

Astro-Club Orion 2000 - Beauvoisin (30)



Connaître les instruments
d'observation

Observer à l'œil nu

Certains objets sont visibles à l'œil nu dans le ciel



Les
hyades



Les
pléiades



L'amas
M44



La galaxie
M31

... et bien d'autres encore !

Beaucoup d'autres par contre sont beaucoup plus petits
et nécessitent de se « **rapprocher** » ...

La lunette de Galilée

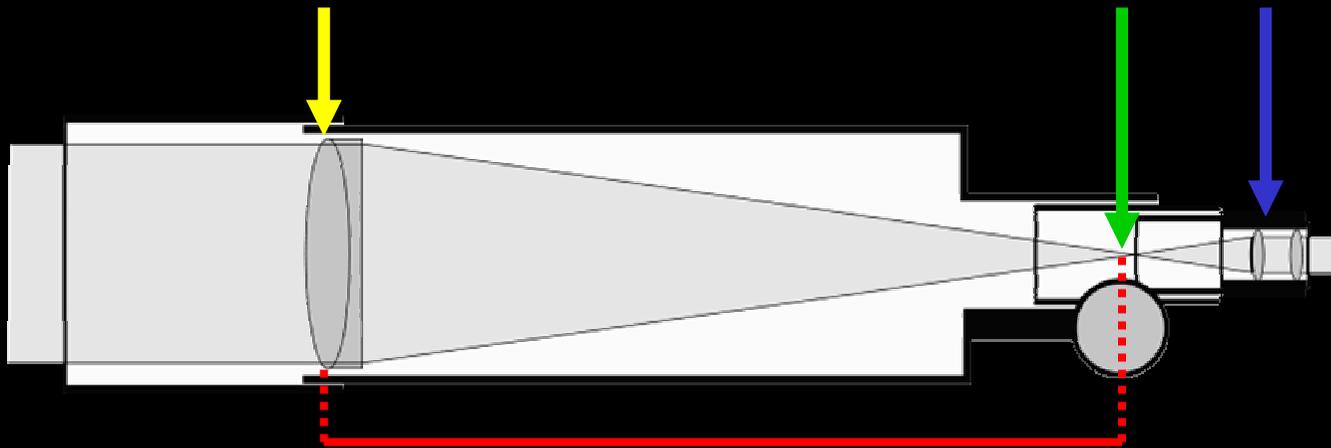
En 1609, s'inspirant de la lunette Hollandaise de Hans Lippershey, Galilée fabrique son propre modèle et observe le ciel ...



Grâce à un jeu de deux lentilles, la lunette permet de se **rapprocher** virtuellement. On utilise aussi le terme « **grossir** ».

Principe optique de la lunette

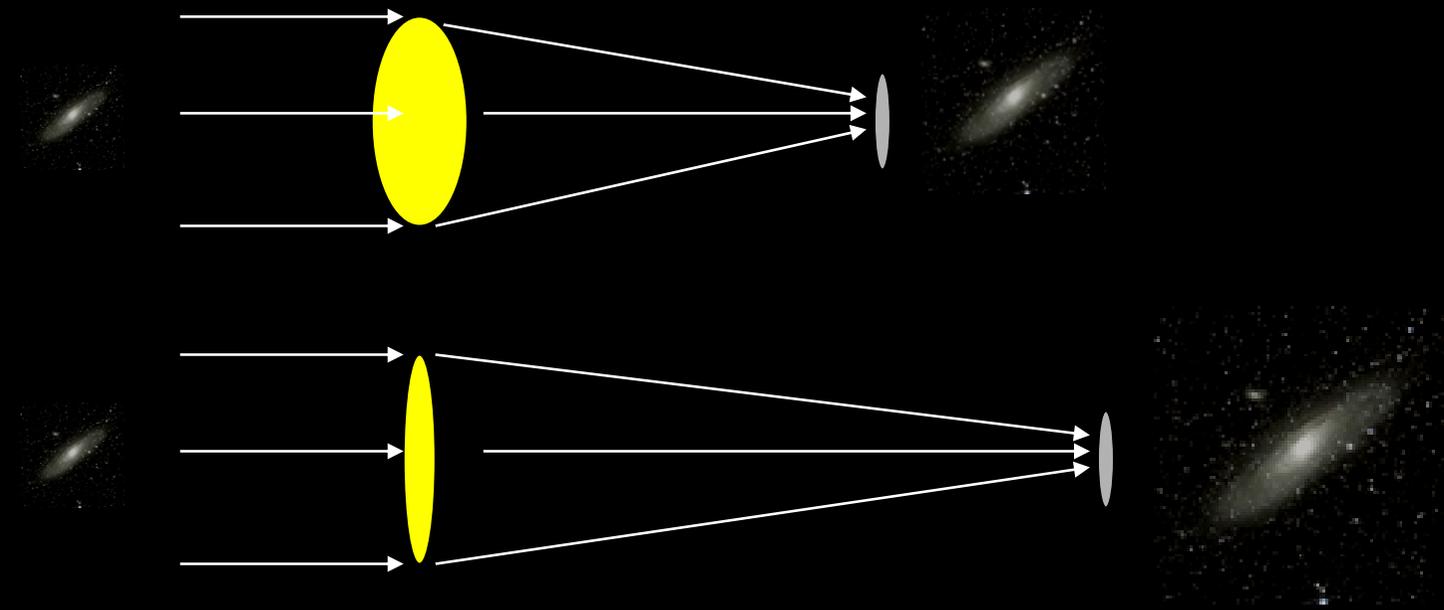
La lumière entre par la première lentille, l'**objectif**. Elle se concentre ensuite sur la seconde lentille, l'**oculaire**, qui projète l'image ainsi formée vers l'œil de l'observateur.



Le point de concentration de lumière formé par l'**objectif** est nommé le **foyer**. La distance entre l'**objectif** et son **foyer** est nommée la **focale**

L'objectif et le grossissement

Si la lentille de l'**objectif** est très convergente, sa **focale** sera petite et le grossissement résultant faible.



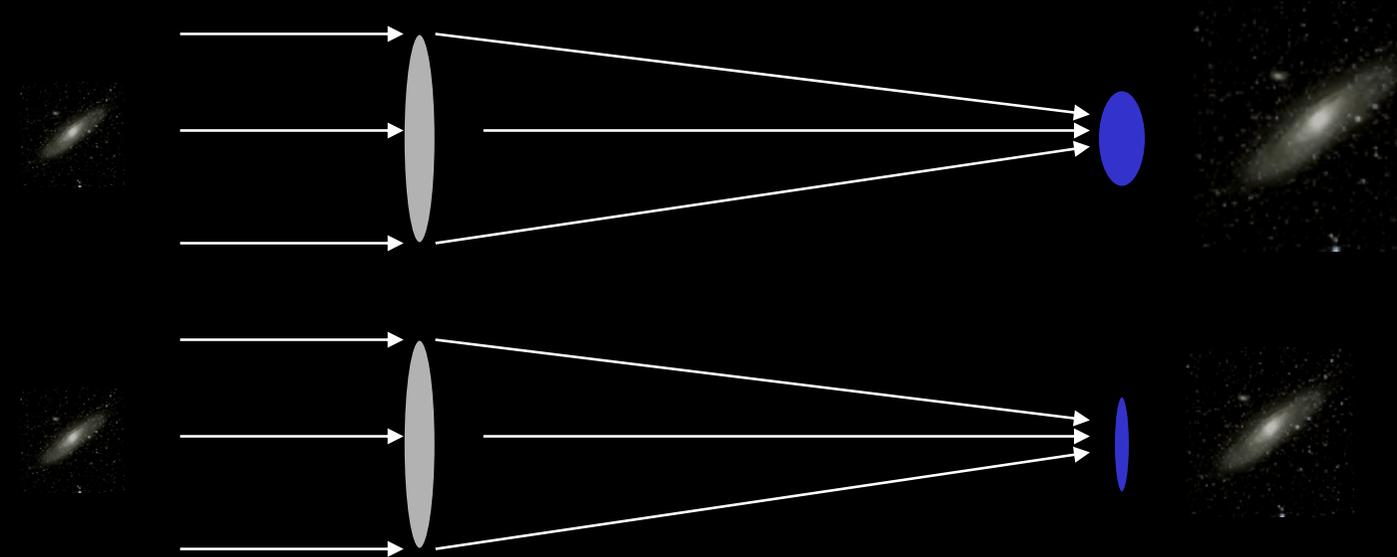
Si la lentille de l'**objectif** est peu convergente, sa **focale** sera grande et le grossissement résultant élevé.

L'oculaire et le grossissement

La lentille qui compose l'oculaire a elle aussi une distance focale.

En utilisant des oculaires de focales différentes, on obtient aussi des grossissements différents.

Si la focale de l'oculaire est petite, le grossissement sera élevé.



Si la focale de l'oculaire est grande, le grossissement sera faible.

La focale et le grossissement

Le grossissement dépend donc de deux valeurs :

- la **focale** de l'**objectif** (première lentille) : **Fob**
- la **focale** de l'**oculaire** (seconde lentille) : **Foc**

Il suffit donc d'agir sur la **focale** d'au moins une de ces deux lentilles pour agir sur le **grossissement global** : **Gx**

$$Gx = Fob / Foc$$

Exemple : une lunette dont l'**objectif** a une **focale Fob** de 500mm associée à un **oculaire** de **focale Foc** de 10mm produit un grossissement **Gx** de $500/10 = 50x$

Grossir à l'infini ...

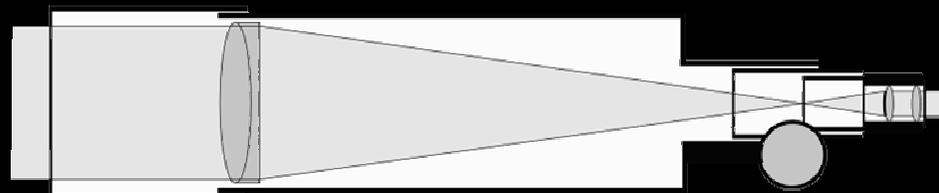
Si l'on prend une lunette de très grande focale (ex: 8000mm), et un oculaire de très petite focale (ex: 4mm), on peut alors obtenir un grossissement de **plusieurs milliers de fois !**



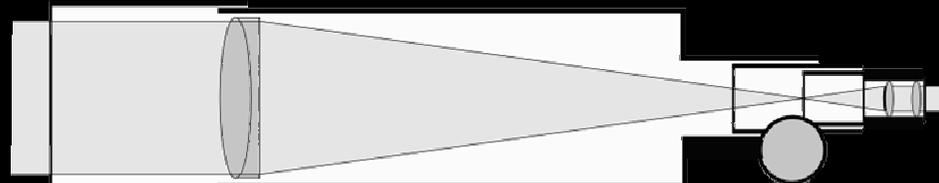
Mais dans les fables de la Fontaine, qu'est-il arrivé à la grenouille qui voulait se faire aussi grosse que le bœuf ?

Ce que cache le grossissement

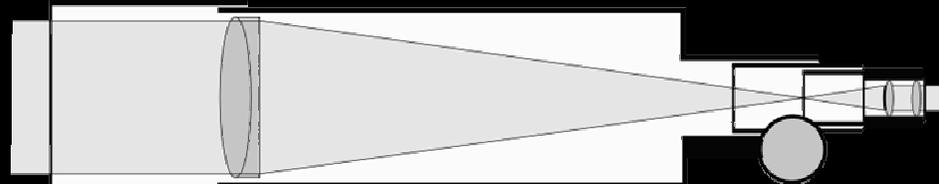
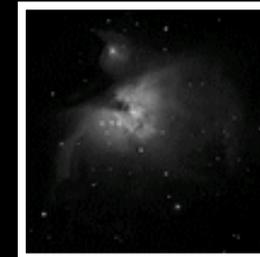
Observons la nébuleuse d'Orion avec une petite lunette de 700 mm de **focale** et trois **oculaires** différents :



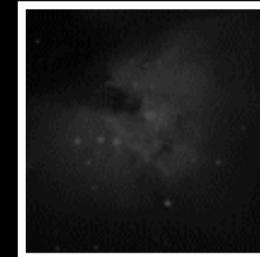
Oculaire de 28mm - **Grossissement 25x**



Oculaire de 14mm - **Grossissement 50x**



Oculaire de 7mm - **Grossissement 100x**



Plus nous grossissons l'image, moins il y a de lumière ...

La lumière a ses lois



En augmentant les dimensions de l'image, le flux lumineux va s'étaler sur une surface plus grande. En conséquence, l'image sera moins lumineuse.

Exemple: si nous doublons les dimensions de l'image, le flux lumineux va s'étaler sur une image deux fois plus large et deux fois plus haute, soit une surface quatre fois plus grande. L'image sera donc quatre fois moins lumineuse.

Le piège du grossissement

Grâce à la combinaison des focales de l'objectif et de l'oculaire, il n'y a pas de limite théorique pour atteindre de très forts grossissements sur un instrument.

Cependant, la qualité des observations se dégrade, pouvant être même inexploitable si l'on utilise des grossissements inadaptés.

Méfiance ! Beaucoup de petites lunettes vendues en grande surface vantent des grossissements inutilisables ($> 500\times$).

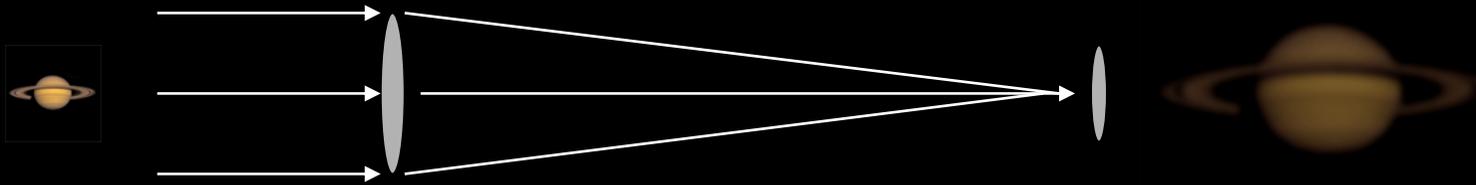
Il va de soi que le grossissement n'est absolument pas un critère de sélection pour le choix d'un instrument.



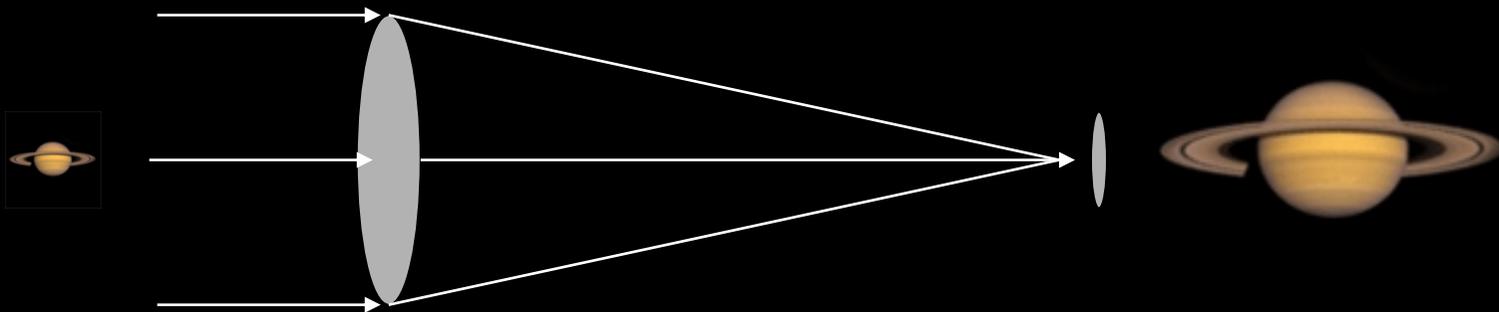
Mieux vaut une petite image nette et brillante qu'une grosse image fade et floue.

Augmenter la quantité de lumière

Certains objets nécessitent tout de même un fort grossissement pour les apprécier. Il faudrait avoir alors plus de lumière pour grossir sans dégradation fatale à l'image.



Pour récolter plus de lumière, on choisit un objectif **de plus grand diamètre**, donc de **plus grande surface**. Une **plus grande quantité de lumière** entrante se concentre alors sur le foyer.



Un avantage qui en cache un autre ...

L'augmentation du diamètre de l'objectif nous apporte déjà un gain en lumière, mais il permet en supplément d'obtenir un pouvoir résolvant (ou séparateur) plus important.

Là où un petit diamètre nous montrera deux étoiles très proches comme une seule et même tache floue, un grand diamètre permettra au même grossissement de les observer comme deux points brillants bien ponctuels.

Voici un exemple de l'amas d'Hercule vu à gauche avec un petit diamètre et à droite avec un grand diamètre.



Au même grossissement, les étoiles sont mieux séparées dans un instrument de grand diamètre.

Au delà de la lunette ... le télescope

La construction des lunettes de très grand diamètre pose encore de nos jours le problème du prix d'achat, très élevé pour le simple amateur.



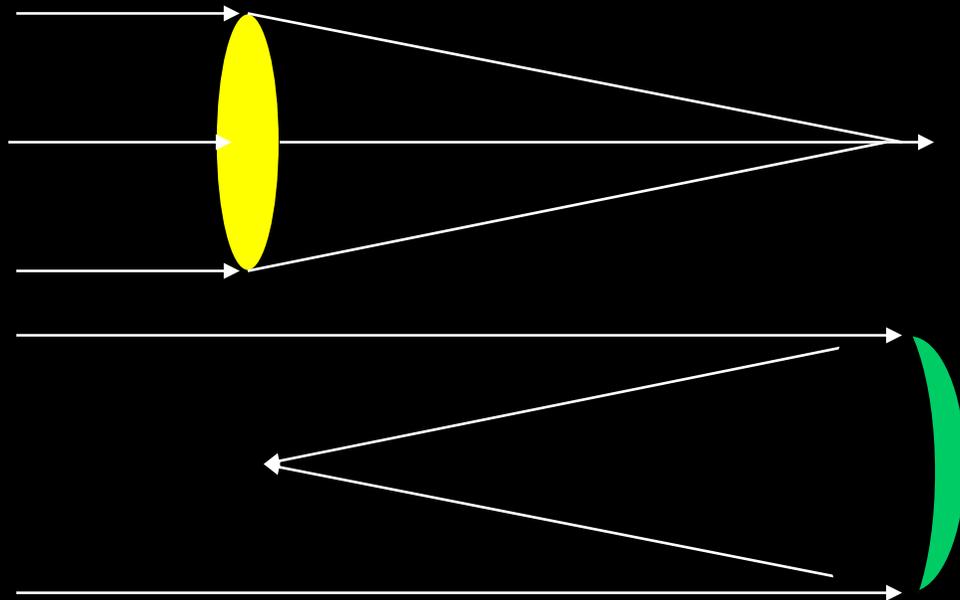
En 1671, Isaac Newton propose une autre solution. Plutôt que de faire converger la lumière au travers d'une **lentille** coûteuse, il utilise un **miroir**, moins cher que cette dernière, pour obtenir le même résultat.

La lunette réfracte la lumière en un point au travers d'une lentille.

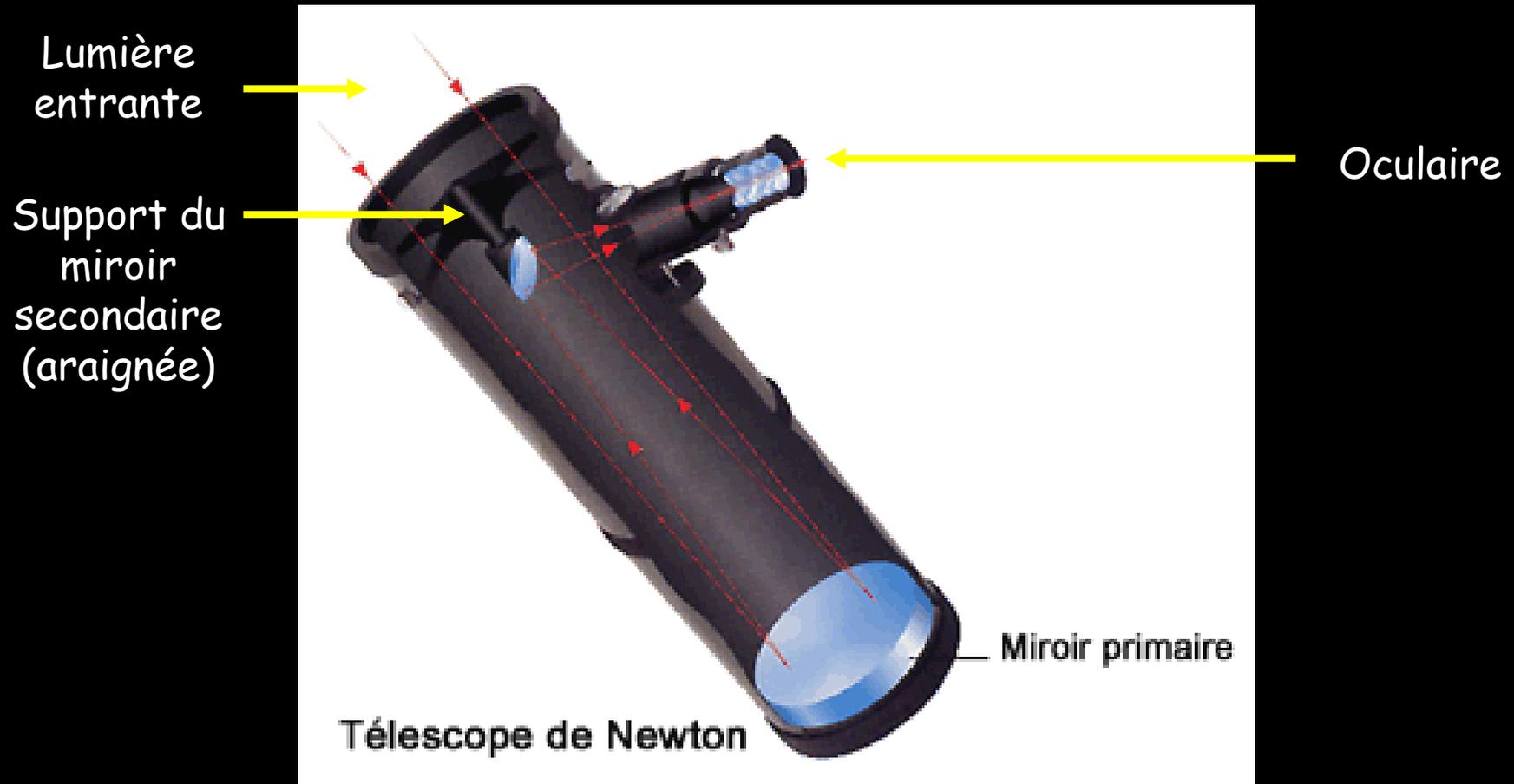
C'est un « **réfracteur** »

Le télescope reflète la lumière en un point à l'aide d'un miroir.

C'est un « **réflecteur** »



Le télescope de Newton



La lumière entre par l'avant du tube. Elle se réfléchit sur le miroir primaire qui la renvoie et la focalise à l'avant du tube. **Pour éviter que l'observateur obstrue l'entrée, on ajoute un miroir secondaire à 45°** pour renvoyer la lumière sur le côté, là où l'observateur ne gênera plus.

Le télescope de Newton

Le télescope diffère peu de la lunette. Il **reflète** la lumière au lieu de la **réfracter**, mais les principes de grossissement (**focale**) et d'amplification de la lumière (**diamètre**), restent les mêmes.

De plus, ces deux types d'instrument possèdent chacun leurs avantages et leurs inconvénients. Le télescope ne remplace donc pas la lunette ...



Cependant, l'avantage indéniable du télescope de Newton comparé à la lunette, c'est le faible coût de fabrication d'un grand objectif.

En effet, un **miroir** de grand diamètre est, jusqu'à aujourd'hui encore, moins cher à la fabrication qu'une **lentille** de grand diamètre.

Le télescope Schmidt-Cassegrain

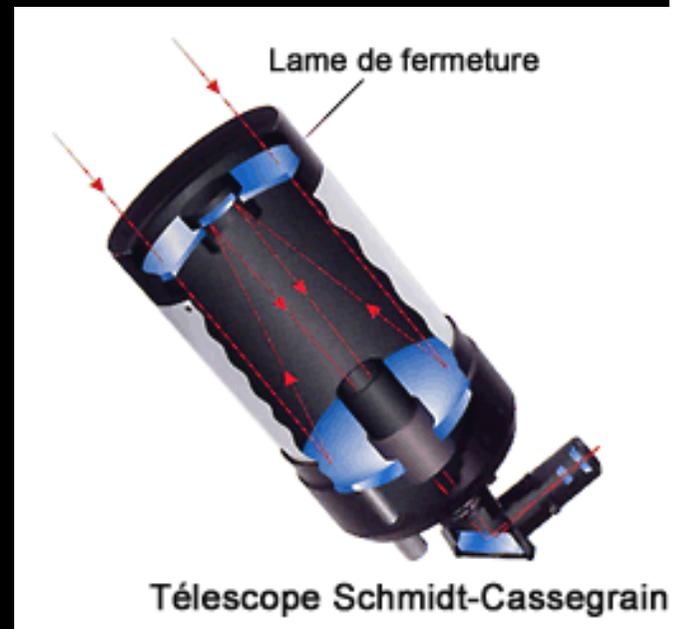


Voici une variante du télescope de Newton.

Ici, pas d'araignée pour supporter le miroir secondaire. C'est une **lame de fermeture en verre** qui le maintient en position.

La lumière traverse d'abord une lame de fermeture, atteint le miroir primaire, se reflète et se concentre sur le miroir secondaire, et, contrairement au type Newton, **repart vers le primaire percé en son centre** pour atteindre l'oculaire.

Grâce à un jeu astucieux d'aller-retour, la distance focale (objectif - foyer) est importante alors que l'encombrement du **tube reste particulièrement compact**.



Le télescope Maksutov-Cassegrain



Encore un autre type de télescope. Celui-ci est très proche du principe optique du Schmidt-Cassegrain (S.C). Seules quelques différences les séparent.

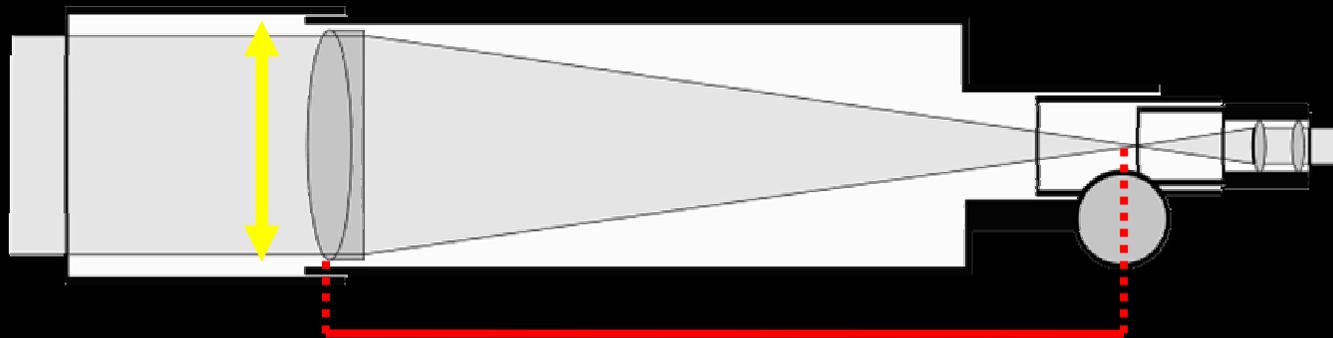
Contrairement au S.C, ce n'est pas une lame de fermeture qui se trouve à l'avant du tube mais un **ménisque correcteur**.

Lunette, télescope : le rapport F/D

Quelque soit l'instrument utilisé, les caractéristiques principales à retenir sont : le **diamètre** et la **focale** de l'objectif.

Le **diamètre (D)**, pour la quantité de lumière récoltée.

La **focale (F)**, pour le grossissement naturel de l'objectif.



On parle souvent pour un instrument de rapport **F/D**.

En astronomie, on juge qu'un instrument a :

un F/D court pour $F/D < 8$

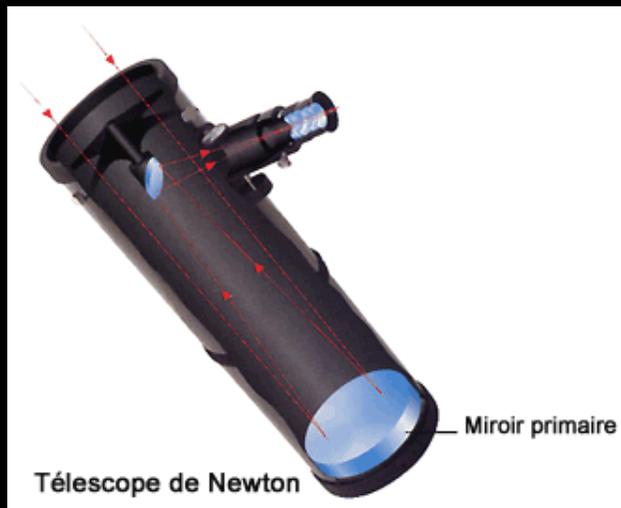
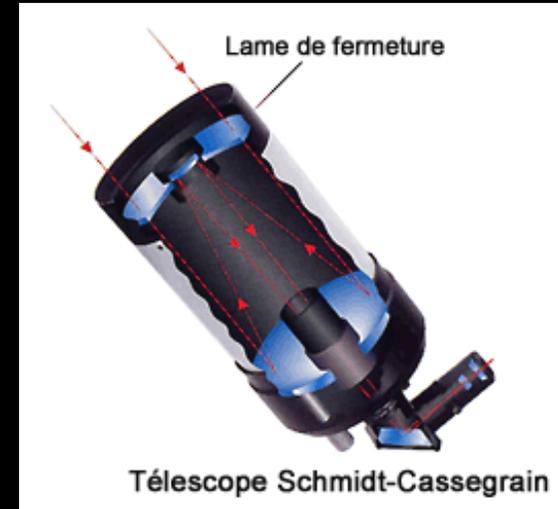
un F/D moyen pour $F/D = 8$

un F/D long pour $F/D > 8$

Lunette, télescope : le rapport F/D



En général, de part leur système optique, les Maksutov.C et les Schmidt.C ont des F/D longs (respectivement de l'ordre de 13 et de 10).

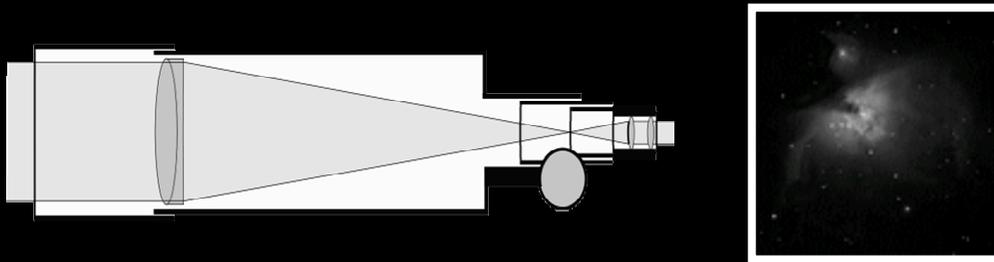


En ce qui concerne les télescopes Newton et les lunettes, le F/D peut-être très variable selon la focale, donc selon la longueur du tube. Elle tourne en moyenne autour de 8



Un F/D qui sème le trouble

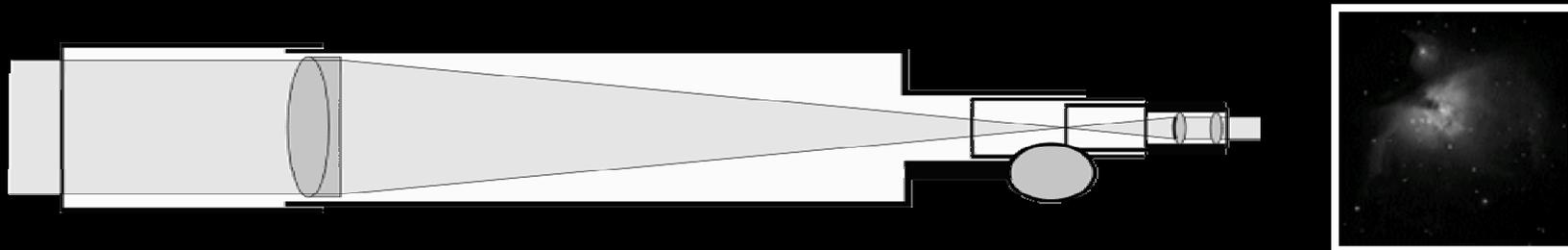
Pourquoi évoquer ce rapport **F/D**, alors que ce qui est important c'est le grossissement et la quantité de lumière donnée par le diamètre ?



Oculaire de 10mm - Grossissement 40x

Prenons par exemple
cette lunette de
diamètre 80mm et de
focale 400mm

Prenons ensuite cette lunette de même diamètre mais de focale 800mm



Oculaire de 20mm - Grossissement 40x

Grâce à un jeu d'oculaires différents, on obtient dans les deux situations le même grossissement, et comme le diamètre, donc la quantité de lumière est la même, on obtient la même image ! Et pourtant, la première lunette fait $F/D = 400/80 = 5$, alors que la seconde fait $F/D = 800/80 = 10$. Le **F/D** d'un instrument ne change donc rien à notre affaire ?! ...

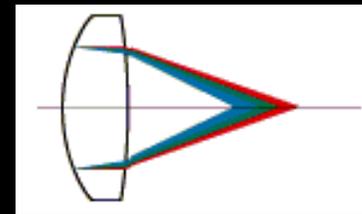
Et pourtant ...

Le F/D entre en scène

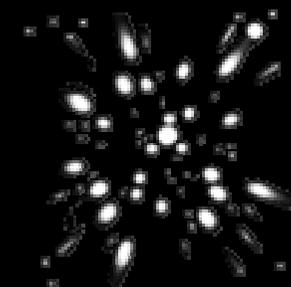
Même si l'on peut « jouer » du grossissement selon la focale des oculaires utilisés, **ceux-ci sont limités dans leur fabrication** à des valeurs comprises entre 3 et 32mm*. Un instrument à grande focale sera donc plus apte pour les très forts grossissements, tandis qu'un de courte focale sera plus adapté pour atteindre les très faibles grossissements.



Il existe aussi une aberration optique nommée: **Chromatisme**. C'est une déviation des couleurs due au passage de la lumière blanche au travers d'une lentille (effet arc en ciel ou prisme). Plus le F/D est court, plus ce phénomène désagréable est présent dans nos observations**.



Les instruments à F/D courts tendent à révéler un défaut supplémentaire : **l'aberration sphérique**, qui donne l'impression que tout ce qui n'est pas au centre du champ de l'oculaire est déformé, étiré.



* Pour le coulant 31.75mm.

** Seul un « réfracteur » est soumis à ce défaut, un réflecteur en est exempt.

Histoires de F/D

Instruments à F/D COURTS	Instruments à F/D LONGS
Faible grossissement naturel de l'objectif. Accès aisé aux grossissements faibles.	Fort grossissement naturel de l'objectif. Accès aisé aux grossissements élevés.
Demande une qualité optique soignée, car tout défaut même minime entraîne un empattement de l'image.	Ne demande pas une qualité optique soignée, ce qui facilite la construction et réduit les coûts de fabrication.
Présente un défaut de chromatisme important qui est amplifié par le grossissement nécessaire à la compensation d'un faible F/D (lunette seulement).	Présente un défaut moindre de chromatisme modérément amplifié par le faible grossissement nécessaire à la compensation d'un F/D fort (lunette seulement).
Nécessite une plus grande précision de mise au point, due à la sensibilité de sa faible profondeur de champ.	Permet une plus grande tolérance à la mise au point, due à la distance plus étendue de sa profondeur de champ.

Lunette versus Télescope

Le télescope, dont l'objectif est formé d'un miroir à la place d'une lentille, n'est pas soumis au phénomène désagréable du chromatisme évoqué précédemment. En ce qui concerne la lunette, certains traitements « anti-dispersion » permettent de limiter ce phénomène sans pour autant le faire disparaître totalement, mais entraînent un coût de fabrication plus important.



Cependant, même si le télescope « gagne » sur le plan du chromatisme, il se démarque sérieusement de la lunette à cause de **l'obstruction formée par la présence du miroir secondaire.**

Les effets de l'obstruction

Le télescope, de part la présence du miroir secondaire, a le défaut de présenter **une ombre désagréable sur l'image lors des très faibles grossissements**. La lunette ne subit pas cet inconvénient.

Il y a des conséquences plus importantes encore :

une partie de la lumière entrante est cachée par le secondaire. **Il y a donc perte**, donc moins de lumière collectée sur le miroir.

Résultat :

un télescope obstrué ne récoltera pas plus de lumière qu'une lunette plus petite mais non obstruée. Exemple : une lunette de 90mm de diamètre récolte autant de lumière qu'un télescope de 100mm de diamètre obstrué à 35%.

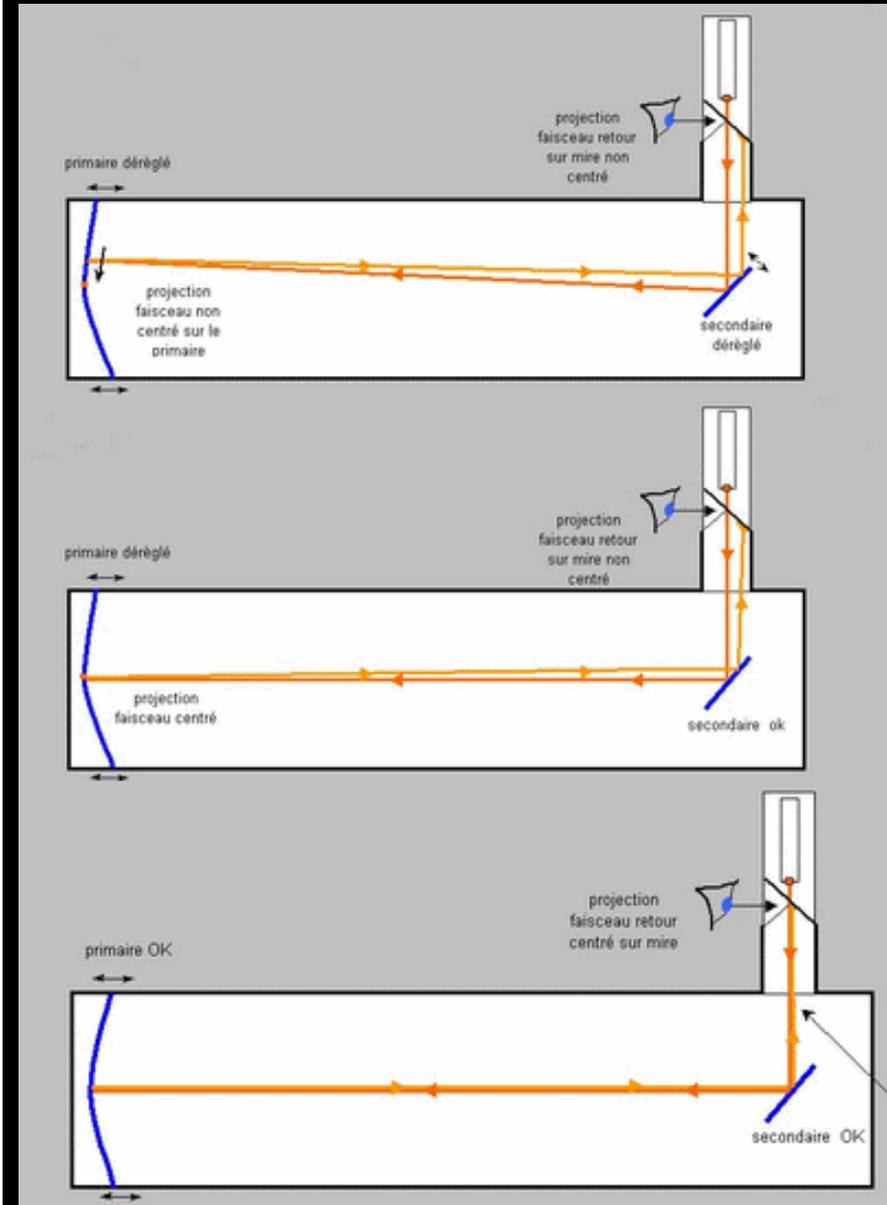
Tout n'est pas perdu :

Si un télescope de 100mm obstrué à 35% ne récolte pas plus de lumière en surface qu'une lunette de 90mm, **il conserve cependant le pouvoir séparateur** d'un instrument de 100mm.

En effet, comme énoncé précédemment, le pouvoir séparateur d'un instrument ne dépend pas de sa surface collectrice complète mais de la taille du diamètre seulement.

Malgré ce qui peut se dire sur le sujet, les effets de l'obstruction ne sont pas désastreux. En général, il y a confusion avec les pertes engendrées par une mauvaise collimation ...

L'importance de la collimation



L'alignement des optiques (la collimation) est un aspect important pour l'obtention d'une bonne qualité d'image.

En effet, et particulièrement dans le cas du télescope de Newton qui se « dérègle » plus facilement que les autres types d'instruments, un mauvais alignement des optiques entraîne une perte de luminosité importante ainsi qu'une dégradation évidente de l'image



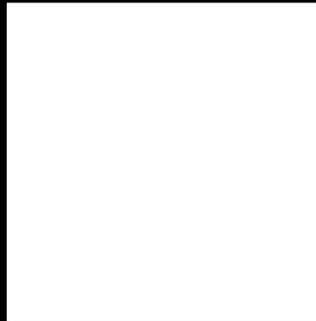
Mieux vaut donc un petit instrument bien réglé, qu'un gros totalement décollimaté !

Comparatif des instruments

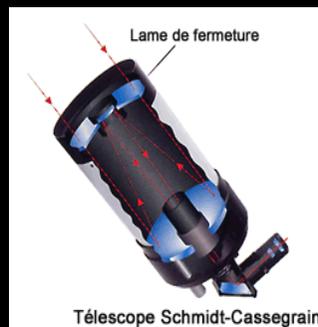
Rentabilité du diamètre (par opposition à l'obstruction)



Lunette



Newton



Schmidt-C



Maksutov-C

Comparatif des instruments

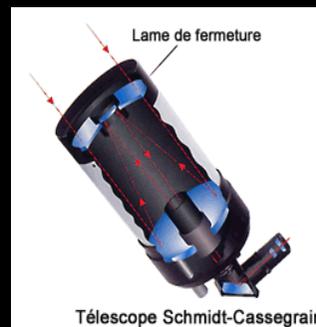
Sensibilité à l'aberration chromatique



Lunette



Newton



Schmidt-C



Maksutov-C

Comparatif des instruments

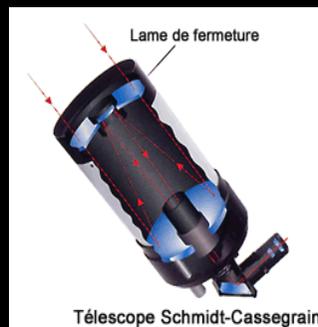
Facilité et faible coût de fabrication



Lunette



Newton



Schmidt-C



Maksutov-C

Comparatif des instruments

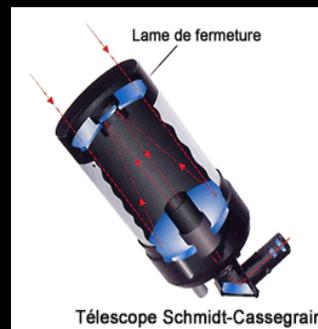
Compacité du tube compte tenu de la focale



Lunette



Newton



Schmidt-C



Maksutov-C

Comparatif des instruments

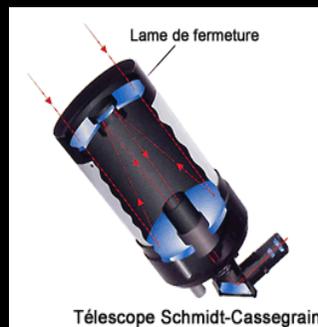
Facilité de construction à F/D courts



Lunette



Newton



Schmidt-C



Maksutov-C

Comparatif des instruments

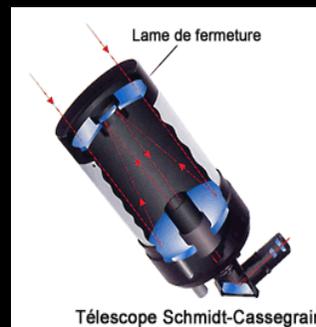
Qualité des faibles grossissements



Lunette



Newton



Schmidt-C



Maksutov-C

Comparatif des instruments

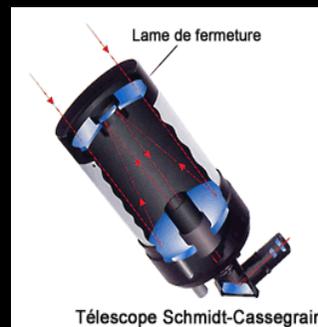
Sensibilité à la turbulence interne



Lunette



Newton



Schmidt-C



Maksutov-C

Comparatif des instruments

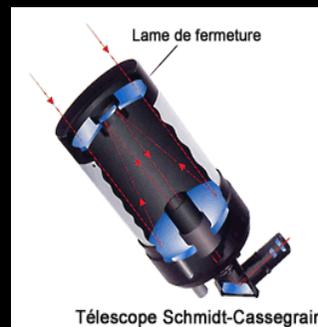
Sensibilité à la buée



Lunette



Newton



Schmidt-C



Maksutov-C

Comparatif des instruments

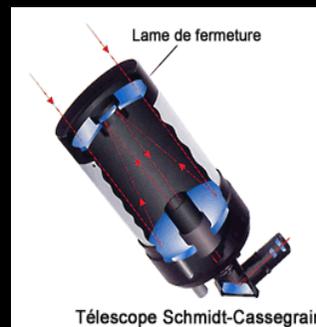
Facilité d'entretien et de réglage



Lunette



Newton



Schmidt-C



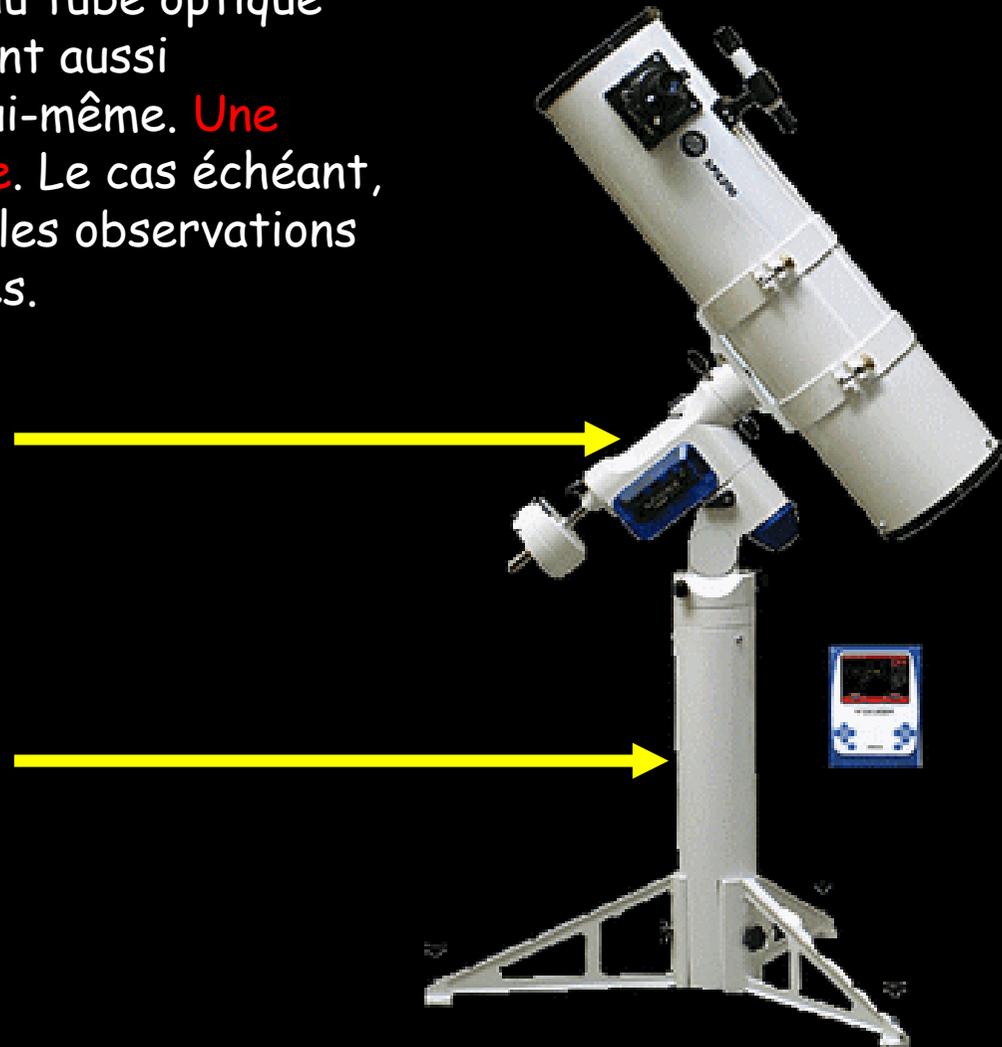
Maksutov-C

Les montures

Les montures sont le support du tube optique (lunette ou télescope). Elles sont aussi importantes que l'instrument lui-même. **Une bonne monture doit être stable.** Le cas échéant, même avec un bon instrument, les observations se révèlent rapidement pénibles.

Il existe différents types de monture : Azimutales ou Équatoriales. Certaines sont motorisées.

Les pieds supportant la monture sont variables selon l'usage. Cela peut-être un pied colonne ou un trépied.



Les montures azimutales



Le principe de la monture azimutale repose sur deux axes : **l'azimut** (gauche-droite) et **l'altitude** (haut-bas). Ce type de monture est simple à manipuler tout en étant peu encombrant. Cependant, sauf dans le cas de motorisations complexes (sur deux axes), le suivi céleste ne peut s'effectuer que manuellement.

Comme il n'y a pas de contre-poids sur ce style de monture, les instruments dont le poids est assez conséquent nécessitent **une fourche** (voire deux) dont la taille est importante par rapport au tube.



Même si l'on retrouve plus facilement des lunettes ou des catadioptriques (S.C, Mak, ...) sur ce genre de monture, on trouve aussi des télescopes de type Newton montés en azimutal. Ces télescopes, nommés **Dobson**, sont très bon marché et conviennent parfaitement pour des observations visuelles.

Les montures équatoriales

La monture équatoriale est plus complexe dans son fonctionnement que la monture azimutale.

Ce type de monture nécessite obligatoirement d'être dirigée vers le pôle nord céleste pour pouvoir fonctionner convenablement. Ainsi, on se retrouve encore avec deux axes (ascension droite et déclinaison), mais la compensation de la rotation céleste peut s'effectuer plus facilement, sur le seul axe d'ascension droite. Ce type de monture est donc facilement motorisable.

Le modèle présenté ici est une **monture équatoriale de type allemande** (avec contre-poids). On trouve aussi des montures équatoriales à fourches, qui ne sont que des montures azimutales inclinées vers le pôle nord céleste.



Les accessoires

En astronomie, il existe dans le commerce tout un lot d'accessoires liés à l'instrument d'observation. Certains sont indispensables, comme par exemple les oculaires, d'autres sont là pour faciliter l'observation, le pointage, etc...



Le porte-oculaire

Pour faire le point sur l'oculaire, il suffit **d'éloigner ou de rapprocher l'oculaire du foyer optique**. Ainsi, un simple tube allonge à tirage (longueur) variable peut faire l'affaire. Cependant, la manipulation est délicate pour atteindre une bonne précision.

Le porte oculaire à crémaillère, ou même de type crayford, plus précis encore, **permet l'ajustement du tirage par la rotation d'une simple molette**. Une option supplémentaire, la **démultiplication**, permet l'ajustement très précis de la mise au point.



Sur les télescopes Schmidt-C et Maksutov-C, le porte oculaire est fixe, et c'est une **molette qui pousse ou tire le miroir pour faire varier légèrement la focale qui fait office de système de mise au point**. On peut bien sûr cumuler le porte-oculaire précédent avec ce système.



Les oculaires

Choisir ses grossissements

En usage astronomique, on peut différencier quatre catégories de grossissements selon les performances de l'instrument.

Le grossissement minimum :

C'est avec cet oculaire que l'on aura le plus de champ et le plus de lumière. En choisissant la focale maximum possible, il servira au pointage et à l'observation des objets très étendus.

Le grossissement moyen :

C'est avec cet oculaire que l'on pratiquera la majorité de nos observations traditionnelles. Il faut choisir une focale de $3 \times F/D$.

Le grossissement utile :

C'est avec cet oculaire que l'on observera en détails les planètes ou les objets du ciel profond. Il faut choisir une focale de 1.5 à $0.7 \times F/D$.

Le grossissement maximum :

Il sera précieux lors des observations sans turbulences atmosphériques ou pour les étoiles doubles. Il faut choisir une focale de $0.5 \times F/D$.

Les oculaires

Champ et lentille d'œil

Il existe plusieurs types d'oculaires, confectionnés avec différentes lentilles selon les modèles (Kellner, Plossl, Lanthanum, etc...).



Parmi les oculaires, certains ont un champ plus grand. **A grossissement égal, la portion de ciel observée est plus grande.** Pour connaître le champ réel, il faut diviser celui que le constructeur annonce par le grossissement (ex: 70° à $35\times$ implique 2° de champ réel observé).



Un paramètre à prendre aussi en compte est la **lentille d'œil** (associée à son dégagement oculaire). **Plus elle est grande, plus il est facile d'observer sans être collé à l'oculaire.** Cela est bien pratique pour les porteurs de lunettes. **A ne pas confondre avec la pupille de sortie, diamètre de la projection sur la lentille d'œil.**

La lentille de barlow

Il est possible d'intercaler entre le porte-oculaire et l'oculaire lui-même une lentille appelée lentille de barlow.



En modifiant l'angle de concentration de la lumière, il permet de modifier la distance du foyer, et donc **de grossir l'image fournie**.

Si cela est utile et permet d'obtenir des grossissements supplémentaires (de l'ordre de 1.5x à 5x), il faut savoir que l'introduction d'un élément dans le trajet optique ajoute des légères pertes de lumière ou l'introduction d'aberrations optiques.

Un principe identique, mais avec une lentille différente, permet d'obtenir des **grossissements inférieurs** (de l'ordre de 0.3x à 0.8x). C'est ce que l'on nomme un **réducteur de focale**.

Le renvoi-coudé



Ce type d'accessoire est particulièrement utile avec les lunettes et télescopes catadioptriques, car **l'observation se fait à l'arrière du tube**. Sans un renvoi-coudé, les observations seraient ainsi délicates autant que douloureuses pour nos cervicales.

Il existe des modèles inclinés à 45° au lieu de 90° , souvent avec la possibilité de redresser l'image. Le système réflecteur à l'intérieur peut aussi, selon les options, être traité différemment (cas du diélectrique) pour permettre une meilleure transmission de la lumière en limitant les pertes induites par cet élément.

Le chercheur

Le chercheur, qui n'est rien d'autre qu'une **lunette en modèle réduit** (grossissement fixe de 6 à 9x), **permet de dégrossir le pointage d'un objet**. Il serait en effet long et délicat, vu le grossissement des lunettes et télescopes, de pointer sans cet accessoire.



Grâce à un réticule en forme de croix, il permet en général un pointage précis. Certains modèles possèdent l'option de redressement de l'image. Il faut choisir si possible un chercheur avec un diamètre minimum de 30mm.



Le système point-rouge ou même le Telrad, à la différence du chercheur traditionnel, **ne grossit pas l'image et permet de superposer un point ou une mire devant la portion du ciel visée**. Ce système peut-être aussi précis et même complémentaire du chercheur traditionnel.

Les filtres

Les filtres colorés, se vissant directement sur la jupe de l'oculaire, **permettent de discerner par augmentation de contraste certains détails planétaires**. Ils ne sont pas particulièrement adaptés par contre pour le ciel profond.



Un jeu de filtres polarisants permet, par rotation, **d'ajuster la quantité de lumière reçue**. Par l'augmentation du contraste, cela se révèle pratique pour l'observation des planètes trop brillante.

Certains filtres sont plus adaptés à l'observation des objets du ciel profond. Le Deep-sky ou LPR permet d'augmenter le contraste en zone de pollution lumineuse, même si cela est bien plus évident en photographie qu'en visuel.



Les filtres UHC, OIII et H-béata permettent efficacement, grâce à un effet passe-bande, **d'augmenter le contraste sur certains types de nébuleuses**.



Les filtres solaires permettent quant à eux d'observer sans danger le disque solaire et ces tâches. On peut en fabriquer un soi-même avec une feuille de papier mylar. Pour les protubérances, il faudra se doter en revanche d'un filtre H-alpha.

L'instrument idéal



Compte tenu de la grande différence entre les différents télescopes et lunettes, **l'instrument qui peut tout faire n'existe pas !**

Il faut choisir son instrument judicieusement, en fonction de l'usage dédié, de son encombrement, de sa transportabilité et bien sûr en fonction de son budget, quitte à le compléter par un instrument secondaire.

Dans tous les cas, il faut essayer de tirer au maximum profit de son instrument avant d'en envisager un autre.

L'instrument idéal, c'est celui qu'on utilise le plus souvent !

Fin !

30 Mars 2007 - David Amill