

Méthodes optiques pour l'étude de la lumière

niveau : CPGE / L2

pré-requis : optique géométrique : construction des rayons lumineux, approximation de Gauss
• relations, formule des nœuds
• effet Doppler
la loi de Wien

I Instruments d'observation

1) Lunettes

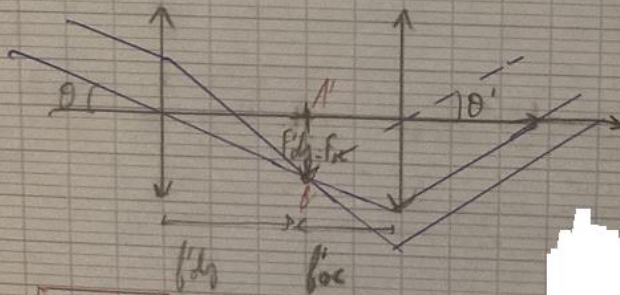
$$G_{\text{œil}} = 1'$$

→ relations d'instruments d'optique

systèmes afocaux : $f'_{\text{objet}} = f_{\text{oculaire}}$

$$\infty \xrightarrow{\text{(objet)}} f'_{\text{obj}} = f_{\text{oc}} \rightarrow \infty$$

Lunette astronomique



$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

$$\tan \theta' \approx \theta' = -\frac{AB'}{f_{\text{oc}}} \quad \text{et} \quad \tan \theta \approx \theta = \frac{AB}{f_{\text{obj}}} \Rightarrow G = -\frac{f_{\text{obj}}}{f_{\text{oc}}}$$

application numérique : observation de Héraclès, $f_{\text{obj}} = 16 \text{ m}$, $f_{\text{oc}} = 2 \text{ cm} \Rightarrow G = 800$

2) Limite de résolution

Une image est limitée par la diffraction des montures de l'objectif/oculaire

critère de Rayleigh: $d > d_m = \frac{1,22 \lambda l}{2R}$

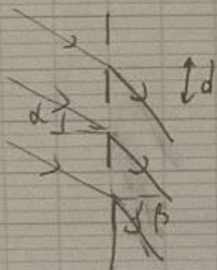
application numérique: $\epsilon = \frac{d}{l} = \frac{1,22 \lambda}{2R}$

$\lambda = 0,55 \mu\text{m}$, $R = 30 \text{ cm} \Rightarrow \epsilon = 0,2''$
 $R = 5 \text{ m} \Rightarrow \epsilon = 0,006''$

autres limitations: perturbations atmosphériques

II Spectrométrie

1) Réseaux



$\sin \beta = \sin \alpha + \frac{\lambda}{d}$ (formule des réseaux)

2) Interprétation des spectres

On étudie le spectre d'une étoile (le Soleil):

→ position des raies: liée à une transition énergétique caractéristique des éléments qui composent l'étoile

- fond continu du spectre: loi de Wien: $\lambda_{\text{max}} = \frac{2,9 \times 10^{-3}}{T}$
- détection d'explosions: par effet Doppler

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$$

Méthodes optiques pour l'étude cellulaire

I Instruments d'optique

1) Limite de résolution

Rays

Figure

oval

diaphragme d'ouverture \rightarrow limitation de la lumière reçue

(1) et limitée par le diaphragme circulaire de sa machine de rayon \rightarrow chaque image est donc entourée d'une tache de diffraction, appelée tache d'Airy.

Pour distinguer les deux taches, la distance entre les deux sources doit être assez grande.

On définit alors le critère de Rayleigh: si la distance entre les deux sources est inférieure au rayon du premier anneau noir de la tache d'Airy, les taches d'Airy et les images ne sont plus séparées.

On note ϵ l'angle sous lequel sont vus les segments S_1S_2 et $S_1'S_2'$. θ l'écart angulaire entre le centre du maximum principal et le premier maximum nul d'une tache d'Airy.

La séparation est obtenue si $\epsilon > 0$, c'est-à-dire: $d > \frac{1,22\lambda |p|}{2R}$

à la limite de résolution, $\epsilon = 0$:

$$d_m \approx \frac{1,22\lambda |p|}{2R} \rightarrow \text{valeur que donne l'approximation de Gauss}$$

Figure

avantages du télescope par rapport à la lunette:

- miroirs sphériques \Rightarrow évite les phénomènes de dispersion et les aberrations chromatiques

- diamètre d'ouverture plus grands (jusqu'à 10 m contre 50 cm pour une lunette)

$$\epsilon = \frac{d}{|p|}$$
$$\theta = 1,22 \frac{\lambda}{2R}$$

Pour 2 objets célestes voisins dans le ciel ou 2 points en surface d'un objet, le critère de séparation ne peut être qu'angulaire.

Le diamètre angulaire de la lumière de l'objet et seul responsable de la diffraction.

limite de résolution: $E_m = \frac{1,22 \lambda}{2R}$

pour $\lambda = 0,55 \mu\text{m}$, $R = 30 \text{ cm}$, $E_m \approx 1,12 \times 10^{-6} \text{ rad} \approx 0,2'' \text{ d'arc}$.

limite pratique

Avec un télescope de 10 m de diamètre: $E_m \approx 0,006'' \text{ d'arc}$.

limites pratiques: • limite due aux perturbations atmosphériques (traversee de zones d'air froid...)

en l'absence de turbulence, le télescope peut résoudre des détails environ 100 fois plus fins qu'en présence de turbulence.

• limite due à la structure granulaire du récepteur (œil, CCD...)

objet ponctuel $\xrightarrow{\text{instrument}}$ tâche d'Airy (maximum principal)

Si la tâche d'Airy d'une image se forme sur plusieurs pixels, la limite de résolution est imposée par l'instrument optique; si elle se forme sur un seul pixel, le récepteur impose la limite de résolution.

→ 2 images sont séparées si la distance entre les centres des images est supérieure à la distance entre deux grains voisins.

oral