

LES PERFORMANCES DES INSTRUMENTS D'OBSERVATION D'ASTRONOMIE AMATEUR

Les instruments d'observation pour l'astronomie amateur sont très variés en genres et en dimensions. Quelles sont leurs performances réelles ? et non pas les mensonges des pub Avec tel instrument : quels sont les objets les moins lumineux du ciel profond que je puisse observer ? Quels sont les plus petits détails que je puisse discerner ?

Le principal à connaître avant toute chose ce sont les 4 paramètres géométriques de l'instruments: le diamètre **D** de l'objectif, la distance focale **F** entre le point de focalisation du faisceau lumineux et l'objectif ou le miroir de l'instrument, le diamètre **ds** du miroir secondaire quand il y a en un, la focale de l'oculaire **f**.

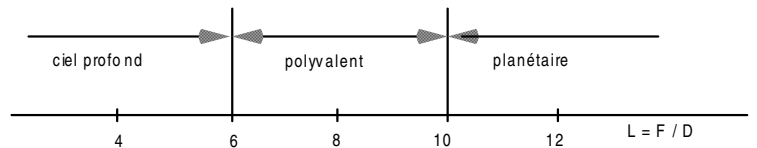
1. LA CLARTÉ

On appelle **clarté** le rapport entre la lumière captée par l'instrument avec celle que capte directement l'oeil humain: **C = (D / p)²**, formule dans laquelle p est la pupille max. de l'œil. Elle vaut 7 mm pour une jeune personne et 5 mm pour un adulte. La clarté d'un instrument est directement proportionnelle au carré du diamètre de sa grande ouverture.

2. L'OUVERTURE

L'ouverture d'un télescope correspond à celle d'un objectif d'appareil photo: **O = F / D**

La quantité de lumière qui le traverse diminue d'un facteur 2 x quand O augmente de 1.4; cela double le temps de pose en astrophoto.



Les instruments à grande ouverture, càd de petit rapport F / D, sont particulièrement adaptés pour l'observation et la photographie grand champ du ciel profond. A l'inverse les instruments peu ouverts comme les lunettes achromatiques ou les Maksutov-Cassegrain sont particulièrement indiqués pour l'observation planétaire.

3. LE GROSSISSEMENT

Le grossissement G avec lequel un objet apparaît dans l'oculaire une valeur de: **G = F / f**

A chaque instrument correspondent des valeurs limites des grossissements possibles:

- le grossissement minimum utile **G min. = D / p**, où p est toujours la pupille max. de l'oeil de l'observateur. C'est l'optimum du grossissement le plus lumineux possible avec lequel on recherchera les objets les plus diffus et de magnitude de surface faible (M 31, M 33, M101, La Rosette, ngc 7000...)
- le grossissement maximum **G max. = 2 - 2.5 x D**. C'est le grossissement maximum avec lequel par faible turbulence du ciel seulement, on pourra séparer les étoiles doubles serrées
- le grossissement nominal **G nom. = 1.5 x D**. C'est le bon grossissement que l'on pourra utiliser fréquemment pour discerner les fins détails avec un bon contraste.

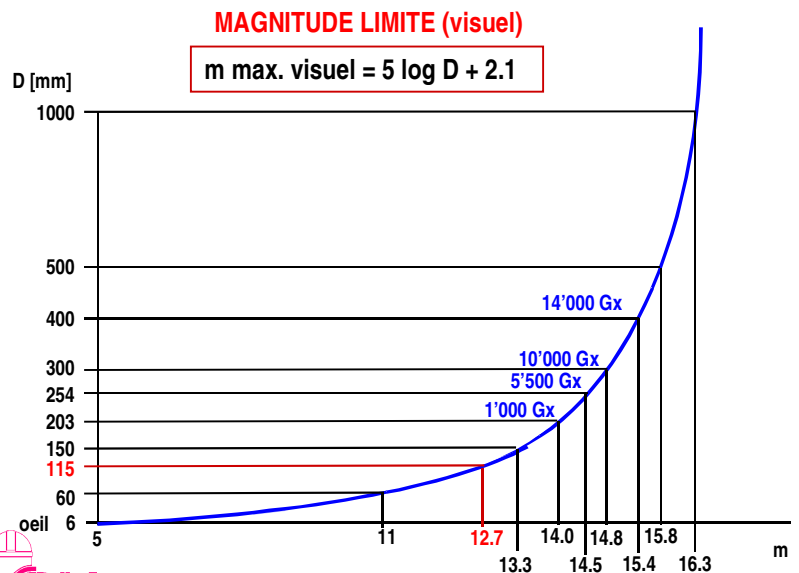
Ça c'est pour la base car même avec des grands diamètres D ≥ 300 mm (12") le grossissement maximum possible sur terre, en Europe par exemple, est inférieur à 600 x à cause de la turbulence atmosphérique résiduelle. Il est même assez rare de pouvoir grossir plus de 400x. A partir de là vous n'avez déjà plus d'excuse pour vous laisser encore abuser par les publicités abusives des annonceurs. A bon entendre!...

4. MAGNITUDE LIMITE

L'échelle des magnitudes est une échelle de la brillance des objets du ciel dont la base a été établie par Hipparque au II^e siècle av. J.-C. lors de son premier relevé cartographique des étoiles. C'est une progression logarithmique inverse. Un objet de magnitude m+1 a une brillance 2.5 x moindre qu'un objet de magnitude m: **B(m+1) = B(m)/2.5**

La magnitude limite visuelle d'un instrument dépend prioritairement du diamètre selon le graphique ci-contre:

Les nombres de galaxies visibles indiqués montrent l'importance du gain en magnitude, et partant, du diamètre de l'instrument pour l'observation visuelle du ciel profond. Grosso modo les portes du ciel profond ne s'ouvrent vraiment qu'à partir de 200 mm de diamètre.

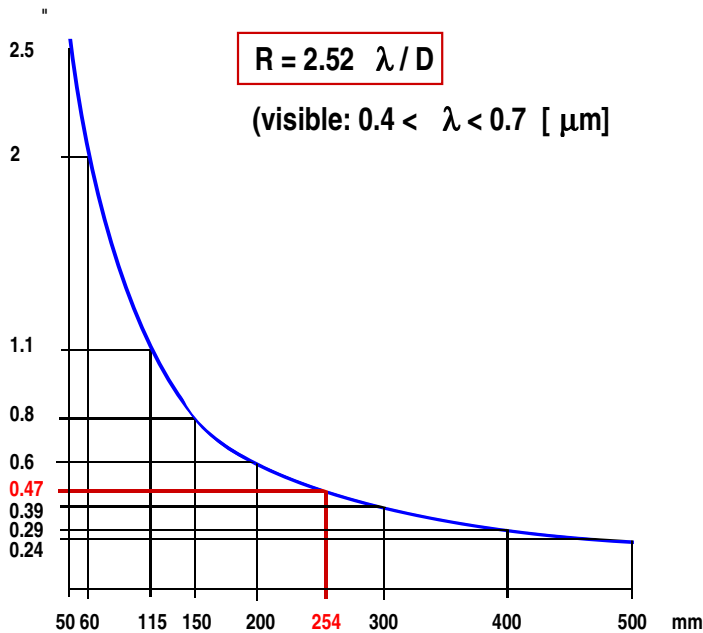


LES PERFORMANCES DES INSTRUMENTS D'OBSERVATION D'ASTRONOMIE AMATEUR

La monture de type Dobson étant réduite à sa plus simple expression, permet, à investissement financier égal, de pousser le diamètre au maximum. C'est vers ce type de monture que l'amateur du ciel profond portera son choix.

5. POUVOIR DE RÉOLUTION

Le pouvoir de résolution d'un instrument caractérise le plus petit détail observable. On en donne la mesure en seconde d'arc. Le pouvoir de résolution est fonction de la longueur d'onde observée λ et du diamètre de l'instrument D. De manière empirique, on simplifie en prenant $R ["] = 125 / D [mm]$



De nouveau, les lois de l'optique sont impitoyables! Même une "apo fluorite miracle" de 100 mm n'aura jamais qu'un pouvoir de résolution de 1.25" alors qu'un Newton de 200 mm bien collimaté a un pouvoir de résolution deux fois meilleur de 0.6". Que représente le pouvoir de résolution pour l'observation? Donnons quelques points de repère:

- 1" = 1.9 km sur la lune
- un 115 permettra au mieux de discerner des cratères lunaires de 2 km de diamètre
- de manière réciproque, l'observation du petit cratère sommital du volcan lunaire Gruythuisen γ de 900m de diamètre nécessite au moins un instrument de 254 mm de diamètre. Cela n'est vrai que dans de bonnes conditions de faible turbulence atmosphérique, d'éclairage de l'objet



proche du terminateur et avec une optique parfaitement réglée.

Le domaine de la haute résolution, celui des plus petits détails planétaires, ne commence vraiment qu'à partir de 200 mm de diamètre.

6. OBSTRUCTION & CONTRASTE

Tous les réflecteurs ou télescopes sont affectés par l'obstruction due à la présence du miroir secondaire (ds) au milieu du faisceau de lumière incident (D). L'obstruction est le rapport des diamètres exprimé en %: $O = ds / D \times 100$.

Un newton de 254 mm avec un secondaire de 60 mm a une obstruction de: $60 / 254 \times 100 = 23.6\%$

Cette obstruction fait souvent l'objet de forces discussions et opinions diverse quant à sa nocivité pour les performances de l'instrument. Qu'en est il réellement?

- le pouvoir de résolution sur des objets bien contrastés comme les étoiles doubles ou les détails lunaires n'est pas affecté par l'obstruction tant qu'elle reste inférieure à 30%
- le pouvoir de résolution sur des objets faiblement contrastés (détails planétaires sur Mars ou Jupiter) diminue à mesure que l'obstruction augmente mais cela reste peu sensible tant qu'elle est inférieure à 20%. Dans les cas plus défavorables, il peut descendre jusqu'à celui d'un instrument de diamètre effectif $D_{eff} = D - ds$. Un Schmidt-Cassegrain de 200 mm obstrué par un secondaire de 76 mm ne vaudra pas mieux dans ce cas qu'un instrument non obstrué de 124 mm!

7. RENDEMENT

la transmission de la lumière au travers de chaque surface air verre n'est jamais parfaite. Il faut compter sur une perte de 0.5% dans le cas d'une optique traitée multicouche (TMC) ; 0,25% pour le haut de gamme. Cela fait qu'un objectif de lunette qui comporte toujours au moins deux lentilles soit 4 couches air verre, a un rendement maximum de 98%.

Mais c'est nettement pire pour les instruments à miroir ! Une aluminure simple à un rendement de seulement 89%, une aluminure protégée ou argentique de 92.4% et la meilleure aluminure traitée super multicouche (TMC enhanced) de 95.1% ; le fin du fin aujourd'hui c'est l'aluminure multi traitée diélectrique à 98%. Ce n'est pas tout car tous les télescopes à miroir primaire ont aussi un miroir secondaire qui est sujet au même rendement et qui de plus diminue la surface collectrice par son obstruction. Cette dernière obstruction se calcule par le rapport des diamètres au carré : $O [\%] = 100 - 100 \times (ds/D)^2 \approx 84\% \text{ à } 96\%$.



LES PERFORMANCES DES INSTRUMENTS D'OBSERVATION D'ASTRONOMIE AMATEUR

C'est encore un peu plus pire pour les Schmid - Cassegrain et pour les catadioptriques qui ont en plus une lame de fermeture à l'avant qui fait perdre 1% du fait de ses deux couches air verre supplémentaires.

Mais, ce n'est pas tout car l'oculaire est aussi un assemblage de lentilles avec de nombreuses couches air verre. En 24.5 mm de diamètre, il faut compter sur un rendement de 84% pour un Kellner et de 89% pour un bon Plössl. En 31.75 mm, il faut compter 91% pour un Kellner, un orthoscopique, un Plössl ou encore un Erfle et 96% pour un super Plössl, un lanthanide, un super wide angle ou un Nagler.

Ceux qui ont fait un peu de math savent que le rendement total s'obtient par la multiplication des rendements partiels. Exemple : un télescope de 115/900 avec un oculaire Kellner en 24.5 aura un rendement de :

$$R_t = 90\%(\text{primaire}) \times 90\%(\text{secondaire}) \times 90\%(\text{obstruction}) \times 84\%(\text{Kellner}) = 61\%$$

Pour récapituler, une lunette de débutant a un rendement total de 95-96%, un télescope de débutant de 114 mm à aluminure simple a un rendement total de seulement 61%, un bon Schmid-Cassegrain ou Maksutov-Cassegrain, a un rendement total de seulement 74% du fait surtout de la forte obstruction centrale de ce genre d'optique (40% en diamètre), et un bon Newton à faible obstruction centrale (20%) peut atteindre un rendement total de 87.5%.

Vous comprenez mieux maintenant pourquoi les lunettes ont très bonne réputation malgré leur prix qui devient très vite prohibitif dès que leur diamètre dépasse les 120mm et pourquoi les Schmid-Cassegrain n'ont eux pas très bonne presse malgré leur diamètre courant de 200mm.

8. PRÉCISION DE L'OPTIQUE

Toutes les optiques n'ont pas la même précision. Pour que l'optique d'un instrument donne de belles images ponctuelles des étoiles, il faut que les défauts géométriques des lentilles de l'objectif ou du miroir ainsi que le poli des surfaces soient de dimensions nettement inférieures à la longueur d'onde moyenne de la lumière visible (λ) qui n'est que de 0.55 μm soit la moitié d'un millièème de millimètre.

Le mathématicien et physicien anglais Lord Rayleigh (1842-1919) a établi de manière expérimentale que lorsque les défauts valaient $\frac{1}{4}$ de cette longueur d'onde moyenne, la tache centrale de la figure d'Airy, image d'une étoile à fort grossissement, contenait 68% de la lumière et les anneaux 32%. Relevons que une optique parfaite, c.à.d. sans aucun défaut de géométrie ni de poli de surface donne 84% de la lumière dans la tâche centrale et 16% dans les anneaux.

disque d'Airy



3

Dans la réalité, les instruments de la plupart des grandes marques ont des optiques qui satisfont au critère de Rayleigh soit avec des défauts inférieurs à $\lambda / 4$. L'excellence est atteinte avec les meilleures marques (japon, Russie, certains USA et maintenant aussi Chine) avec des optiques à $\lambda / 7-10$. La perfection est atteinte dès $\lambda / 16$.

CONCLUSION

Au delà des discussions de clubs et des publicités tapageuses, les performances effectives des instruments ne présentent désormais plus pour vous de grands mystères.

Le sujet n'est certes pas épuisé. Il resterait à parler des montures, de l'encombrement et du poids, du prix, des réglages et de la collimation, toutes choses essentielles pour bien choisir et optimiser son instrument. Le lecteur intéressé trouvera plus d'explications et de détails dans l'excellent ouvrage de André van der Elst mentionné ci-dessous qui est de loin le plus complet tout en étant très accessible. Je souhaite que l'ensemble des éléments exprimés dans ces pages vous permette d'y voir plus clair dans votre choix d'instrument en fonction de votre niveau d'expérience et de vos envies d'observation et d'enfin calculer les performances réelles de votre instrument préféré.

Sources:

Van der Elst, A. " Guide du matériel d'observation de l'astronome " Vuivert - Paris - 2004

Bourge, P. & Lacroux, J. " A l'affût des étoiles " Dunod, 14^e éd. - Paris - 1997

http://legault.club.fr/index_fr.html

<http://www.astrosurf.com/tests/>

<http://www.astrosurf.org/lombry/menu-technique.htm>

<http://astrosurf.com/cielextreme/page07F.html>

