



Généralités : optique, lumière, astronomie ₁

Quelques généralités sur l'œil

- La pupille de l'œil a un diamètre maxi de 7mm
- La rétine est tapissée de capteurs :
 - Cônes => sensibles aux couleurs, dans l'axe optique d'où l'intérêt de regarder légèrement à côté de l'objet visé lorsqu'il fait sombre
 - Bâtonnets => sensibles à la lumière, distinguent les niveaux de gris
 - Pouvoir séparateur de l'ordre d'1' avec un bon éclairage, qui monte vers 10' quand il y a peu de lumière



Quelques généralités d'optique

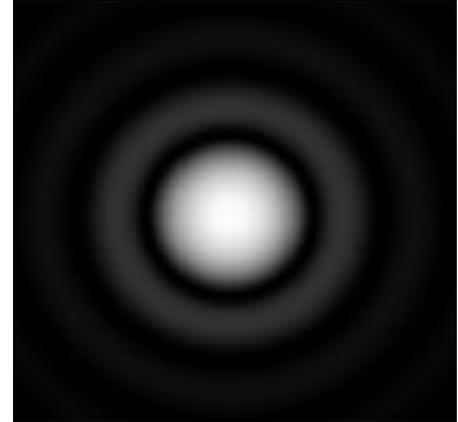
- Pour la suite, soit les notations suivantes :
 - D = diamètre du télescope ou de la lunette
 - F = focale du télescope ou de la lunette
 - f_{oc} = focale de l'oculaire utilisé



Quelques généralités d'optique

- Pouvoir séparateur d'un télescope ou d'une lunette :

- Au travers d'un instrument l'image d'une étoile n'est pas un point mais une figure d'Airy par diffraction
- Le pouvoir séparateur est la distance angulaire entre deux étoiles en deçà de laquelle les deux étoiles sont confondues
- Le pouvoir séparateur d'un télescope ne dépend que de son diamètre à une longueur d'onde donnée
- $PS(\text{rd}) = 1.22 \lambda/D$, soit
- **$PS(") = 14/D(\text{cm})$** à la longueur d'onde de 550nm, maximum de sensibilité de l'œil



Notion de grossissement équipupillaire

- L'utilisation d'un télescope de focale F et d'un oculaire de focale f_{oc} donne un grossissement $G = F/f_{oc}$
- Le diamètre de l'image en sortie de l'oculaire vaut alors D/G
- Le grossissement équipupillaire G_e d'un ensemble télescope/oculaire est celui qui donne une image en sortie d'oculaire dont le diamètre est égal au diamètre de la pupille de l'œil (7mm)
 - $G_e = D(\text{mm})/7$
 - ex. : avec un télescope de 200mm, $G_e = 28$
 - à un grossissement inférieur l'œil diaphragme
 - $G_e = G_{\min}$



Notion de grossissement résolvant

- Le PS d'un télescope vaut environ $14/D(\text{cm})$ en "
- Le PS de l'œil vaut environ $1'$
- Le grossissement résolvant d'un ensemble télescope/oculaire est le grossissement en deçà duquel le PS de l'œil ne permet plus d'atteindre le PS du télescope
 - $G_r = 60'' \cdot D(\text{cm}) / 14$
 - **$G_r = 3 \cdot G_e$**
 - ex . : avec un télescope de 200mm, $G_r = 84$



Notion de grossissement max

- Au-delà d'un grossissement max l'œil ne travaille plus correctement, la turbulence atmosphérique, les imperfections optiques deviennent gênantes
- L'expérience montre que $G_{\max} = 5.G_r$
- Les opticiens ont tendance à recommander l'utilisation d'un grossissement intermédiaire à $G = 2.G_r$ (ou $G = D(\text{mm})$) , soit environ 200 avec un télescope de 200mm
- L'astronome qui observe des étoiles doubles pour le plaisir des yeux utilisera un $G = G_r$
- L'astronome qui veut mesurer précisément la distance angulaire entre les deux étoiles utilisera un $G = 3$ à $5.G_r$



Notion de clarté dans l'observation des étoiles

- La clarté C d'un ensemble « télescope/oculaire » est le rapport (flux de lumière en sortie de l'ensemble « télescope/oculaire ») / (flux de lumière observé à l'œil nu)
- Avec une transmission parfaite $C = (D/\varnothing_{\text{pupille œil}})^2$
 - Soit $C = G^2$
 - **La clarté de l'ensemble «télescope/oculaire» dans l'observation des étoiles ne dépend que du diamètre du télescope et est égal au carré du grossissement équipupillaire**
- Le nombre de magnitudes gagnées grâce au télescope est donc :
 - $\Delta m = 2.5 \log_{10} C$
 - $\Delta m = 1.1 + 5 \cdot \log_{10} D(\text{cm})$
 - Ex. avec $D=20\text{cm}$ le nombre de magnitudes gagnées est de 7.6



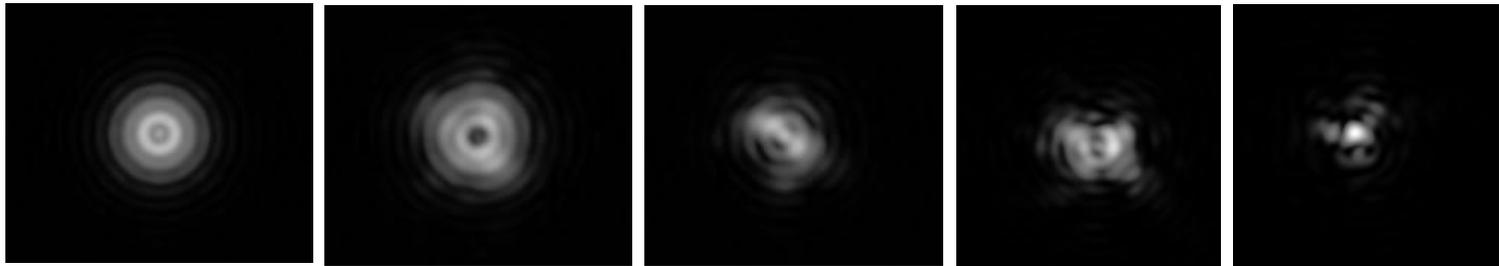
Notion de clarté dans l'observation des objets étendus

- Un ensemble « télescope/oculaire » grossit l'image d'un objet étendu et le flux de lumière est projeté, étalé sur une surface de l'œil plus importante qu'observé à l'œil nu.
- La clarté Γ dans l'observation des objets étendus vaut :
 - $\Gamma = (G_e/G)^2$ où **G = grossissement « télescope/oculaire »**
- Interprétation (NB : $G_e = D(\text{mm})/7$):
 - À grossissement G égal, plus D est grand plus la clarté est grande
 - À clarté égale, plus D est grand plus on peut monter en grossissement
 - La clarté est toujours inférieure à 1 : aucun instrument ne peut nous faire voir les objets étendus plus brillants qu'ils ne paraissent à l'œil nu
 - A faible luminosité, le PS de l'œil chute et atteint $\sim 12'$. L'emploi d'un télescope ou de jumelles nous fait voir un objet plus nettement par effet de grossissement : on perd en clarté mais en augmentant les dimensions apparentes de l'objet on améliore la détection.
 - L'emploi d'un télescope accroît l'éclat des étoiles et diminue la luminosité des objets étendus : c'est pourquoi il est possible de voir des étoiles en plein jour au télescope, les étoiles étant plus éclatantes alors que le fond de ciel s'éteint.



Effet de turbulence dans l'observation

- La turbulence étale l'image d'un objet observé et déforme la figure d'Airy d'une étoile
- La turbulence limite le pouvoir séparateur réellement accessible. On exprime son niveau t en " (arcsec).
- Si l'on note a le rayon du premier disque d'Airy, l'estimation de t par l'observation est donnée de la manière suivante :
 - $t < a/4$ lorsque image parfaite, sans déformation sensible, à peine agitée
 - $t = a/4$ lorsqu'anneaux d'Airy complets parcourus par des condensations mobiles
 - $t = a/2$ lorsqu'agitation moyenne, anneaux brisés, tâche centrale à bords ondulants
 - $t = a$ lorsqu'agitation vive, anneaux s'évanouissant ou absents
 - $T > 3a/2$ lorsque l'image tend vers un aspect planétaire !



- On parle de **rendement de l'objectif**, facteur multiplicatif à appliquer au grossissement théorique pour avoir le grossissement effectif, $R = a/(t+a)$
 - La turbulence diminue d'autant plus le rendement que le diamètre D de l'objectif est élevé

