



# Instruments d'astronomie et optique



Michel Monesma - 2024  
Balcon des Étoiles

# Les différents types de télescope

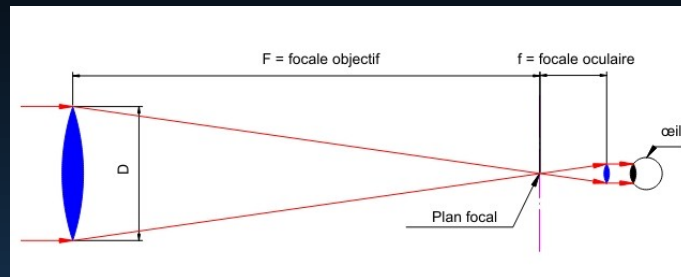
- ★ Les différents types d'instrument ont tous une même fonction : récolter plus de lumière que l'œil ne peut en percevoir afin de pouvoir déceler un maximum de détails de l'objet observé.
- ★ Pour cela ils sont constitués d'un système optique collecteur de lumière qui va concentrer l'image de l'objet observé en un point appelé foyer. Un accessoire interchangeable comparable à une loupe, l'oculaire, va alors agrandir l'image obtenue au foyer et la diriger vers l'œil de l'observateur.
- ★ Il existe 3 grandes familles de télescopes
  - ➔ La lunette astronomique aussi appelée réfracteur. Le terme de lunette est une spécificité de la langue française.
  - ➔ Le télescope réflecteur
  - ➔ Les télescopes Cassegrain et catadioptriques

# Exemples de télescopes



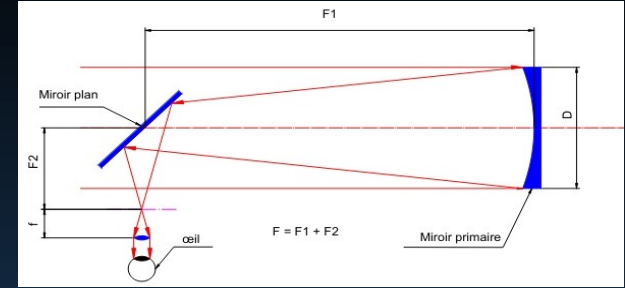
# La lunette astronomique ou réfracteur

- ★ Il s'agit d'un système optique utilisé par Galilée, constitué de lentilles.
- ★ La lentille convergente, simple pour les dispositifs dits achromatiques ou multiple pour les systèmes apochromatiques, est appelée objectif. C'est par là que la lumière est réfractée.
- ★ C'est un système simple et robuste peu sensible aux problèmes de collimation.
- ★ Le système achromatique provoque un effet optique appelé « aberration chromatique » (sorte d'arc-en-ciel autour de l'image).
- ★ Le système apochromatique réduit très fortement les aberrations chromatiques et permet d'obtenir des images de très bonne qualité.
- ★ Ce système produit des images renversées verticalement et horizontalement.
- ★ Le prix des petits diamètres pour les enfants sont peu élevés mais pour des instruments de qualité le prix monte très rapidement et peut atteindre des sommets !



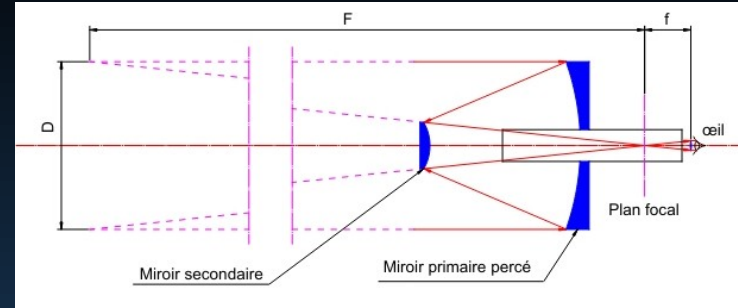
# Le télescope réflecteur ou de Newton

- ★ La construction de ce type de télescope a été imaginée par Isaac Newton. Il est généralement constitué de 2 miroirs en verre poli aluminisé.
- ★ Le miroir primaire concave est de forme paraboloidale (souvent sphéroïdale pour les petits diamètres) et renvoie la lumière vers le miroir secondaire.
- ★ Le miroir plan secondaire renvoie la lumière vers l'oculaire. L'image est inversée verticalement.
- ★ Ces télescopes sont souvent réalisés avec une ouverture autour de 5 ( $F / D$ ) les destinant surtout au ciel profond.
- ★ Ce système génère une aberration de coma surtout sur les bords du champ des télescopes très ouverts.
- ★ Le miroir secondaire provoque une obstruction qui fait perdre un peu de lumière. L'araignée de support du secondaire génère des aigrettes de diffraction caractéristiques surtout sur les photos.
- ★ La nécessité de refaire la collimation en cas de déplacement du télescope est son principal défaut ; cette opération pourtant simple rebute souvent les débutants.



# Les télescope Cassegrain et catadioptriques

- ★ Ces télescopes sont caractérisés par un système à 2 miroirs. Le primaire, concave, est percé. Le secondaire est convexe. L'oculaire sera donc dans l'axe du télescope comme pour les lunettes. Un baffle empêche l'entrée directe de la lumière dans l'oculaire afin de ne pas dégrader le contraste.



- ★ Ce principe permet d'obtenir de grandes focales pour un encombrement réduit.
- ★ Les télescopes du type Cassegrain ne sont pas fermés et le secondaire est maintenu par une araignée comme sur les télescopes de Newton. Cela évite les problèmes de buée et favorise une stabilisation de la température plus rapide.
- ★ Les télescopes catadioptriques sont conçus sur le même principe de miroirs mais possèdent en plus une lame de fermeture qui peut être considérée comme une lentille.
- ★ Il existe beaucoup de variantes sur ces formules mais les plus communes sont : Cassegrain, Schmidt-Cassegrain, Maksutov-Cassegrain et Ritchey-Chrétien. Ils se différencient par la géométrie de leurs miroirs et la présence ou non d'une lame de fermeture.
- ★ Les images sont inversées dans les 2 sens.

# Le télescope Cassegrain

- ★ Le télescope Cassegrain est souvent ouvert à plus de 12 et jusqu'à 30, le destinant principalement à du planétaire et aux petits objets du ciel profond.
- ★ Le miroir primaire est parabolique et le secondaire est hyperbolique.
- ★ Dépourvu de lame de fermeture il est très performant en infrarouge et son taux de transmission lumineuse est très élevé ( $\geq 99\%$ ). Le contraste et le piqué d'image sont meilleurs que sur les catadioptriques.
- ★ Il souffre d'aberrations de coma et d'astigmatisme mais elles sont peu handicapantes du fait de la grande ouverture de ces télescopes.
- ★ La mise au point se fait avec un Crayford.
- ★ Peu sensible à la décollimation.



# Le télescope Schmidt-Cassegrain (SCT)

- ★ C'est un télescope polyvalent souvent ouvert à 10 et très utilisé par les astronomes amateurs.
- ★ Le miroir primaire est sphérique et la lame de Schmidt corrige les aberrations de sphéricité. Le secondaire est habituellement aussi sphérique.
- ★ Le secondaire est fixé sur la lame de Schmidt évitant ainsi les aigrettes dues aux araignées.
- ★ Cet instrument est sensible à la buée.
- ★ Il est légèrement sensible à la décollimation.
- ★ Il génère un défaut de coma qui peut facilement se corriger et les images ont moins de piqué que sur d'autres systèmes.
- ★ La mise au point se fait en déplaçant le miroir primaire et génère ainsi un effet de tilt gênant pour la collimation.



# Le télescope Maksutov-Cassegrain

- ★ Ce télescope est réalisé à partir d'un miroir primaire sphérique. Un ménisque placé à l'avant corrige les aberrations de sphéricité.
- ★ Il est pourvu d'un miroir secondaire faiblement divergent qui parfois même se résume à une simple aluminure sur le centre du ménisque.
- ★ Il est couramment ouvert entre 10 et 16, le spécialisant surtout pour le planétaire et les petits objets du ciel profond.
- ★ La mise au point se fait en déplaçant le miroir primaire.
- ★ Il est beaucoup plus lumineux qu'un SCT et offre un bien meilleur piqué d'image. La qualité d'image est proche de celle d'une lunette.
- ★ Comme le SCT il est sensible à la buée mais pas sensible à la décollimation.
- ★ Il ne génère pas d'aigrettes de diffraction.
- ★ Son prix progresse très vite avec le diamètre.



# Le télescope Ritchey-Chrétien

- ★ C'est la Rolls des télescopes qui fait rêver beaucoup d'astronomes amateurs. C'est la formule optique retenue pour les plus grands télescopes au monde et même pour le TS Hubble.
- ★ Il est constitué de 2 miroirs hyperboliques, éliminant ainsi presque complètement les aberrations de coma. Il ne souffre donc pas d'aberration de sphéricité.
- ★ Son très bon piqué d'image et le très bon contraste le destine particulièrement à l'astrophotographie.
- ★ Il est disponible à des ouvertures relativement grande entre 7 et 10. En lui adjoignant un réducteur de focale on obtient un astrographe grand champ d'excellente qualité.
- ★ La mise au point se fait avec un Crayford.
- ★ Son principal défaut ? Son prix élevé. On peu maintenant trouver des Ritchey-Chrétien à des prix abordables pour des 200 à 250 mm.



# Un peu d'optique

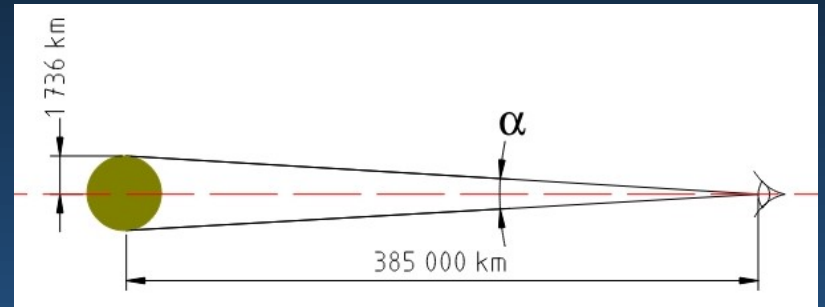
- ★ Nous allons aborder les principes de base de l'optique appliquée aux télescopes. Il y sera question de quelques formules mais heureusement simples.
- ★ En astronomie nous observons des objets très vastes mais aussi très éloignés et ils nous apparaissent très petits vus de la Terre. C'est pour cela que nous parlons plutôt d'angle apparent que de taille, la seule unité absolue étant utilisée pour évaluer la distance des objets (UA, AL, parsecs).
- ★ Prenons un exemple, observation de la lune. Elle a un rayon d'environ 1 736 km et se situe à 385 000 km au jour de l'observation.

L'angle  $\alpha$  sera égal à  $0,5167^\circ$  soit environ  $31'$

$$\text{d'arc : } \alpha = 2 \cdot \arctan\left(\frac{1736}{385\,000}\right)$$

Nous obtiendrions le même angle pour un objet de rayon 1,736 km situé à 385 km.

- ★ Les subdivisions du  $^\circ$  sont la minute d'arc, la seconde d'arc.



# Le grossissement et l'ouverture

- ★ Nous avons vu, lors de la présentation des formules optiques, 3 grandeurs caractéristiques d'un télescope en observation :
  - Le diamètre du télescope :  $D$
  - La longueur focale du télescope :  $L$
  - La focale de l'oculaire :  $l$
- ★ L'ouverture =  $\frac{F}{D}$  et le grossissement  $G = \frac{L}{l}$
- ★ Une ouverture faible procure un plus grand champ et est plus adaptée aux grands objets en ciel profond. En visuel l'ouverture n'a pas d'influence sur la luminosité car seul le diamètre de l'instrument compte ; en astrophotographie une ouverture faible génère plus de luminosité et des temps de pose réduits. Plus on utilise un grossissement important et moins nous avons de contraste. Le grossissement maximum est de  $2,5 \times D$  avec une optique de qualité et un bon seeing.

## Le porte oculaire et l'obstruction

★ Le porte oculaire existe en 2 coulants qui sont principalement :

→ 50.80 mm, soit 2" (pouces)

→ 31.75 mm, soit 1 ¼ " (pouce) le plus couramment utilisé en amateur.

$$\text{Champ max} = 2 \cdot \arctan \frac{C}{2 \cdot F} \quad \text{En } ^\circ \text{ avec } C = \text{diamètre du coulant en mm}$$

exemple SCT de 2030 mm de focale et coulant 31.75 = 0,9 ° et un Newton de 1 000 mm de focale avec le même coulant = 1,8° ( Valeur max théorique ! ).

★ Les télescopes autres que des lunettes ont un miroir secondaire qui diminue la quantité de lumière collectée par le miroir primaire.

$$\text{Obstruction} = \frac{d}{D} \quad \text{Et} \quad \text{Perte de luminosité} = \frac{d^2}{D^2} \quad (d = \text{diamètre du secondaire})$$

Exemple : SCT de 203 mm avec un secondaire de 70 mm :

Obstruction = 34.5 % et perte de luminosité = 12 %

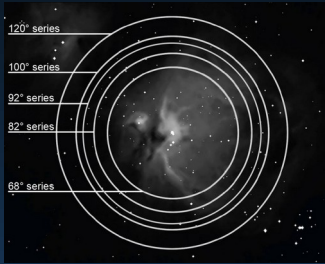
# l'oculaire

- ★ Il existe plusieurs types d'oculaires qui se distinguent par leurs longueurs focales et leurs champs de vision. Les plus courants sont :
  - Plössl : champ  $52^\circ$
  - Grand angle : champ  $68^\circ$
  - Très grand angle : champ  $82^\circ$
- ★ Les focales les plus courantes vont de 5 mm à 40 mm. Il faut se rappeler que c'est la focale de l'oculaire qui donnera le grossissement pour un télescope donné. Sauf avec certaines séries d'oculaires, il faudra refaire la mise au point quand nous changerons de grossissement.
- ★ La lentille de sortie est celle par laquelle on observe.
- ★ Le « tirage d'anneau » aussi appelé improprement « relief d'œil » est la distance maximale où l'on doit positionner son œil pour observer le champ complet de l'oculaire.



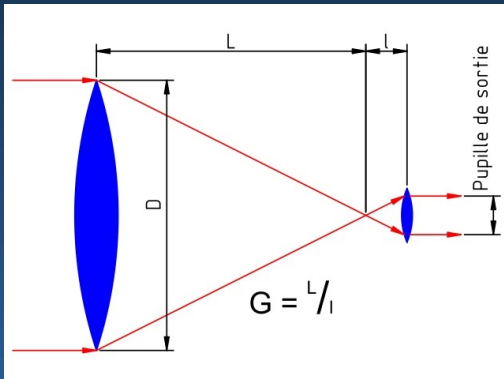
- ★ Le champ apparent est celui de l'oculaire. Si l'on grossit l'image le champ réel que verra l'observateur sera réduit :

$$\text{champ réel} = \frac{\text{champ apparent}}{\text{grossissement}} \quad \text{un Plössl grossi à 100x donnera } 0,52^\circ \left(\frac{52}{100}\right)$$



Exemple de champs réels d'une nébuleuse avec des oculaires de très grands champs apparents.

- ★ La pupille de sortie est la taille de l'image observée par l'œil en sortie d'oculaire.



À ne pas confondre avec la pupille de l'œil qui varie selon la luminosité. Pour un adulte elle mesure environ 6-7 mm dans l'obscurité.

$P_s = \frac{D}{G}$  La luminosité n'est pas liée à la pupille de sortie et pour 2 instruments de même ouverture avec le même oculaire, la luminosité sera la même mais l'image sera plus grande avec celui ayant le plus grand diamètre.

# Lentille de Barlow et réducteur de focale

- ★ La lentille de Barlow, tout comme le réducteur de focale, s'intercale entre la sortie du porte oculaire et l'oculaire.  
Elle est caractérisée par un facteur, par exemple 2x ; dans ce dernier cas la focale de l'instrument sera multipliée par 2.  
Elle permet d'augmenter le grossissement au détriment du champ réel. Elle est surtout utilisée en planétaire et parfois pour des petits objets du ciel profond.
- ★ À contrario le facteur du réducteur de focale sera inférieur à 1, par exemple 0,63x ; la focale sera alors réduite de ce facteur augmentant ainsi le champ. Il est utile pour les objets étendus en ciel profond.  
Il est à noter qu'en astrophotographie elle aura pour effet d'augmenter la luminosité et d'ainsi diminuer le temps de pose.  
Ces réducteurs sont souvent aussi des correcteurs de champ permettant de diminuer la coma.
- ★ Les formules rencontrées plus haut s'appliquent de la même façon avec ces accessoires, car seule la focale de l'instrument change.

# Clarté et pouvoir séparateur

- ★ La clarté d'un télescope définit son amplification de la lumière et est proportionnelle au carré de son diamètre. La formule exprimant sa clarté est par convention définie pour une pupille d'œil de 6 mm.

$clarté = \frac{D^2}{6^2}$  Un télescope de 200 mm de diamètre a une clarté de 1 111 alors que la clarté d'une lunette de 80 mm ne sera que de 178 ! Cette valeur augmente très vite avec le diamètre et par exemple une clarté de 500 signifie que ce télescope collecte 500 fois plus de lumière que l'œil humain, à corriger de l'obstruction bien sûr.

- ★ Le pouvoir séparateur (S) exprime la capacité de voir les petits détails. Comme toujours en astronomie nous allons utiliser des angles. Il ne dépend que du diamètre de l'instrument.

$S = \frac{120}{D}$  Par exemple un instrument de 200 mm aura un pouvoir séparateur de 0,6" d'arc. Cette valeur permet de savoir si, par exemple, notre instrument sera capable de résoudre une étoile double, obtenir une meilleure résolution d'un amas globulaire dense ou voir plus de détails en planétaire.

Bien sûr cette présentation n'est pas exhaustive et il n'appartient qu'à vous d'aller plus loin dans ce domaine qui n'est pas aussi compliqué qu'il le paraît.

Merci de votre attention