

## Les instruments d'observation

Sachant qu'aucun instrument n'est complètement polyvalent, il est fondamental de bien comprendre des notions telles que focale, rapport F/D, sensibilité aux turbulences, grossissement maximum, pouvoir séparateur, etc..

### Réfracteur, Réflecteur ou Catadioptrique ?



**Réfracteur**



**Réflecteur**



**Catadioptrique**

Les différents types de télescopes ont tous la même fonction, ils recueillent et focalisent la lumière.

Les réfracteurs le font avec un objectif à plusieurs lentilles, le réflecteur utilise un miroir concave, et le catadioptrique emploie miroirs et lentilles.

Les réflecteurs et Catadioptriques sont exclusivement destinés à l'astronomie. Ils rassemblent plus de lumière pour l'argent investi, mais ils donnent une image à l'envers, et sont donc inutilisables en observation terrestre.

Les noms de Schmidt-Cassegrain et Maksutov-Cassegrain font référence à des télescopes catadioptriques, systèmes qui utilisent des lentilles spéciales et des miroirs, pour arriver au même résultat.

Le Newton-Catadioptrique est une évolution du simple Newton grâce à l'ajout d'une lentille de correction (pour les meilleurs), qui fait aussi office de doubleur de la focale du miroir primaire.

Les réfracteurs et catadioptriques de type Cassegrain peuvent aussi bien servir à l'observation céleste que terrestre.

Les réfracteurs donnent une qualité d'image formidable mais sont assez chers pour les grands diamètres, en comparaison d'un réflecteur.

Les Cassegrain sont encore plus onéreux aussi mais offrent un tube compact pour leur ouverture.

## ***LES PRINCIPALES NOTIONS DES INSTRUMENTS D'ASTRONOMIE***

### **Le diamètre :**

il correspond à la dimension de l'objectif ou du miroir. C'est lui qui conditionne la quantité de lumière qui va rentrer dans l'instrument et par conséquent dans notre œil ou dans le capteur photographique.

### **La distance focale :**

il s'agit de la distance qui sépare le centre de la lentille ou de la surface du miroir et du point appelé Foyer Image. Celui-ci étant le point de convergence des rayons lumineux. On peut également appeler ce point, point de netteté. Cette grandeur est inhérente à toute lentille ou miroir. La distance focale entre pour partie dans la puissance de grossissement de l'instrument. Ce qu'il faut retenir, c'est que plus la distance focale est grande, plus les grossissements sont théoriquement grands. Bien sûr, il existe des limites à ces grossissements que nous aborderons un peu plus loin.

### **Le rapport F/D :**

c'est le rapport de deux grandeurs, à savoir la focale et le diamètre exprimés en millimètres. Ce rapport nous indique la luminosité de l'instrument. Autrement dit sa capacité à "voir" les faibles luminosités.

D'une manière générale, un rapport F/D faible indique un instrument adapté à l'observation du ciel profond, car très lumineux ; un rapport F/D important désigne les instruments adaptés aux observations planétaires.

<b>Rapport F/D</b>	<b>Destiné à</b>
<b>&lt; à 6</b>	<b>Ciel profond</b>
<b>de 6 à 10</b>	<b>Ciel profond et planétaire</b>
<b>&gt; à 10</b>	<b>Planétaire</b>

### **Le pouvoir séparateur :**

il s'agit de l'aptitude à discerner de fins détails sur une surface (Lune par exemple) ou à dissocier deux étoiles très proche l'une de l'autre.

Il s'exprime en secondes d'arc ( on écrit " ") et se calcule par la formule de DAWES qui revient à diviser un coefficient oscillant entre 11 et 14 par le diamètre de l'optique. Nous retiendrons la valeur moyenne de 12.

Ainsi, un objectif astronomique de 6 cm d'ouverture aura un pouvoir séparateur de :  $12/6 : 2''$  d'arc.

Ce qui revient à diviser 12 ou plutôt 120 (pour rester en mm) par le diamètre de l'instrument. On écrira donc  $120/60$ , soit 2 secondes d'arc. Il s'agit là d'une valeur théorique.

Cette notion est à mettre en relation avec la turbulence atmosphérique. Pour comprendre ce qu'est la turbulence atmosphérique, il suffit de se remémorer la vision d'une route l'été : le sol constituant cette route libère une grande quantité de chaleur et vient "troubler" l'atmosphère ce qui empêche de bien distinguer les détails d'une voiture arrivant en face par exemple. C'est cela la turbulence. Les couches d'air soumises à de fortes chaleurs bougent énormément et se comportent alors comme des lentilles qui viennent déformer l'incidence des rayons lumineux. En astronomie, la turbulence joue un rôle non négligeable dans la perturbation des images. Un ciel exempt de turbulences, par grand froid par exemple, ou lorsque la chaleur résiduelle contenue dans le sol, les maisons et autres constructions s'est échappée, donnera des images bien plus nettes ou le pouvoir séparateur de l'instrument pourra jouer à plein.

A ce titre, il faut savoir que la turbulence atmosphérique est plus importante l'été que l'hiver. De même, il est fortement déconseillé d'observer le ciel de son appartement ou au-dessus des toits.

Enfin, n'oubliez pas que la turbulence est plus importante en début de nuit, qu'en milieu de nuit.

Vous comprenez donc pourquoi le pouvoir séparateur est à mettre en relation avec la turbulence atmosphérique. Un instrument possédant un excellent pouvoir séparateur et utilisé dans de très mauvaises conditions de turbulence ne donnera jamais de bons résultats.

### **Le grossissement :**

Le grossissement d'un instrument d'astronomie se détermine tout simplement par le rapport des distances focales de l'objectif et de l'oculaire. Prenons une lunette type de 60 mm de diamètre d'objectif et de 900 mm de longueur focale. Si on l'équipe d'un oculaire "fort", de 6 mm de focale par exemple, le grossissement obtenu sera de :  $900/6$ , soit 150 fois. Par contre, un oculaire "faible" de 30 mm de focale on aura seulement :  $900/30$ , soit 30 fois. On voit par conséquent que pour un objectif donné, le grossissement varie suivant l'oculaire choisi.

En théorie, rien n'empêche d'obtenir de très forts grossissements, surtout si l'instrument possède une grande longueur focale. Mais c'est là une initiative à proscrire car la qualité d'une image grossie à outrance devient vite déplorable : l'astre observé est certes vu sous un très grand diamètre apparent, mais on n'y distingue pas pour autant de nouveaux détails. Par contre, l'image va devenir floue, empâtée, sans contraste. De la même façon, il est toujours possible de monter un moteur de compétition sur le châssis d'une 2 CV, mais les performances ne seront jamais celles d'une vraie voiture de compétition...

En définitive, les forts grossissements présentent bien des inconvénients et ne sont possibles qu'avec des instruments de grand diamètre, de bonne qualité, installés sur une bonne monture.

Pour conclure, tout bon astronome amateur devrait faire sienne cette devise : mieux vaut une petite image nette qu'une grosse image floue.

## **PRINCIPE OPTIQUE DES LUNETTES**



La lunette astronomique se compose d'un objectif placé à l'avant du tube, tube qui forme le corps de l'instrument à proprement parler. Cet objectif fait converger les rayons lumineux en provenance de l'astre en un point appelé le foyer image situé vers l'arrière, à l'intérieur du tube de l'instrument. L'image finale s'obtient par l'utilisation d'un deuxième système optique, appelé oculaire, situé tout au bout du tube de la lunette. Une lunette de 60 millimètres de diamètre vous permettra d'observer sur la Lune de nombreux cirques, des chaînes de montagnes, avec une résolution d'environ quatre kilomètres. Sur les planètes telles que Jupiter, vous distinguerez les bandes nuageuses équatoriales, ainsi que ses quatre principaux satellites galiléens. Sur Saturne, vous distinguerez ses anneaux, avec son satellite principal, Titan. Vous pourrez observer les phases de Vénus et voir les objets les plus brillants du ciel profond comme de petites tâches floues laiteuses.

## PRINCIPE OPTIQUE DES TÉLESCOPES DE NEWTON

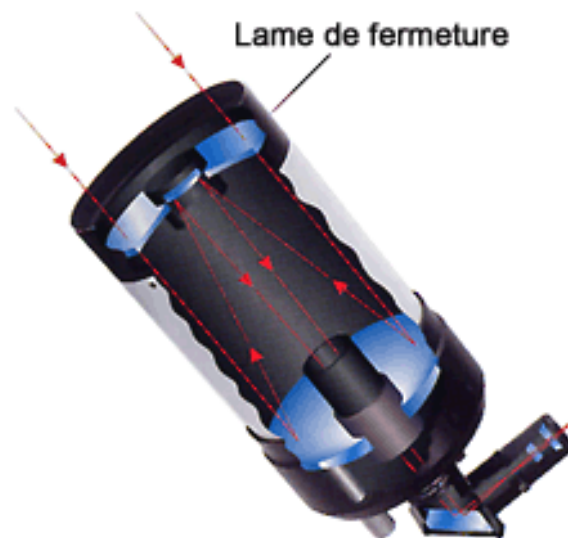


La principale différence entre le télescope et la lunette astronomique réside dans leur principe optique : le télescope de type Newton est constitué d'un miroir concave placé au fond d'un tube, qui réfléchit et concentre la lumière vers un second miroir incliné à 45°, dit secondaire, qui la renvoie vers l'oculaire. Parfaitement achromatique, cet instrument peut avoir des rapports d'ouverture compris entre 5 et 8, ce qui le rend, à diamètre égal, beaucoup plus compact que la lunette astronomique.

Le télescope Ø114/900mm est idéal pour bien débuter en astronomie. Son miroir de 114 mm de diamètre collecte 361 fois plus de lumière que l'œil humain. Son pouvoir séparateur de 1.05 secondes d'arc permet de voir, sur la Lune, des détails inférieurs à deux kilomètres. Des cirques lunaires comme Ptolémée ou Clavius seront parsemés de minuscules cratères. Des rayures comme celles de Triesnecker seront visibles près du terminateur (zone séparant les zones éclairées et non éclairées sur la Lune, là où l'éclairage est rasant, les reliefs sont les plus visibles). Sur Jupiter, vous pourrez observer la Grande Tache rouge, et des variations dans ses bandes nuageuses. Sur Saturne, vous pourrez observer ses anneaux avec la célèbre division de Cassini (espace séparant l'anneau A de l'anneau B), l'anneau sombre près du globe, ainsi que cinq de ses principaux satellites dont Titan. Sur Mars, vous pourrez observer au moment des oppositions, les variations de la calotte polaire et les principales configurations martiennes. Dans le ciel profond, vous séparerez en étoiles des amas globulaires comme celui d'Hercule. La nébuleuse d'Orion dans un ciel très pur vous apparaîtra évidente, ainsi que de nombreux autres objets.

---

## PRINCIPE OPTIQUE DU TÉLESCOPE SCHMIDT-CASSEGRAIN



**Télescope Schmidt-Cassegrain**

Sur un Schmidt Cassegrain, la lumière entre par la droite du schéma, traverse une mince lame correctrice dont les deux faces sont asphériques, c'est à dire à faces non parallèles, est réfléchi par le miroir primaire principal sphérique, puis par le miroir secondaire convexe asphérique. Ce dernier joue le rôle d'élément grossissant : il multiplie la focale effective du miroir primaire et focalise le faisceau de lumière dans le plan focal, après passage à travers l'ouverture centrale du miroir primaire. Cette configuration optique permet de réaliser des télescopes puissants extrêmement compacts. C'est la marque CELESTRON qui est à l'initiative de cette combinaison optique. D'autres constructeurs comme MEADE par exemple ont repris cette formule et l'on appliquée à leur produits.

## PRINCIPE OPTIQUE DE TÉLESCOPE MAKSUTOV-CASSEGRAIN



Le télescope Maksutov-Cassegrain est aussi appelé télescope à ménisque, il est composé d'un miroir concave sphérique, dont l'aberration de sphéricité est éliminée par un ménisque légèrement divergent. Cet instrument a été inventé par le Hollandais A. Brouwers en 1940, et indépendamment de lui par Dimitry Maksutov (1896-1964) ingénieur opticien russe, qui adopte un design optique proche dans son apparence du Schmidt-Cassegrain. La lumière entre par un ménisque correcteur, ayant pour but de corriger les aberrations sphériques du miroir primaire. Le petit miroir de Cassegrain est souvent déposé directement sur la face arrière de la lame. Ce type de télescope se caractérise par des rapports F/D plus important que le télescope de Schmidt-Cassegrain ce qui l'amène à être spécialisé pour l'observation des surfaces planétaires.

Les télescopes de Schmidt et de Maksutov-Cassegrain présentent un autre avantage, surtout pour les amateurs. La lame correctrice ferme le tube, évitant à la fois les turbulences internes et surtout l'humidité et la poussière. La lame, non aluminée vers l'extérieur, est moins délicate à nettoyer qu'un miroir.

### En Résumé :

Miroir principal sphérique, miroir secondaire sphérique enchâssé dans (ou réduit à un simple cercle aluminé sur) un ménisque de correction de sphéricité, avec forte courbure.

L'observateur se place derrière le miroir principal, qui est percé en son milieu.

Diamètres courants pour les amateurs : de 6 à 10 pouces (typiquement 7 soit 18 cm).

Rapport de focale typique de F/10 à F/15 (plus couramment).



Obstruction : de l'ordre de 35% en diamètre.

Tube court, ensemble compact et portable mais assez lourd.

Mise à température très lente (le tube est fermé).

Sensible à la buée sur le ménisque correcteur.

Aberration de coma (élongation des objets en bord de champ) réduite.

Collimation fort peu fréquente (et pas toujours possible).

Variante : Rumak (le secondaire est indépendant et non pas un simple cercle aluminé sur le ménisque)

Exemples : Meade ETX, LX50 (MAK), LX200 (MAK), Intes et Intes-Micro MK

---

## **LES MONTURES**

Les montures reposent sur un trépied généralement réglable en hauteur. Elles supportent le tube optique et permettent son déplacement dans toutes les directions. Il en existe deux types :

- la monture azimutale : c'est la monture la plus simple et la plus facile à utiliser. Elle permet le déplacement du tube optique selon deux axes, horizontal (azimut) et vertical. Cette monture, très économique, est idéale pour l'observation terrestre et convient aux observations astronomiques.

- La monture équatoriale : plus élaborée, son axe principal est incliné de manière à être parallèle à l'axe de rotation de la Terre. Cet axe est appelé axe polaire, car il est dirigé vers le pôle Nord céleste. En faisant tourner l'instrument autour de cet axe à la vitesse dite sidérale, on conserve l'objet observé dans le champ de l'oculaire. On annule ainsi le mouvement apparent de la voûte céleste. Le déplacement, dit "en ascension droite", peut être obtenu manuellement ou à l'aide d'un moteur électrique. L'objet visé demeure ainsi facilement centré dans le champ, ce qui permet la photographie ou l'observation à fort grossissement. Les montures équatoriales sont dotées de cercles gradués qui permettent la recherche d'un objet invisible à l'œil nu, par les seules coordonnées célestes.

## **LES OCULAIRES**

Les oculaires agissent comme des loupes en agrandissant l'image formée au plan focal de l'instrument. Plus leur focale est petite, plus l'image est agrandie. Il est conseillé de

commencer une observation avec l'oculaire de plus faible grossissement pour aller en progressant vers les plus forts grossissements. Leurs formules optiques, ainsi que leurs focales sont indiquées sur la partie supérieure de l'oculaire, la focale est exprimée en millimètres.

Ce qui n'est pas connu par une grande majeure partie des observateurs c'est que de bons oculaires apportent un gain très important dans les observations. Un instrument peut posséder le meilleur objectif ou les miroirs les plus précis, il ne pourra jamais reproduire toutes les finesses d'une image sans un oculaire de qualité. Il apparaît souvent comme secondaire dans la chaîne de l'image, mais en fait, c'est lui qui va collecter la lumière et ainsi révéler la qualité d'une optique ou pas ! Quand un oculaire de piètre qualité est remplacé par un oculaire de qualité, les observateurs sont souvent stupéfiés, souvent au point de penser qu'il s'agit d'un nouvel instrument - et dans un sens, ils ont raison.

Alors, quel type d'oculaire choisir ? Il existe une pléthore de types d'oculaires - il y en a presque autant que de types d'instruments ! Choisir celui qu'il vous faudra dépend de plusieurs facteurs : les objets vous souhaitez observer, votre connaissance des défauts de votre instrument, si vous voulez des champs de vision étroits ou larges, si vous portez des lunettes ou pas, et (comme toujours) combien d'argent êtes-vous prêt à dépenser. Mais avant d'examiner les spécificités des oculaires, voici un bref rappel des notions essentielles.

## **LES COULANTS DES OCULAIRES**

Il y a une caractéristique très importante à considérer pour le choix d'un nouvel oculaire : sa dimension physique. Aujourd'hui, la plupart des jupes (partie chromée de l'oculaire) sont au diamètre 31.75 millimètres. Vous trouverez aussi des oculaires au coulant de 50.8 mm. Il y a quelques années, le coulant Japonais (24.5 mm) était de mise sur l'ensemble des oculaires. Il a aujourd'hui quasiment disparu.

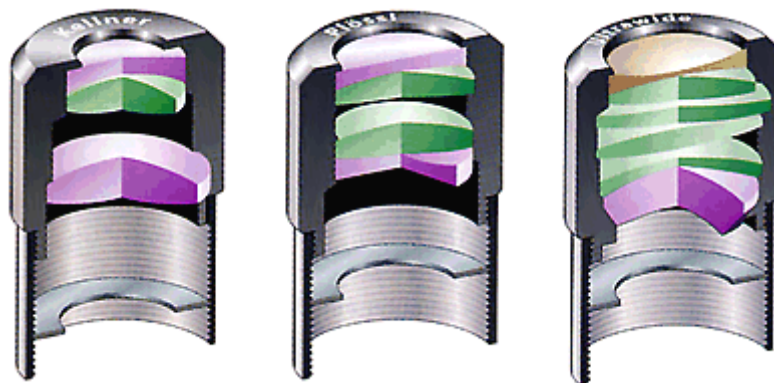
### **Le grossissement**

Tous les oculaires ont un nombre gravé ou imprimé sur la bonnette qui indique sa distance focale, 8 mm ou 24 mm, par exemple. Le grossissement d'un oculaire donné varie en fonction de la distance focale de l'instrument avec lequel il est utilisé. Pour calculer le grossissement d'un oculaire, il faut diviser la focale de l'instrument par la focale de l'oculaire. Par exemple, un télescope de 1000 mm de longueur focale fournira un grossissement de 125x avec un oculaire de 8 mm. On est souvent tenté d'utiliser de forts grossissements sur la Lune et les planètes, mais les turbulences atmosphériques viennent dégrader les détails que peuvent fournir les instruments. Le grossissement le plus efficace pour les très bonnes nuits est approximativement égal à 2x le diamètre, soit 200x pour un instrument de 100 mm de diamètre. Utiliser toujours un grossissement plus faible qui fournira de bien meilleures images, plus lumineuses et plus contrastées. Mais il y a aussi un grossissement minimum en dessous duquel la lumière sera tellement diffuse que l'œil ne verra plus rien. La longueur focale minimum que vous pourrez utiliser sur votre instrument se calcule comme suit : multipliez le rapport focale diamètre (F/d) de votre instrument par 7. Par exemple, pour un télescope à F/d 5, la focale de l'oculaire sera de 35 mm. Vous pourriez utiliser une focale plus grande pour

obtenir un grossissement plus faible encore de façon à augmenter la quantité de lumière reçue, mais vous n'utiliserez alors plus toute la capacité à collecter la lumière de votre instrument. Une notion importante également concerne le champ de l'oculaire mesuré en degrés (°). Ce paramètre donne la largeur apparente sur le ciel, exprimé en degrés d'angle. Les oculaires disposant de grands champs apparents fournissent une portion de ciel plus importante. Ce qui est toutefois le plus important pour l'observateur est le champ de vision réel. Celui-ci est obtenu en divisant le champ apparent par le grossissement que l'oculaire délivre. Par exemple, pour un oculaire de 10 mm de focale et en champ de 50° introduit dans un instrument de 1000 mm de focale. Le grossissement sera alors de 100x. Le champ réel sera donc égal à 0.5° (soit 50° divisé par 100x), ce qui permettrait de voir la pleine Lune entière dans cet oculaire.

### LES DIFFERENTS TYPES D'OCULAIRES

Le nom d'une formule optique comme par exemple Ultrawide nous fournit déjà la principale caractéristique d'un oculaire. Il existe aussi les formules optiques classiques comme les Kellner, Orthoscopic, Plössl, et Erfle, ou encore d'autres variantes plus spécifiques comme les Nagler et les Lanthanum. Les aberrations optiques sont plus ou moins bien corrigées en fonction de ces formules optiques, et là comme ailleurs la qualité se paye. L'on trouve maintenant sur le marché des oculaires bien calculés à un coût raisonnable.



**Vue en coupe de différents types d'oculaires.  
De gauche à droite, le Kellner, le Plössl, et l'ultra grand champ.**

En début de gamme, on trouve les Kellners. Ces oculaires mis au point par Carl Kellner en 1849 sont basés sur une formule optique à trois lentilles. Ils portent l'indication K ou MA (pour Modified Achromat). Ils donnent de bons résultats avec les instruments ayant un rapport F/d élevé, comme par exemple les télescope Schmidt-Cassegrain et les lunettes traditionnelles. Ils ne donnent pas de très bons résultats avec les instruments à rapport F/d bas. Pour les télescopes de Newton très ouvert, les meilleurs résultats seront obtenus avec des oculaires à 4 lentilles tels que les Plössl mis au point en 1860 par l'opticien vivant à Vienne G.S. Plössl. Ce dernier est particulièrement bon surtout lorsqu'il est correctement traité au niveau de l'anti-réflexion. Un Plössl bien corrigé peut donner un bon champ de vision tout en ayant un relief d' $\omega$  il correct - le relief d' $\omega$  il est la distance qui sépare l' $\omega$  il de la lentille de sortie de l'oculaire. Cela signifie

que sans même toucher l'oculaire, vous avez accès à tout le champ de votre oculaire. Les observateurs qui portent des lunettes pour corriger la vue de près ou de loin pourront sans problème retirer leurs verres pour observer avec un instrument (sauf les astigmatés pour qui les oculaires ayant un relief d'œ il important seront nécessaires), il suffira de trouver le bon réglage à l'aide de la crémaillère de mise au point. L'observation en détail de la Lune et des surfaces planétaires nécessite des oculaires de faibles focales ce qui peut poser des problèmes de relief d'œ il avec les oculaires classiques. Cela a conduit les fabricants à développer des oculaires à 6 ou à 8 éléments qui permettent d'obtenir un bon champ de vision quelle que soit la focale ainsi qu'un relief d'œ il important. Les lentilles de ces oculaires sont souvent réalisées à partir de verre au Lanthane ou encore d'autres composés rares de manière à réduire les aberrations pour les grossissements importants. On considère que ces oculaires sont les meilleurs qui soient.

### ***LES LENTILLES DE BARLOW***

La lentille Barlow inventée en 1834 par Peter Barlow professeur de mathématiques à l'Académie Militaire Royale de Grande Bretagne, est un accessoire très précieux pour l'astronome amateur. La Barlow s'insère dans le porte oculaire à la place de l'oculaire, et permet de doubler ou de tripler la focale de l'instrument et par conséquent de doubler ou de tripler les grossissements de chaque oculaire. Bien sûr, cela ce fait au dépend d'une petite perte de lumière, mais cet accessoire vous permettra de posséder 2 grossissements par oculaire. Si vous songez à vous équiper d'une lentille de Barlow, veillez à ce qu'elle ne soit pas redondante avec vos oculaires.

Source : L'ASTRONOME, SPJP

---