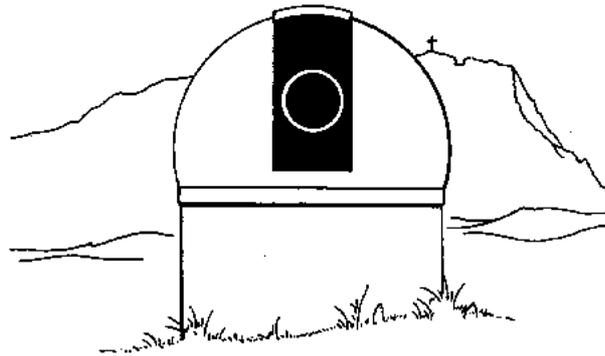


La spectroscopie appliquée aux nébuleuses planétaires



par
Benjamin MAUCLAIRE

♠ Introduction :

- 1864 et 1897 : découverte du *nébulium* par W. et M. HUGGINS
- 1927 : BOWEN explique l'origine de ces raies vertes
→ notre but

♠ Intérêts de la spectroscopie :

- Les astres ne sont pas atteignables → pas d'analyse
⇒ *Il faut alors faire parler la lumière*
- Réponse à : *Pourquoi un astre est-il lumineux ?*

♠ D'où vient la lumière :

- Relation couleur-température
 - Métal chaud ⇒ couleur rouge
→ **La couleur renseigne sur la température**
 - Energie du photon : $E = \frac{hc}{\lambda}$ → **Correspondance**

TEMPÉRATURE ↔ COULEUR ↔ LONGUEUR
D'ONDE λ
- “*Quantification*” de l'énergie des atomes
 - Les électrons se trouvent sur des “orbites” : **niveaux**
→ l'énergie ne possède que certaines valeurs
- Changement “d'orbite” ⇔ **transition électronique**
→ **naissance d'une raie** par l'émission ou absorption d'un photon

♠ Matière brillante ou noire :

1. Spectre d'émission :

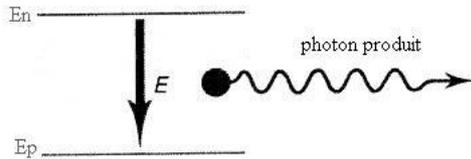


Fig. 1 : Emission d'un photon.

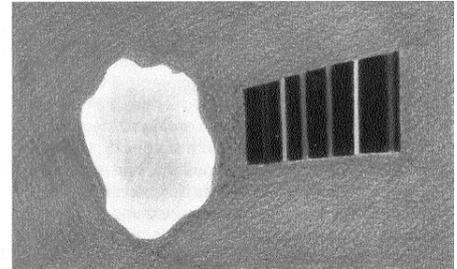


Fig. 2 : Spectre d'émission.

2. Spectre d'absorption :

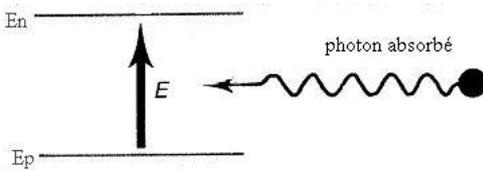


Fig. 3 : Absorption d'un photon.

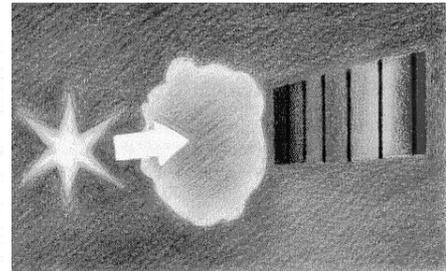


Fig. 4 : Spectre d'absorption.

♠ Les effets des conditions physiques :

- Eloignement ou rapprochement de l'objet → décalage des raies
- Déplacement du gaz → dédoublement de raies
- La pression électronique → intensification de raies
- Champs magnétique et électrique → raies triplées
- Nature binaire ou non de la centrale → dédoublement de raies et autres

♠ Les mécanismes de rayonnement :

1. Photo-ionisation et recombinaison :

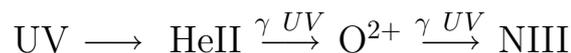
- Le rayonnement UV **ionise** la matière
- Capture de l'électron libre par H^+ : “**recombinaison**”
 - Arrivée directe en $E_0 \longrightarrow$ spectre continu
 - Descente en sauts \longrightarrow spectre d'émission
 - raies de BALMER, LYMAN, etc

2. Excitation des raies interdites :

- Électron libre \longrightarrow **collision avec O^{2+}**
- **Niveau excité instable** \implies raies permises (BALMER)
- **Niveau excité métastable** \implies raies interdites
 - [OIII], [NII], [NeIV], ...
 - désexcitation spontanée : qcq s à qcq heures
 - milieu dense \implies choc
 - \longrightarrow désexcitation avant qu'ait lieu l'émission spontanée
 - Vide absolu impossible sur Terre \longrightarrow “interdites”

3. Émission par fluorescence :

- Désexcitation avec **émission de photon UV**



- Ions concernés : HeII, O^{2+} , NIII

♠ Ce que l'on peut obtenir de la spectroscopie :

- Détermination des espèces chimiques
 - Un faible continuum produit par l'étoile centrale
 - H_α et H_β (raies de Balmer de l'Hydrogène) : $\lambda=6563\text{\AA}$ et 4861\AA
 - $[N^+] = [NII]$: $\lambda=6548\text{\AA}$ et 6584\AA
 - $[O^+] = [OII]$: $\lambda=7319\text{\AA}$ et 7330\AA
 - $[O^{++}] = [OIII]$: $\lambda=4959\text{\AA}$ et 5007\AA
 - S II : $\lambda=6716\text{\AA}$ et 6731\AA
 - He : $\lambda=5875\text{\AA}$
 - H_β : $\lambda=4861\text{\AA}$
 - ArIII : $\lambda=7136\text{\AA}$ et HeI : $\lambda=5875, 6677$ et 7065\AA

- Distribution des ions

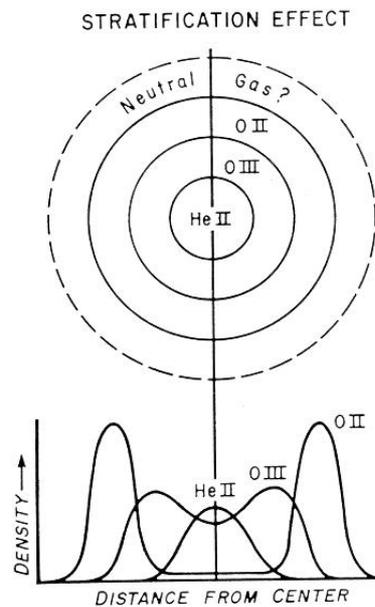


Fig. 5 : Sphères de Strömgren.

- Vitesse radiale : $\frac{v}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$
- Abondance d'une espèce : largeur à mi-hauteur des raies
- Température électronique : $T_{elec} = \frac{I_{n_{[OIII]'}}}{I_{n_{[OIII]''}} + I_{n_{[OIII]'''}}}$
- Densité électronique : $D_{elec} = \frac{I_{n_{[SII]'}}}{I_{n_{[SII]''}}}$

♠ Applications pratiques :

– La spectro visuelle :

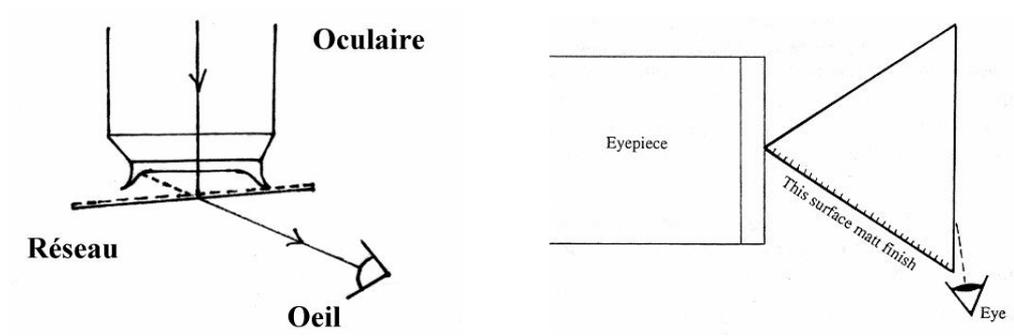


Fig. 6 : Observation à travers un réseau. Fig. 7 : Avec un prisme.

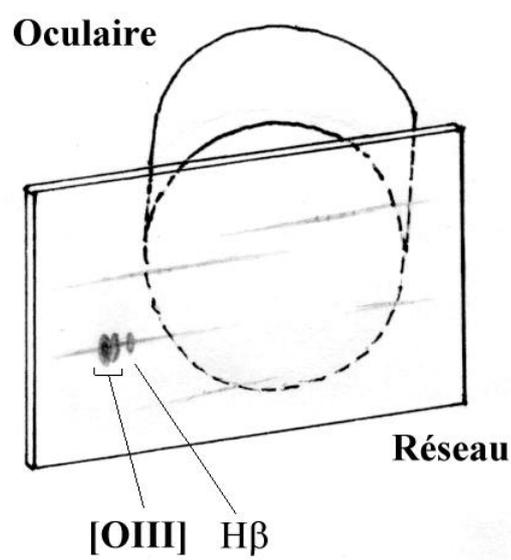


Fig. 8 : Spectre visuel de NGC 7662 au T450 à 287x.

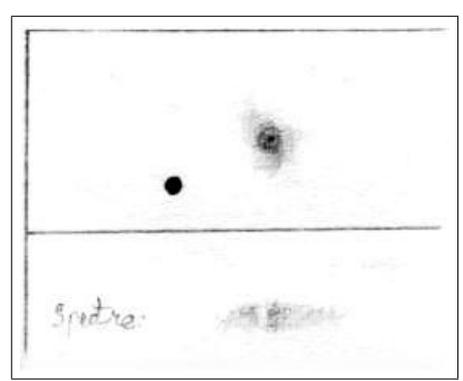


Fig. 9 : Spectre et nébulosité de l'étrange Frosty Leo.

– La campagne d'étude de NOVAE :

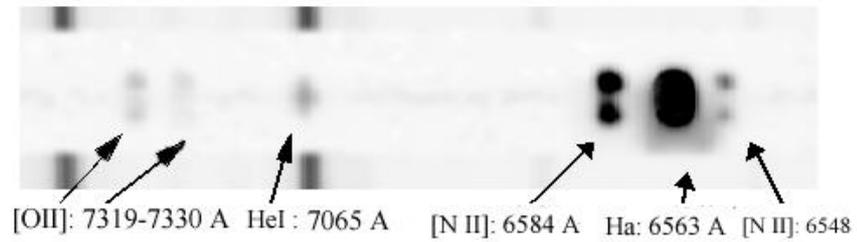


Fig. 10 : Spectre de NGC6543 en H_{α} .

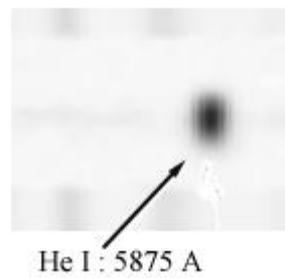


Fig. 11 : Spectre de NGC6543 en HeI.

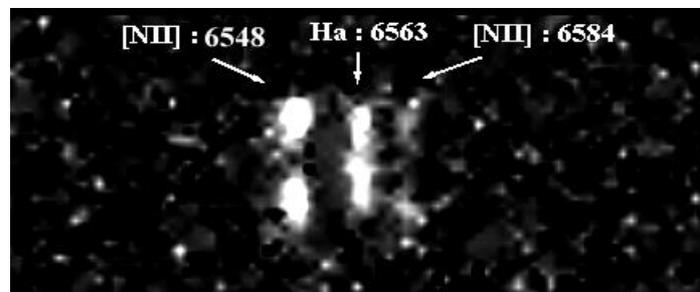


Fig. 12 : Spectre de M57 en H_{α} .

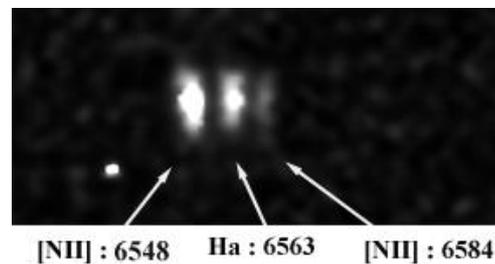


Fig. 13 : Spectre de M76 en H_{α} .

♠ Conclusion :

- La spectro \longrightarrow c'est sympa !
- Facile à mettre en œuvre
- La lumière n'a plus de mystères
- On obtient des renseignements sur des objets distants

