





LA CAPSULE DU DÉBUTANT

Les lunettes astronomiques

- Les différentes parties
- Les oculaires
- ✓ Défauts et avantages
- ✓ Formules importantes
- ✓ Les types de verres
- Couche antireflet sur les lentilles
- Types de focalisateurs



LES OBJECTIFS

- *Au terme de cette présentation, le participant pourra :
 - Décrire l'anatomie d'une lunette astronomique.
 - Différencier les types de lunettes.
 - Comprendre les défauts des lentilles.
 - Expliquer la notion de transmission de la lumière et les revêtements.



LE BUT DE TOUT TÉLESCOPE

Le but premier de tous les télescopes est de recueillir plus de lumière. Le grossissement doit être considéré comme secondaire. Alors que les télescopes grossissent les objets, la chose la plus importante qu'ils font pour l'observation astronomique est de recueillir beaucoup plus de lumière que l'œil de l'observateur.





LE BUT DE TOUT TÉLESCOPE

Quelques définition:

Achromatique

Les couleurs sont corrigées partiellement.

Apochromatique

• Les couleurs sont beaucoup mieux corrigées.

Doublet (apochromatique ou achromatique)

• 2 lentilles (corrige mieux les couleurs)

Triplet

• 3 lentilles (corrige mieux les couleurs, champ uniforme)

Quadruplet

• 4 lentilles (corrige encore mieux les couleurs, champ uniforme)

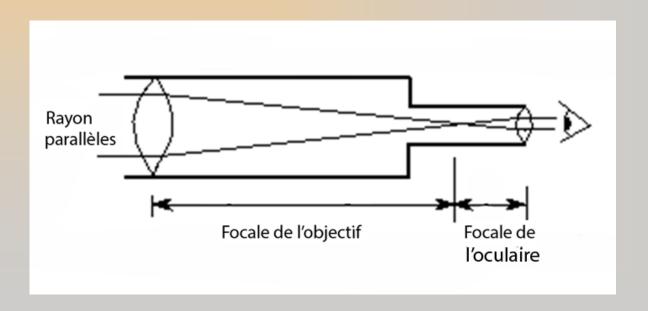
Etc..





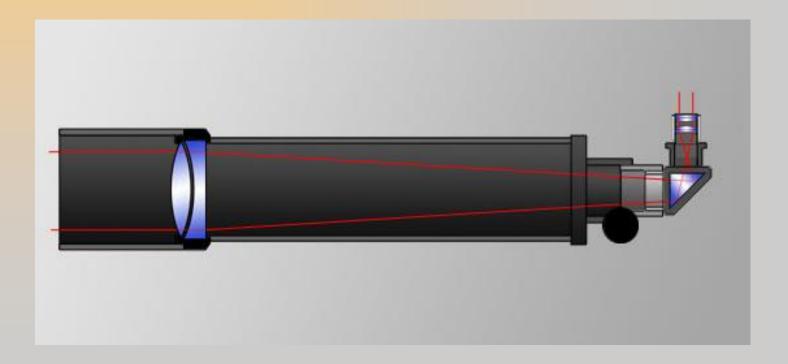
La lunette astronomique ou réfracteur

Historiquement, les premiers instruments fabriqués par l'homme étaient des lunettes astronomiques. (Galilée, en 1609 n'a pas inventé la lunette mais a sûrement été le premier à rapporter des observations astronomiques).



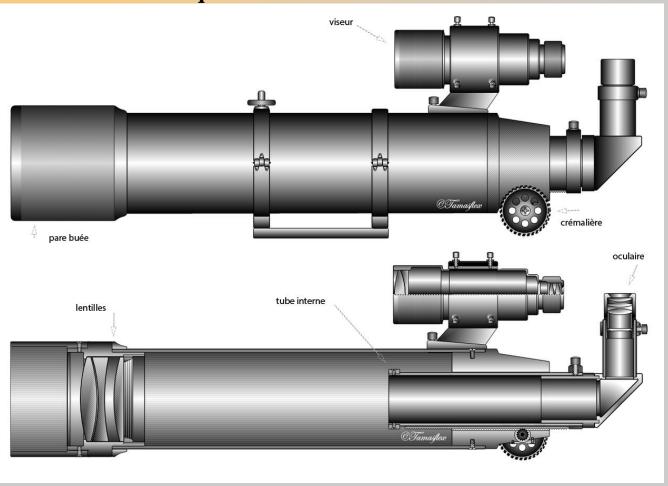


On parle souvent de lunette astronomique ou réfracteur ; c'est un instrument composé de lentilles.

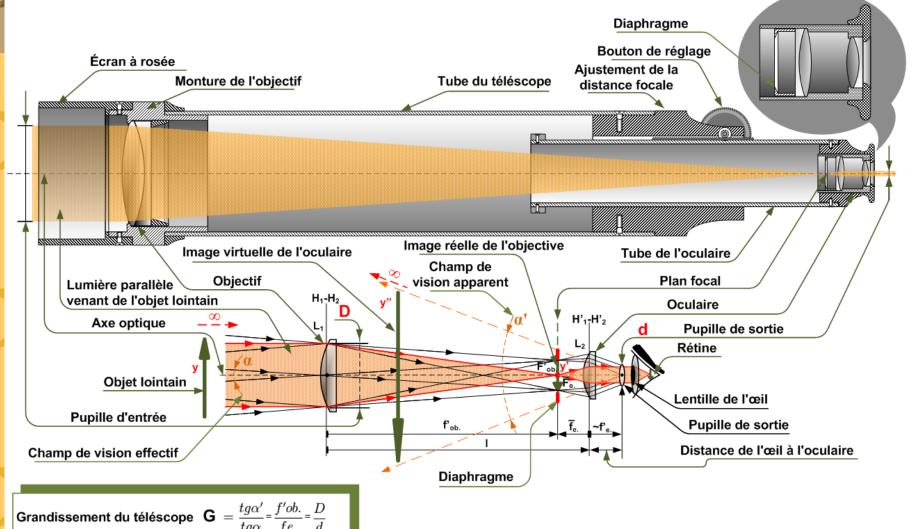




La lunette astronomique ou réfracteur











Le grossissement d'une lunette est donné par la formule suivante :

Longueur focale lunette
$$G = ------$$
Longueur focale oculaire

• Plus l'oculaire est petit plus le grossissement sera important.
On parle souvent de 7,5mm, 10mm, 20mm, 32mm, 40mm ou 50mm



- Magnitude limite : $m = 5 \log D + 2,1$ où D = diamètre de l'instrument
- Pupille de sortie en en mm : P = f / (F / D) (toutes les dimensions sont en mm)

D : diamètre de la lunette F : focale de la lunette f : focale de l'oculaire

Par exemple : 32mm / (580mm / 80mm) = 4,4mm



• La taille du champ à l'oculaire est donnée par la formule suivante:

C = champ oculaire / (F / f)

f : focale de l'oculaire en mm

F: focale de l'instrument en mm

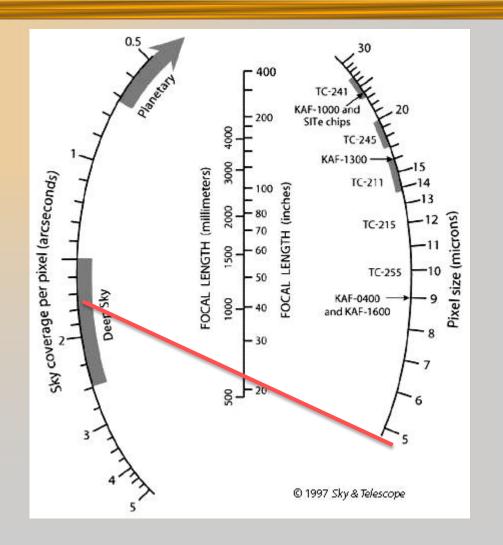
Par exemple: $68^{\circ} / (580 \text{mm} / 32 \text{mm}) = 3,75^{\circ}$ de champ soit plus de 6,5 fois

le diamètre de la lune)



Graphique pour les Astrophotographes:

Résolution en secondes d'arc par rapport à la taille des pixels et la focale de la lunette ou du télescope.



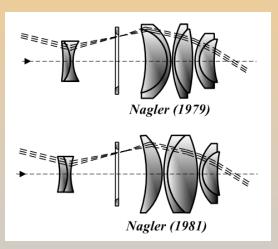


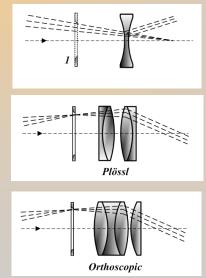


Les oculaires jouent un rôle très important pour l'observation visuelle. Il existe une multitude de types d'oculaires sur le marché.

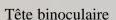
Certains types seront optimisés pour l'observation de planètes, alors que

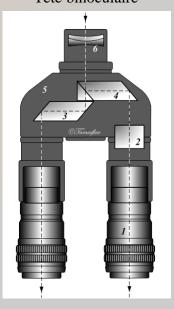
Certains types seront optimisés pour l'observation de planètes, alors que d'autres seront optimisés pour le ciel profond.





Les nombreuses lentilles composants un oculaire permettent de corriger des défaut tel que : astigmatisme, chromatisme et autres distorsions

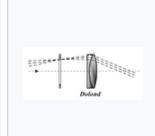
















Galilean oculaire

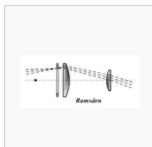
Kepler oculaire

Dolond oculaire

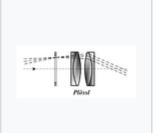
Herschel oculaire

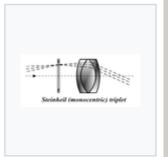
Huygens oculaire









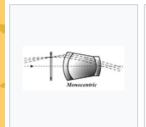


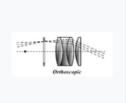
Ramsden oculaire

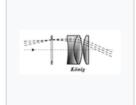
Kellner oculaire

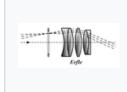
Plössl oculaire

Steinheil oculaire

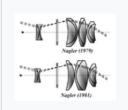


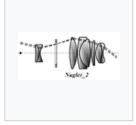












Monocentric oculaire

Orthoscopic oculaire

König oculaire

Erfle oculaire

RKE oculaire

Nagler oculaire

Nagler oculaire



Une des valeurs les plus importante est le champ apparent de l'oculaire.

On parle souvent de 50°, 60°, 80° et même 100°. Ceci influence le champ du ciel observé.

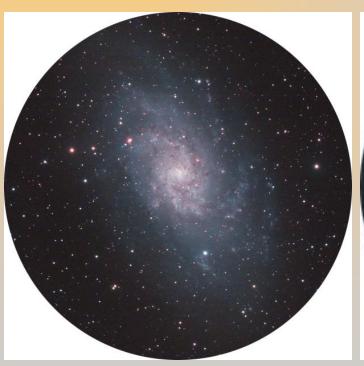


Même focale oculaire, même télescope mais champ apparent oculaire différent.





Ceci influence le champ du ciel observé. Il est lié à la focale de la lunette.



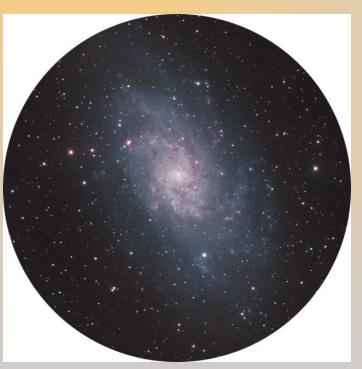


Même oculaire, mais télescope différents.

C = champ oculaire / (F / f)



Et aussi, le champ du ciel observé est lié à la focale de l'oculaire.



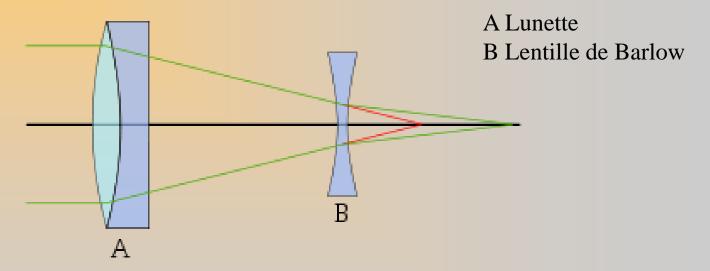


Même champ pour l'oculaire, même télescope, mais focale oculaire différente.

Par exemple : 32mm 80° versus 16mm 80°



Lentille de Barlow

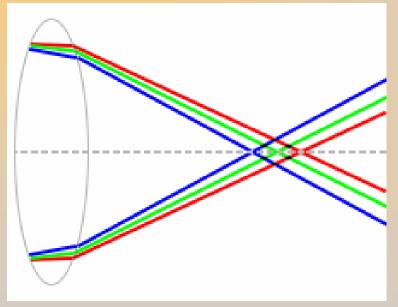


 Lentille de Barlow : Permet d'augmenter la focale effective du télescope, par conséquent le grossissement.
 Par exemple, un oculaire de 15mm devient 7.5mm, il existe des Barlow de 1.5x, 1.6x, 2x et 3x (ce dernier n'est pas recommandé).

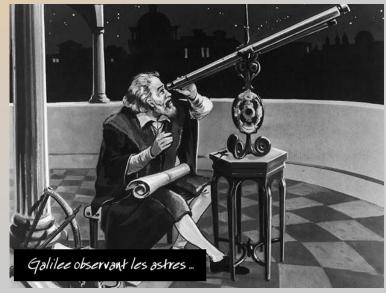




Aberration chromatique, (le simplet)

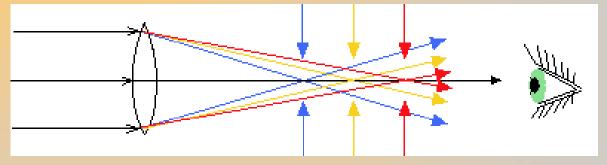


Les différentes longueurs d'onde ne focalisent pas à la même place.





Aberration chromatique



Un défaut qui tracasse tous les fabricants depuis 400 ans!







Aberration chromatique

Il y a deux façons de réduire l'aberration chromatique.

- Utiliser plusieurs lentilles pour réduire la dispersion.
- Utiliser une distance focale très longue (distance entre le foyer et l'objectif) pour minimiser l'effet. C'est pourquoi les premiers télescopes réfractaires étaient longs.

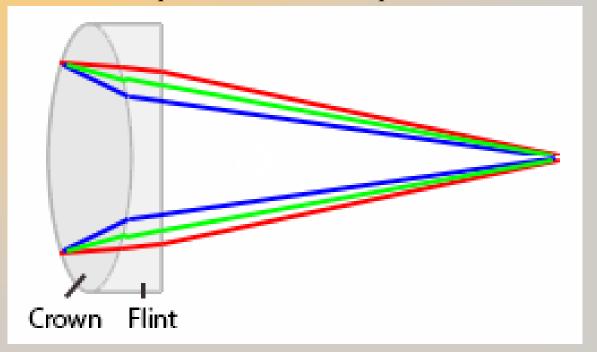
La lumière ultraviolette ne traverse absolument pas l'objectif. À cause de l'absorption, la lumière diminue à mesure que l'épaisseur de la lentille augmente. Les longueurs d'ondes plus courtes sont d'avantage affectées.

Il est difficile de réaliser une lentille en verre sans imperfections à l'intérieur de l'objectif et avec une courbure parfaite des deux côtés de l'objectif.





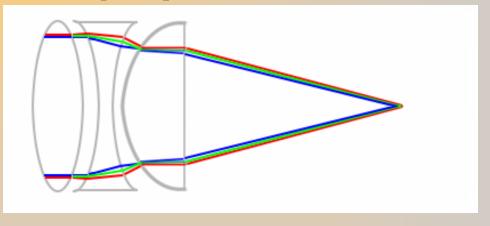
Aberration chromatique, doublet achromatique

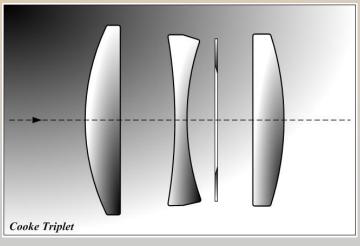


Le **doublet** achromatique a été inventé en 1730 par Chester Moore Hall Formé d'une lentille convergente en verre de type Crown et d'une lentille divergente en verre de type Flint.



Aberration chromatique, triplet







Avantages et inconvénients

Réfracteur Achromatique :

- Observation terrestre / céleste
- Pas très bon pour la photographie
- Habituellement moins compact qu'un réfracteur apochromatique de diamètre similaire
- Relativement peu coûteux

Réfracteur apochromatique :

- Observation terrestre / céleste
- Excellent pour la photographie
- Habituellement plus compact qu'un réfracteur achromatique de diamètre similaire
- Coûteux



LES TYPES DE VERRE

Types de verre dans les réfracteurs

Les réfracteurs apochromatiques sont plus chers que les réfracteurs achromatiques car ils contiennent plus de verre.

Ils utilisent aussi des verres dit à faible dispersion qui sont beaucoup plus chers à fabriquer.

Il y a d'autres longueurs d'onde de lumière (violet, par exemple) qui ne focaliseront pas au même point. Cela signifie qu'il reste des aberrations chromatiques.

Cette fausse couleur restante peut être encore minimisée en utilisant des types exotiques de verre ou en la bloquant avec un filtre.



LES TYPES DE VERRE

Les verres ED à dispersion extra-faible comme par exemple la fluorite (fluorure de Calcium), diffusent moins les différentes couleurs de la lumière que les verres ordinaires.

Cela signifie que la fausse couleur restante est inférieure à ce qu'elle serait dans un objectif apochromatique utilisant des lentilles standards.

Un tel réfracteur apochromatique est idéal pour la photographie et l'observation à haute résolution. Malheureusement, ces types de télescopes sont également parmi les plus chers.

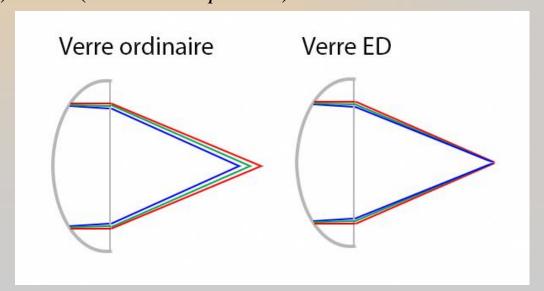
Une autre application de ces types de verre est dans les réfracteurs achromatiques de qualité supérieure. En utilisant du verre ED ou de la fluorite dans un objectif de doublet, l'aberration chromatique peut être significativement minimisée sans avoir besoin de trois lentilles.



LES TYPES DE VERRE

Lentilles ED

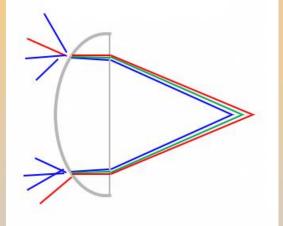
ED est synonyme de très faible dispersion (extra-low-dispersion). Une lentille simple ne réfracte pas les différentes couleurs de la lumière de façons uniforme, ce qui est semblable à un prisme. Le verre ED réduit cette dispersion des différentes longueurs d'onde de la lumière. Il permet une meilleure correction de l'aberration chromatique dans les réfracteurs, les lentilles de caméra et les jumelles. On parle aussi de verre SD (super-low dispersion) et UD (ultra-low dispersion).











Selon le type de verre, on peut perde 15% de la lumière reçue.

Plus le télescope et les oculaires ont de lentilles, plus on perd de la lumière.

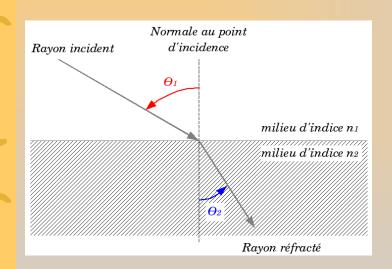
On a du trouver un moyen de garder le plus de lumière possible. On appelle cette couche « antireflet ».

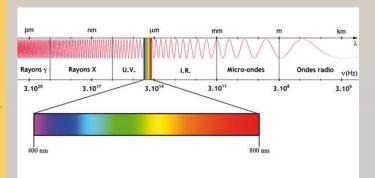
Pour faire entrer plus de lumière, on doit mettre des couches de revêtements qui vont modifier l'indice de réfraction et permettre une plus grande transmission.

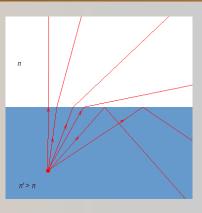


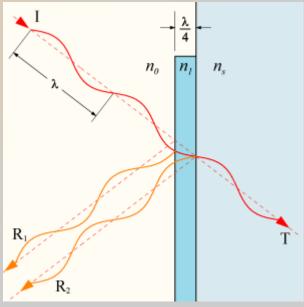


$$n_1 \cdot \sin(\theta_1) = n_2 \cdot \sin(\theta_2)$$











Lens coatings (antireflet de lentilles)

Fully coated: Les deux côtés de la lentille ont été revêtus reçu une couche antireflet. Les matériaux les plus souvent utilisés comprennent l'oxyde d'aluminium, l'oxyde de titane, le fluorure de magnésium et les revêtements antireflets composés de dioxyde de silicium.

Multi-coated lenses:

Toutes les lentilles ont été revêtues.

Le fluorure de magnésium est largement utilisé.



- Triplet air-spaced objective (FPL-53) in adjustable CNC machined ultra high precision lens cell.
- Extremely sharp with excellent color correction.
- Each lens is Fully Multi-Coated with a special super-high transmission coating (STM Coating) on all surfaces
- .• This f/5.9 lens is ideal for astrophotography.





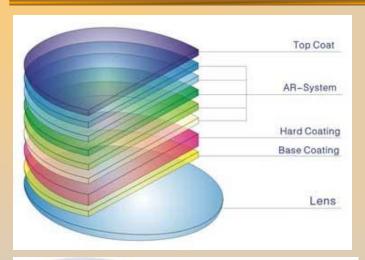
Les fabricants de lunettes pour la vue ont bien compris le principe des couches antireflets.

Les lentilles récentes (objectif photos ou oculaire de télescope par exemple) utilisent des couches antireflet, les réflexions vertes, jaunes-brun Indiquent que tous les lentilles sont recouvertes d'une ou de plusieurs couches antireflet.

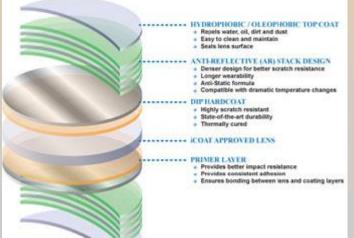
















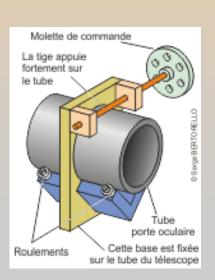
TYPES DE FOCALISATEUR



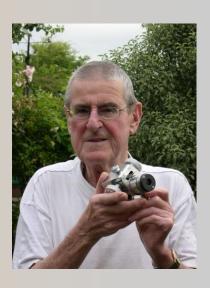
TYPES DE FOCALISATEUR

Types de focalisateur

Le focalisateur Crayford est un mécanisme de focalisation simplifié pour les télescopes astronomiques amateurs. Les centreurs Crayford sont considérés comme supérieurs aux dispositifs de mise au point à crémaillère d'entrée de gamme, que l'on trouve normalement dans ce type d'appareil. Au lieu de la crémaillère, ils ont un arbre à ressort lisse qui maintient le tube de mise au point contre quatre roulettes opposées et contrôle son mouvement. Il est nommé d'après la Crayford Manor House Astronomical Society, à Crayford, Londres, en Angleterre, où il a été inventé par John Wall.









TYPES DE FOCALISATEUR

Types de focalisateur

Le focalisateur à crémaillère

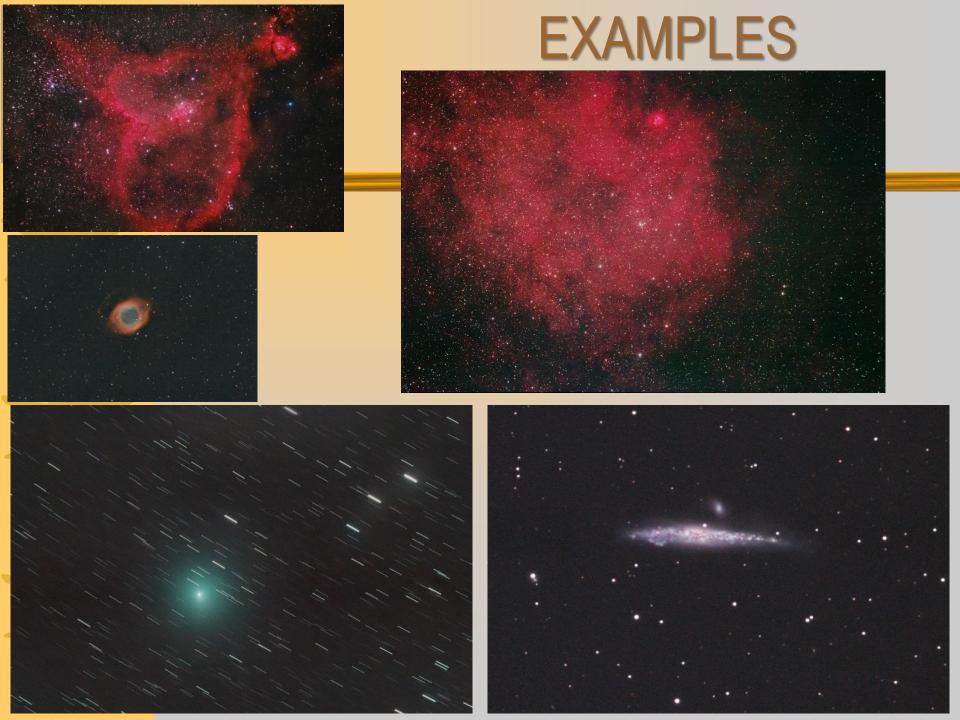
Une crémaillère est un dispositif mécanique constitué d'une tige ou d'une barre (le plus souvent métallique) garnie de crans ou de dents.

C'est le porte oculaire le plus répandu parmi les instruments du commerce notamment les longues vues, les lunettes et les télescopes bon marché. Il en existe de tous les niveaux de qualité.

Un tube intérieur qui porte l'oculaire est solidaire d'une crémaillère dont la translation est provoquée par la rotation d'un bouton de commande. On considère habituellement que cette solution est plutôt adaptée aux longues focales mais certains modèles sont équipés d'un mécanisme démultiplicateur qui leur permet une précision de mise au point compatible avec les instruments très ouverts. Notons toutefois que pour ces derniers instruments l'encombrement de ce dispositif est un sérieux inconvénient. En effet, pour avoir un grand champ de pleine lumière et un petit miroir secondaire il faut diminuer au maximum le dégagement du foyer sur un télescope. Or l'encombrement du porte oculaire à crémaillère contrarie cette recherche d'optimisation.











Les avantages de la lunette

- La lunette astronomique est un objet solide et robuste.
- Système optique plus résistant aux défauts d'alignement qu'un télescope à miroirs.
- La lunette nécessite très peu d'entretien grâce à son système de tube très hermétique.
- Pas affectée par les gros courants d'air internes, et très peu par les changements de température, ce qui permet d'obtenir des images plus nettes et plus stables que les télescopes de type réflecteur.
- Très bon instrument pour commencer, car il n'y a presque aucun réglage à effectuer.
- Les prix varient entre 80\$ à environ 3 500\$ pour une qualité très acceptable (60 à 90 mm).
- Facile à transporter, faible encombrement par rapport à un télescope.
- Meilleure qualité d'image, par rapport à un télescope, dans un environnement pollué par la lumière urbaine.
- Excellente pour l'observation planétaire.
- Permet des observations à grand champ.
- Permet de pratiquer l'observation terrestre.



Les inconvénients de la lunette

- Bien que l'on fabrique encore d'excellentes grandes lunettes, on en utilise très peu en recherche astronomique.
- La lunette d'astronomie a toujours de l'aberration chromatique (distorsion des couleurs).
- Plus l'épaisseur de la lentille augmente, plus la lumière passe difficilement.
- La lunette astronomique n'est pas adaptée pour observer le ciel profond visuellement, mais performe en photographie par contre.
- À diamètre égal, la lunette est plus performante qu'un télescope, mais avec un prix exorbitant.
- Le prix est exponentiel avec le diamètre. (12 pouces 100 000\$)



Les fabricants de lunettes:

Consulter le site suivant pour avoir la liste des fabricants :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Cat%C3%A9gorie:Fabricant_de_t%C3%A9lescopes

Parmi les marques les plus connues:

- Celestron
- Meade Instruments
- Vixen (entreprise)
- Sky-Watcher
- Explore Scientific
- Takahashi
- Tasco
- Televue



RÉFÉRENCES



Références

- https://starizona.com/acb/basics/equip_telescopes_refractors.aspx
- http://www.astronomynotes.com/telescop/s2.htm
- http://www.astrosurf.com/sogorb/takahashi/takahashi_fsq.html
- https://www.astrofiles.net/astronomie-les-differents-types-de-telescopes-44.html
- http://www.ebay.co.uk/gds/How-Important-Is-Lens-Coating-When-Buying-a-Telescope-/1000000177329728/g.html
- http://www.astrosurf.com/luxorion/rapport-coating-fr.htm
- https://www.edmundoptics.com/resources/application-notes/optics/anti-reflection-coatings/
- <u>http://astronomie.quebec/telescopes.php</u>
- <u>www.al.lu/physics/deuxieme/mousset/lentilles_convergentes.pdf</u>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Oculaire
- http://www.astrosurf.com/agerard/quesako/formules_optiques.html
- http://serge.bertorello.free.fr/argument/opinion.html