MODULE ⇒ OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE 3

Leçon 11

LES INSTRUMENTS D'OPTIQUE

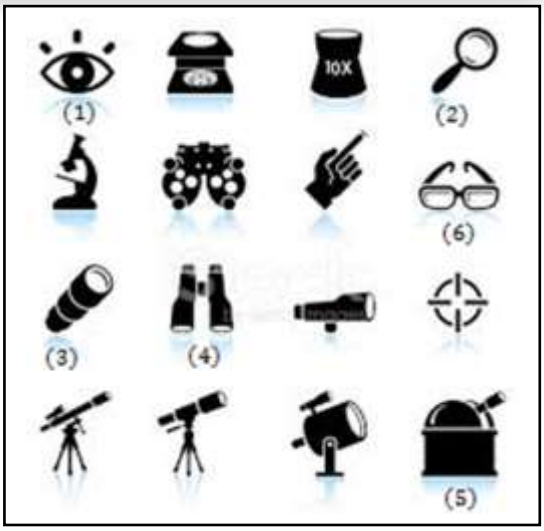
ACTIVITÉS

Activité

Observez attentivement les équipements (1), (2), (3), (4), (5) et (6) ci-contre.

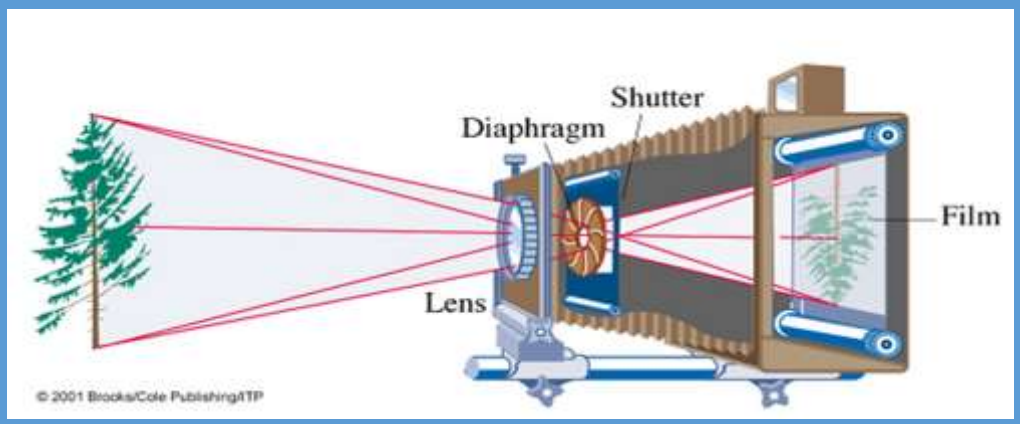
Identifier chacun d'eux, donner le nom commun à ces équipements, puis donner leur rôle et leur mode de fonctionnement.

Comment appelle-t-on le 4e élément après l'équipement (4) ?



Objectifs

- Expliquer le fonctionnement et donner les caractéristiques de quelques instruments d'optique.
- Différentier les instruments d'optique étudiés.



Introduction

Le pouvoir séparateur de l'œil étant limité ($\varepsilon = 3.10^{-4}$ rad) pour voir des objets de diamètre apparent trop petit, les instruments d'optique viennent donc permettre à l'œil d'observer non plus des objets, mais leur image virtuelle qui présente un diamètre apparent plus grand. Quel est l'enjeu d'une utilisation excessive de ces instruments ?

1. Généralité

Un **instrument d'optique** a pour principal but d'améliorer la perception des détails d'un objet.

Les instruments d'optique (IO) sont de types différents très varié :

- Les plus fréquents à utiliser sont les appareils destinés à aider l'œil dans **l'observation des objets**.
- Analyser la lumière émise ou absorbée (**spectrographe**)
- On distingue deux groupes d'instruments d'optique :

- Les **instruments objectifs** qui ne comportent qu'un système optique. Ils donnent d'un objet réel une image réelle recueillie sur un écran.

Exemple

Œil, appareils de projection et de photographie, agrandisseur photographique…

- Les **instruments visuels ou oculaires ou subjectifs** dont l'œil constitue le récepteur unique.

Exemple

- Pour **les objets mobiles** : la loupe, le microscope, les jumelles…
- Pour **les objets statiques** : les jumelles, la lunette astronomique, le télescope…

- Un instrument d'optique est caractérisé par les paramètres suivants :

1.1. La mise au point

- Mettre au point un instrument d'optique (**I.O**), c'est amener l'image entre le PP et le PR de l'œil de l'observateur.
- L'intervalle de vision distincte sur lequel doit se trouver l'objet pour que l'image soit vue par l'observateur, est appelée **latitude de mise au point**.

1.2. Le grossissement G

C'est le rapport du diamètre apparent de l'image finale donnée par l'instrument **α'** (en rad) au diamètre apparent **α** (en rad) de l'objet vu par l'œil nu situé au PP. **G** est une grandeur scalaire sans dimension (unité) :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} \qquad (11.1)$$

1.3. La puissance P

C'est le quotient du diamètre apparent **α'** sous lequel est vue l'image, par la grandeur **AB** de l'objet :

$$P = \frac{\alpha'}{AB} \ldots avec \begin{cases} \alpha'..en..(rad) \\ AB..en..(m) \\ P..en..(\delta) \end{cases} \qquad (11.2)$$

Activité 11.1

Le diamètre apparent d'un objet observé à l'œil nu et placé à 25 cm de l'œil est $\alpha = 3.10^{-3}$ rad. Le diamètre apparent du même objet observé à travers un microscope est $\alpha' = 0{,}9$ rad. Calculer :

1) Le grossissement du microscope ;
2) La puissance du microscope.

Solution

Données : $\alpha = 3.10^{-3}$ rad ; $\alpha' = 0{,}9$ rad ; $d_m = 25cm = 0{,}25$ m = ¼ m. Calculons :

1) Le grossissement G

Par définition, $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ **AN** : G = 300

2) La puissance P

Par définition, $P = \frac{\alpha'}{AB}$ or $\begin{cases} \alpha = \frac{AB}{d_m} \\ G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \alpha' \times \frac{d_m}{AB} = P \times d_m \end{cases} \Rightarrow P = \frac{G}{d_m} = 4G$ **AN** : P = 1200 δ.

2. La loupe

2.1. Principe de fonctionnement

Une **Loupe** est une lentille épaisse convergente de courte distance focale f ', comprise entre **2** et **10 cm**, qui, utilisée par un œil myope ou emmétrope, donne de l'objet une image virtuelle agrandie vue sous un diamètre apparent supérieur à celui sous lequel il est vu à l'œil nu. Pour cela, l'objet doit être placé entre le plan focal objet de la lentille et de son centre optique et l'œil étant placé derrière la lentille.

Figure 11.1 : Loupe

Pourquoi utiliser une loupe ?

Le point le plus proche permettant une vision nette étant fixé (PP), pour mieux voir un objet, il faut utiliser un instrument : c'est ce que permet la loupe.

- Pour obtenir l'effet Loupe, il faut que l'objet soit situé entre le centre optique d'une lentille convergente et son foyer objet : on obtient alors une image virtuelle, droite et agrandie. (Voir figure 11.2 ci-dessous.

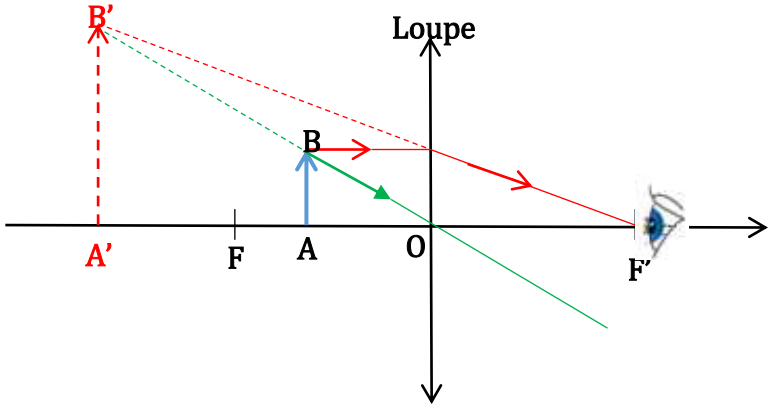


Figure 11.2 : Loupe avec accommodation

- De plus, afin que l'œil puisse observer cette image sans accommodation, celle-ci doit être à l'infini. La meilleure position de l'objet est celle où il sera sur le foyer principal objet.

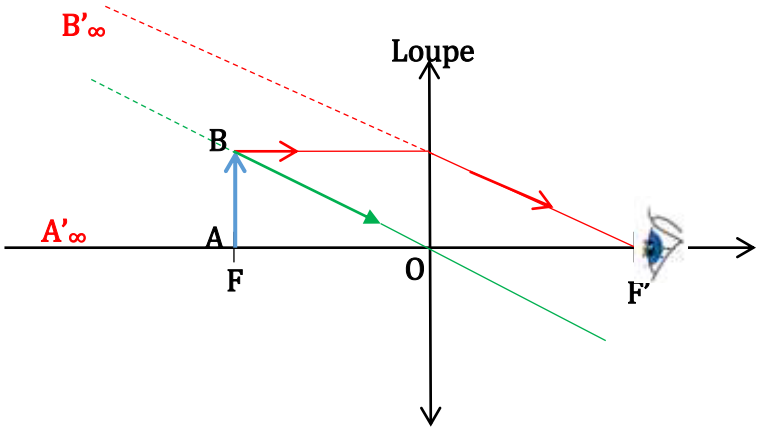


Figure 11.3 : Loupe sans accommodation

- L'image obtenue avec une loupe (L) peut-elle être plus ou moins grande ? La distance objet-lentille joue-t-elle sur la taille de l'image observée ?

La réponse est non :

– Si on approche l'objet de la lentille, l'image devient moins grande (voir figure 11.4), mais elle est vue plus près ;

– Si on éloigne l'objet de la lentille (en gardant $|\overline{OA}| \prec |\overline{OF}|$), l'image devient plus grande (voir figure

11.4), mais elle est vue plus loin !
L'angle θ' défini sur cette figure est le même quel que soit le cas, il ne dépend que de la lentille.

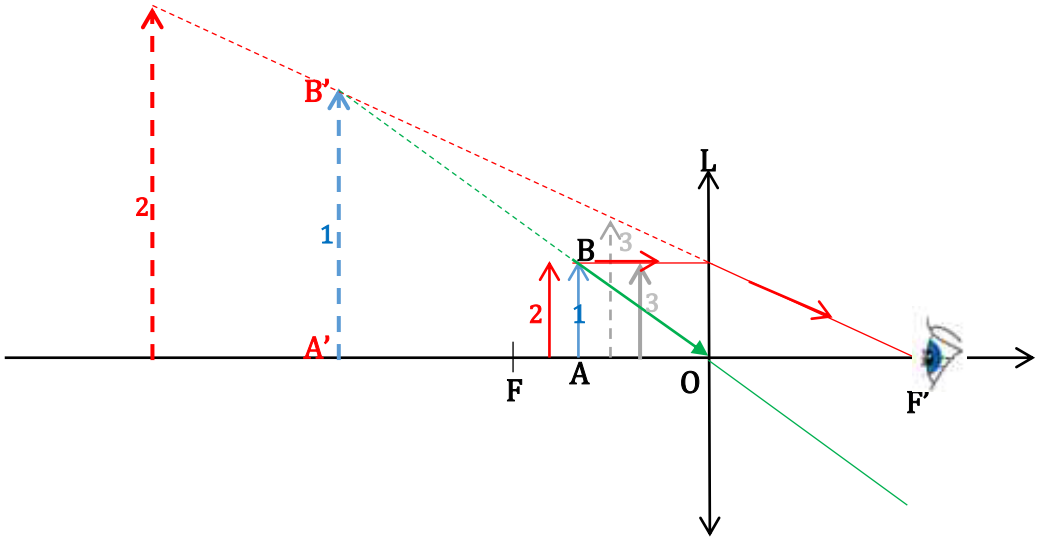


Figure 11.4 : Image obtenue avec une loupe dans plusieurs cas de distance objet-lentille

2.2. La mise au point

- Sa mise au point se fait en modifiant la distance de l'objet à la loupe i.e. amener l'image virtuelle entre le PP et le PR de l'œil de l'observateur.
- La latitude de mise au point est ici de l'ordre de quelques millimètres.

Note

$$\overline{A_1A_2} = \overline{A_1O} + \overline{OA_2} = \overline{OA_2} - \overline{OA_1} = \ell \quad (11.3)$$

(*Latitude de mise au point*)

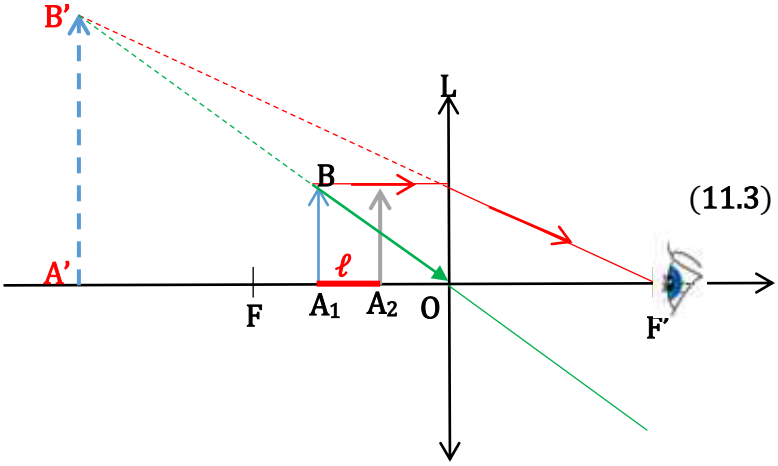


Figure 11.5 : Définition de la latitude de mise au point d'une loupe

2.3. Puissance et grossissement d'une loupe

- On définit alors le grossissement d'une loupe par le rapport entre :

  – L'angle θ' sous lequel est vu l'image ;
  – L'angle θ sous lequel est vu l'objet depuis l'œil à la distance de vision minimale de l'œil emmétrope soit $d_m = 25$ cm.

  On a : $$G = \frac{\theta'}{\theta} \quad (11.4)$$

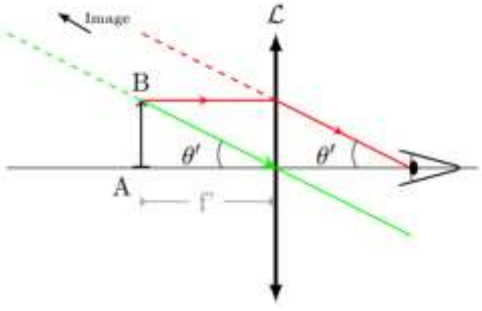


Figure 11.6 : Définition de θ'

Or si on note h = AB, la hauteur de l'objet, f' la focale de la lentille convergente, on peut écrire dans le cas des petits angles :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{\frac{h}{f'}}{\frac{h}{d_m}} = \frac{h}{f'} \times \frac{d_m}{h} \Rightarrow \quad G = \frac{d_m}{f'} \qquad (11.5)$$

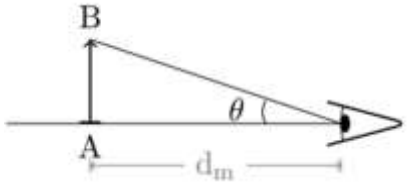


Figure 11.7 : Définition de θ

Remarque

Pour avoir un fort grossissement, il faut prendre une lentille de courte focale (de grande vergence).

- On définit la puissance P d'une loupe par :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\alpha'}{AB} \times \frac{AB}{\alpha} = P \times d_m \Rightarrow \begin{cases} P = \frac{\alpha'}{AB} \\ d_m = \frac{AB}{\alpha} \end{cases} \qquad (11.6)$$

- La grandeur $G_C = \frac{P_i}{4}$ (11.7)

, est appelée **grossissement commercial** de la loupe et P_i est la **puissance intrinsèque** de la loupe.

- On démontre aisément que $P_i = C$ (C = la vergence de la loupe) (11.8)

En effet, lorsque l'objet est sur le point focal objet F de la loupe, l'image se forme à l'infini (fig. 11.3 et 11.6).

Dans ce cas, $\alpha' = \frac{\overline{AB}}{\overline{OF'}} \Rightarrow P = \frac{\overline{AB}}{\overline{OF'}} \times \frac{1}{\overline{AB}} = \frac{1}{\overline{OF'}} = C = P_i$ d'où la formule (11.8).

3. Le microscope

3.1. Principe de fonctionnement

- Le **microscope** est instrument optique permettant d'observer des objets ou des détails d'objets trop petits pour être discernés à l'œil nu.
- Le microscope est constitué de deux lentilles convergentes :

- l'**objectif** : c'est un ensemble convergent de très faible distance focale (**de l'ordre de quelques mm**). Il est placé du côté de l'objet à observer. Il donne d'un objet **AB**, perpendiculaire à l'axe principal, une image $\mathbf{A_1B_1}$, réelle, agrandie et renversée ; il porte des indications dont la valeur absolue de son grandissement (γ_1) noté $|\gamma_1|x$. Exemple : $20x$

- l'**oculaire** : c'est un ensemble convergent de distance focale moyenne (**de l'ordre de quelques cm**). Il est placé du côté de l'œil et joue le rôle de loupe. Il donne de l'objet réel $\mathbf{A_1B_1}$, une image finale **A'B'** virtuelle, agrandie et droite par rapport à l'objet $\mathbf{A_1B_1}$. Il porte les indications de la forme $|G|x$ où G est le grossissement de l'oculaire.

Figure 11.8 : Microscope

- La distance entre les centres optique O_1 et O_2 de l'objectif et de l'oculaire respectivement, est fixe et varie entre 15 et 20 cm dans le tube encore appelé statif.
- L'œil se place au cercle oculaire, légèrement en arrière du plan focal image de l'oculaire.

Figure 11.9 : Observation au microscope

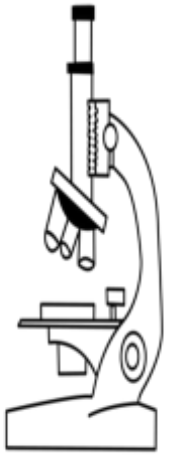


Figure 11.10 : Brochure de dessin

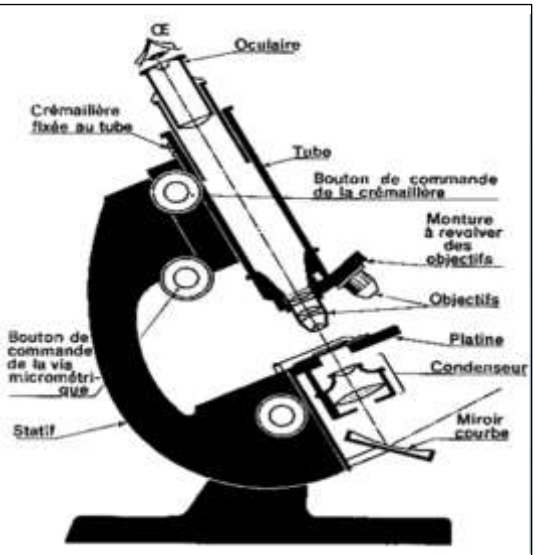


Figure 11.11 : Microscope

3.2. La mise au point

Elle se fait à l'aide d'une vis micrométrique située sur le statif par déplacement de l'ensemble objectif-oculaire par rapport à l'objectif. La latitude de mise au point, est très partielle (varie entre 10^{-6} m et 10^{-5} m).

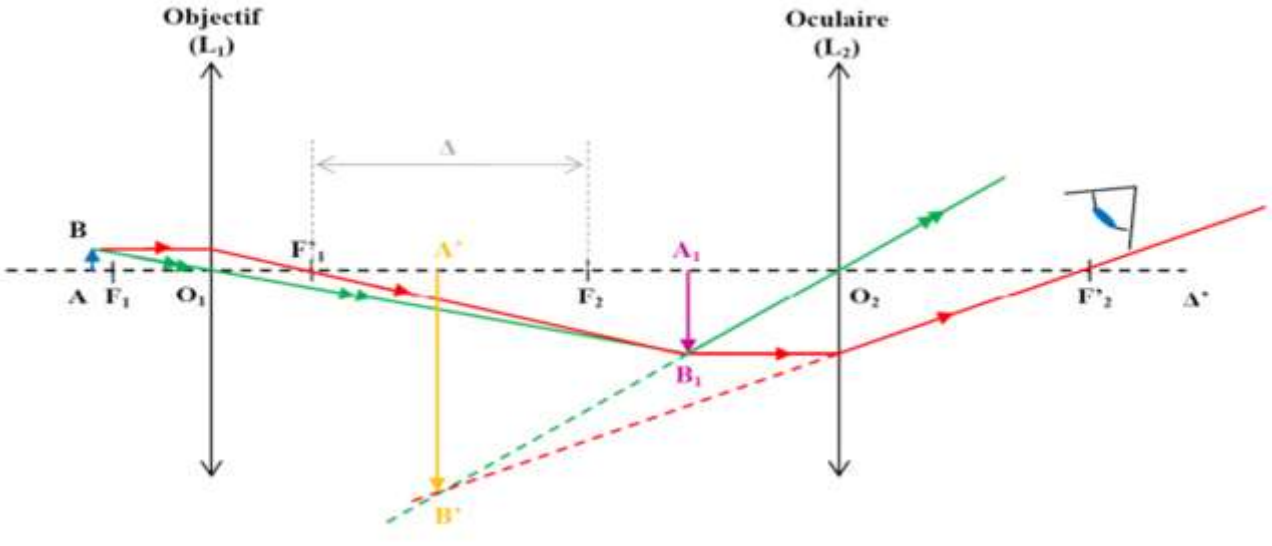


Figure 11.12 : L'œil observe en accommodant

3.3. Puissance et grossissement d'un microscope

$$P = \frac{\alpha'}{AB} = \frac{\alpha'}{A_1B_1} \times \frac{A_1B_1}{AB} = P_2|\gamma_1| \Rightarrow \begin{cases} P_2 = \dfrac{\alpha'}{A_1B_1} = puissance.de..l'oculaire \\ |\gamma_1| = \dfrac{A_1B_1}{AB} = grandissement..de..l'objectif \end{cases} \quad (11.9)$$

Remarque

- La grandeur $\Delta = \overline{F'_1 F_2}$ est appelé **intervalle optique** ou **longueur optique** du microscope.
- Lorsque **$\Delta = 16$ cm**, il est appelé **intervalle optique de référence**.
- Δ est lié à la puissance par la relation :

$$P_i = \frac{\Delta}{O_1F_1'} \times \frac{1}{O_2F_2'} = \frac{\Delta}{O_1F_1'} \cdot P_{2i} \quad (P_{2i} = \textit{puissance intrinsèque de l'oculaire}) \qquad (11.10)$$

Nous savons que le grossissement G d'un instrument d'optique est donné par : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$

On en déduit alors le grossissement du microscope sous la forme :

$$G_C = |\gamma_1| \times G_{2C} \quad \text{avec} \quad \begin{vmatrix} G_C = grossissement..du..microscope \\ \gamma_1 = grandissement..de..l'objectif \\ G_{2C} = grossissement..de..l'oculaire \end{vmatrix} \qquad (11.11)$$

4. La lunette astronomique

4.1. Principe de fonctionnement

- L'**astronomie** est la science qui a pour but l'étude des corps **célestes** (**lune, étoiles, galaxies**, etc.).
- La lunette astronomique est constituée de deux systèmes convergents :

- L'**objectif** de distance focale voisinant **1 à 20** m ;
- L'**oculaire** de distance focale de l'ordre de quelques cm.

- La construction d'image à travers une lunette astronomique obéit aux mêmes règles que celles d'un microscope.

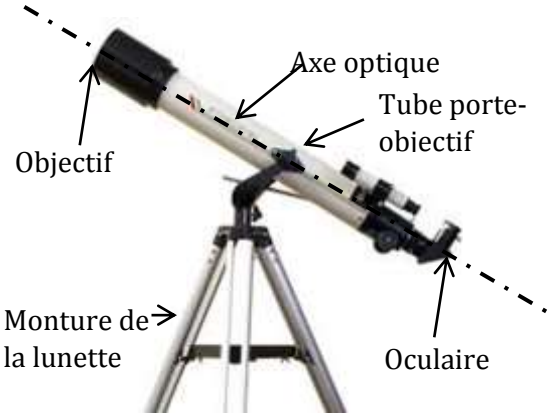


Figure 11.13 : Lunette sur monture azimutal.

On définit alors la lunette astronomique comme étant un instrument d'optique permettant d'observer les astres.

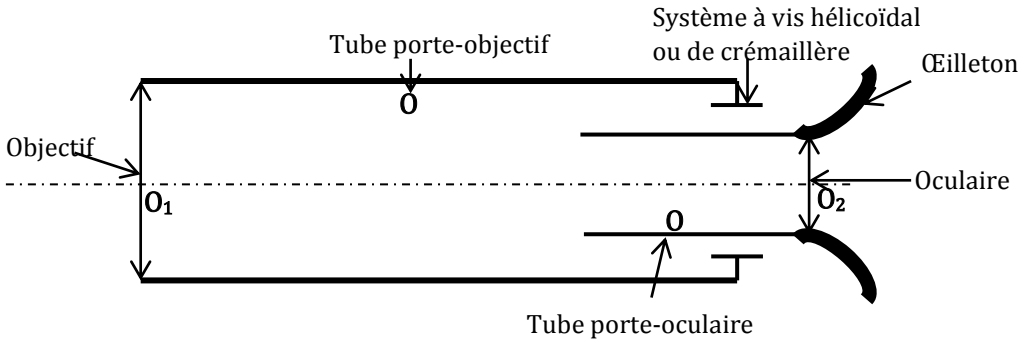


Figure 11.14 : Vue de coupe d'une lunette astronomique

4.2. La mise au point

Elle se fait en déplaçant l'oculaire par rapport à l'objectif. La latitude de mise au point est de l'ordre de quelques millimètres. Pour une vision à l'infini, il faut que l'image A_1B_1 se forme dans le plan focal objet de l'oculaire et dont le foyer de l'objectif seront confondus, dans ce cas, la lunette est dite **afocale** car transforme un faisceau parallèle en un autre faisceau parallèle et l'image d'un objet situé à l'infini est renvoyée à l'infini.

L'enchainement est le suivant :

$\overrightarrow{AB}$ (Objet à l'infini pour L_1) $\overrightarrow{\text{Objectif } (L_1)}$ $\overrightarrow{A_1B_1}$ (Image dans le plan focal image L_1. Objet dans le plan focal objet pour L_2) $\overrightarrow{\text{Oculaire } (L_2)}$ $\overrightarrow{A'B'}$ (Image pour L_2)

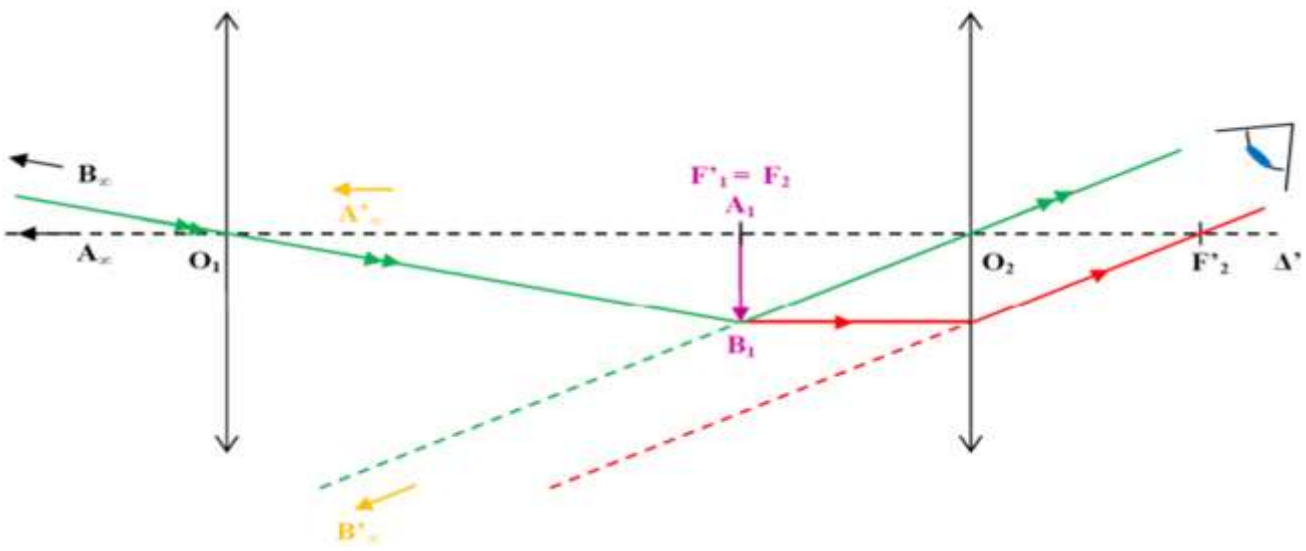


Figure 11.15 : L'œil observe sans accommoder (lunette afocale)

4.3. Puissance et grossissement d'une lunette astronomique

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\alpha'}{A_1B_1} \times \frac{A_1B_1}{\alpha} = \frac{\alpha'}{A_1B_1} \times \overline{O_1F_1} \Rightarrow G = P_2 \cdot \overline{O_1F_1'} \qquad (11.12)$$

Pour une **lunette afocale**, $\alpha' = \dfrac{\overline{A_1B_1}}{O_2F_2'}$ (11.13)

- On démontre aussi que : $G = \dfrac{D}{d}$ où $\begin{vmatrix} D = diamètre.d'ouverture.de..l'objectif \\ d = diamètre.du..cercle..oculaire \end{vmatrix}$ (11.14)
- La formule (11.14) est appelé **méthode du cercle oculaire**.

Remarque

Le grossissement G d'une lunette afocale est le quotient de la distance focale de l'objectif sur celle de l'oculaire : $G = \dfrac{\overline{O_1F_1'}}{\overline{O_2F_2'}} = \dfrac{f_1'}{f_2'}$ (11.15)

4.4. Application d'une lunette astronomique

- La première lunette a été fabriquée en 1590 mais ce n'est qu'en 1603 qu'elle a été utilisée par Galilée.
- La plus grande lunette est celle de l'observatoire de Yerkes (Wisconsin aux USA). Le diamètre d'ouverture de son objectif est de 1,02 m et sa distance focale de 19,2 m.
- Elle permet aussi de déterminer la distance angulaire de deux points lumineux, ou le diamètre apparent d'une planète.
- Une étoile, vue par une lunette astronomique parait beaucoup plus brillante qu'à l'œil nu, car le cercle oculaire est plus petit que la pupille de l'œil qui reçoit toute l'intensité du faisceau.

- On appelle **champ d'une lunette**, noté **Φ**, la portion d'espace vue à travers cette lunette. C'est un cône dont l'angle est d'autant plus petit que la lunette est plus grossissante. Ce champ a la dimension d'un volume i.e. s'exprime en **m³**. La grandeur du champ et le grossissement de la lunette varie en sens contraire.

Activité 11.2

Une lunette afocale comporte un objectif de distance focale f'_1 et un oculaire de distance focale f'_2 et de rayon r. le rayon extrême qui passe par le bord de l'oculaire permet de calculer le demi-angle maximal $\alpha_{max}/2$ sous lequel un objet peut être vu entièrement.

1. Qu'appelle-t-on lunette afocale ?
2. Réaliser une figure de cet énoncé.
3. Exprimer α_{max} en fonction de r, f'_2 et le grossissement G.
4. En déduire le champ Φ de cette lunette à la distance L de celle-ci.
5. Montrer que plus G est grand, plus Φ de la lunette est faible.
6. Application numérique : $f'_2 = 1{,}25$ cm ; $L=10^3$ m ; $G = 100$; $r = 3{,}5$mm. Calculer Φ et conclure.

Solution

$$\text{Lunette afocale : } \begin{cases} objectif \rightarrow f'_1 ; \alpha_{max} \\ oculaire \rightarrow f'_2 ; r \end{cases}$$

1. Une lunette est dite afocale lorsque $F_1' = F_2$.
2. Figure expérimentale

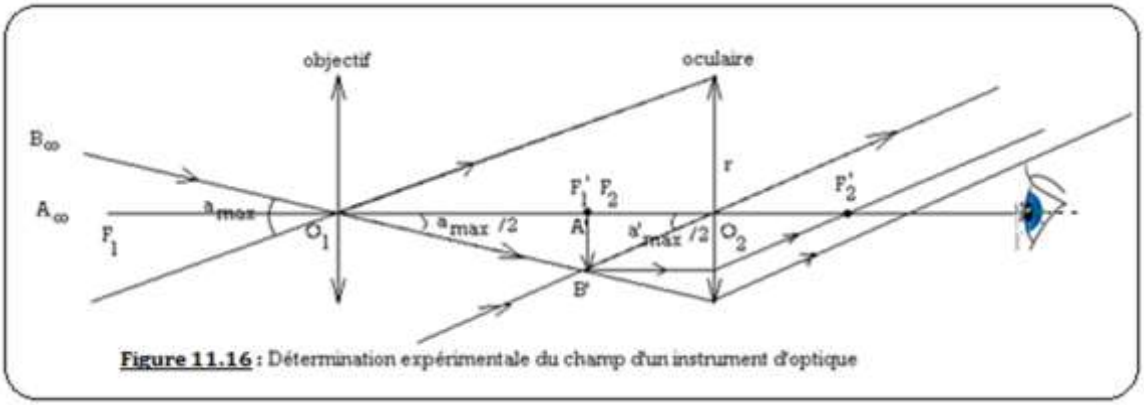


Figure 11.16 : Détermination expérimentale du champ d'un instrument d'optique

3. Exprimons $\alpha_{max} = f(r ; f'_2 ; G)$

On sait que : $G = \dfrac{\alpha'_{max}}{\alpha_{max}} = \dfrac{f'_1}{f'_2} \Rightarrow \alpha_{max} = \dfrac{\alpha'_{max}}{G} = \dfrac{2r}{f'_2 \times G}$

D'où

$$\boxed{\alpha_{max} = \frac{2r}{f'_2 \times G}}$$

4. Déduisons-en le champ Φ de cette lunette à la distance L.

D'après la loi de (1) **Lambert**, $\boxed{\phi = \dfrac{2r}{f'_2 \times G} L^3 = KL^3}$ avec $\boxed{K = \dfrac{2r}{f'_2 \times G}}$

5. Montrons que plus G est grand plus Φ est faible

Dans la relation précédente, posons $K' = \frac{2r}{f_2'} L^3 \Rightarrow \phi = \frac{K'}{G}$ de ce résultat, on constate que Φ et G sont inversement proportionnels i.e. évoluent en sens inverse. Soit donc, si G augmente Φ diminue.

6. Application numérique : $f_2' = 1{,}25\text{cm} = 0{,}0125\text{m}$; $L = 10^3\text{m}$; $G = 100$; $r = 3{,}5.10^{-3}\text{m}$.

$$\Phi = 5600\text{m}^3.$$

Conclusion : Φ a la dimension d'un volume.

Note

(1) **Lambert, Johann Heinrich** (1728-1777), mathématicien, physicien et philosophe allemand, d'origine française.

A- Loupe

Une loupe est constituée par un plan convexe de vergence 50δ et d'indice n = 3/2.

1. Quel est le rayon de courbure R da la face convexe ?
2. Calculer la puissance intrinsèque et le grossissement commercial de cette loupe.
3. Cette loupe est utilisée par un œil de punctum remotum et de punctum proximum situés respectivement à 120 cm et 20 cm de l'œil. Définir et déterminer la latitude de mise au point.

B- Lunette astronomique

Une lunette astronomique est constituée d'un objectif de distance focale 200 cm et d'un oculaire de distance focale 4 cm. On suppose la lunette afocale.

1. Que signifie « lunette afocale » ?
2. Déterminer :

2.1. La distance entre les centres optiques de l'oculaire et de l'objectif.

2.2. Le grossissement de la lunette.

Solutions

A- Une loupe est constituée par un plan convexe de vergence 50δ et d'indice n = 3/2.

1. Déterminons le rayon R de la face convexe.

Par définition, on a : $C = \frac{n-1}{R} \Rightarrow \boxed{R = \frac{n-1}{C}}$ **AN** : R = 0,01 m = 1 cm.

2. Calculons :

- La puissance intrinsèque P_i. $P_i = C = 50\delta$.

- Le grossissement commercial G_C. par définition, $G_C = \frac{P_i}{4}$ **AN** : $G_C = 12{,}5$.

3. Définition : La latitude de mise au point I_m est la distance comprise entre le PR et le PP.

$\boxed{I_m = PR - PP}$ **AN** : $I_m = 100$ cm.

B- Lunette astronomique

On donne : $f_1' = 200\text{cm}$ et $f_2' = 4$ cm.

1. Une lunette est dite afocale, lorsque l'intervalle d'optique $\Delta = \overline{F_1' F_2}$ est nul.

Déterminons :

1.1. La distance $\overline{O_1O_2}$. On a : $\overline{O_1O_2} = \overline{O_1F_1'} + \underbrace{\overline{F_1'F_2}}_{0} + \overline{F_2O_2}$

$\boxed{\overline{O_1O_2} = f_1' + f_2'}$ **AN** : $\overline{O_1O_2} = 204cm$

1.2. Le grossissement G de la lunette

Par définition, on a : $\boxed{G = \frac{f_1'}{f_2'}}$ **AN** : G = 50

5. Le télescope de Newton

Un peu d'histoire

En 1669, le jeune Isaac Newton, à peine âgé de 27 ans, est nommé professeur de mathématiques à Cambridge, période au cours de laquelle il présente son télescope à miroirs à la Royal Society. « Si Newton a construit le premier télescope, c'est parce qu'il est persuadé, à tort, que sa théorie des couleurs condamne la lunette astronomique. Il a démontré en effet, que la lumière blanche était un mélange de lumières colorées, que le prisme déviait différemment. Mais ce n'est pas vrai seulement du prisme. Cela va se produire chaque fois que la lumière traverse la surface d'un morceau de verre, une lentille en particulier : l'objectif d'une lunette donnera toujours des images irisées ». Persuadé qu'il est impossible d'annuler ce défaut, Newton cherche une solution radicale : pas de lentille !
« Le télescope doit remplacer la lunette, car son miroir ne risque pas de disperser les couleurs de la lumière. Le problème avec le télescope, c'est que l'image se forme devant le miroir. L'idéal pour la regarder serait de mettre la tête devant le tube mais alors on empêcherait la lumière de rentrer....Newton a l'idée de renvoyer le faisceau de rayons non pas vers l'arrière mais sur le côté du tube. Pour cela, il suffit d'un petit miroir plan placé sur l'axe du tube et incliné à 45 degrés.... »

Newton et la mécanique céleste - J P Maury - Découvertes Gallimard

Le premier télescope de Newton mesure à peine 20 cm de long ; pourtant les images sont 9 fois plus grandes qu'avec une lunette de 80 cm.
Actuellement, le VLT « Very Large Télescope », implanté dans le nord du Chili à 2600 m d'altitude, est composé de 4 miroirs de 8,2 m chacun , il équivaut à un monstre de 16,4 de diamètre et pourra avoir, dans certaines directions, le pouvoir d'un miroir de 200 m de diamètre.

- Tout comme pour la lunette astronomique il s'agit d'observer à la loupe l'image d'un objet éloigné, l'objectif étant un **miroir sphérique**.
- Une lunette astronomique moderne est constituée de deux lentilles convergentes (comme vue ci-dessus). Une lentille est appelée objectif, elle se situe à l'avant de la lunette et collecte la lumière. La deuxième lentille est appelée oculaire, et permet de former une image qui pourra être observé à l'œil. La première lunette astronomique créée était la lunette de Galilée (1609) (ci-dessous). Elle était faite d'une lentille convergente (objectif) et d'une lentille divergente (oculaire).

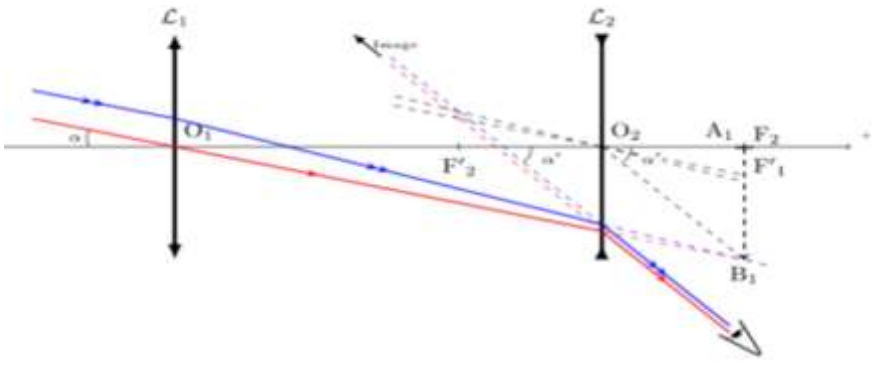


Figure 11.17 : Observation d'un objet à travers la lunette de Galilée

- Un télescope collecte la lumière sur un miroir concave. Ce miroir primaire renvoie la lumière vers un miroir secondaire, puis vers l'oculaire.
- Il existe différents types de télescopes à savoir :

- Le **télescope de Newton**

- Le **télescope de Schmidt-Cassegrain**
- Le **télescope de Maksutov-Cassegrain**
- Le **télescope de Ritchey – Chrétien**.
- Il faut cependant noter que la différence entre ces télescopes vient des miroirs utilisés.
- Dans ce manuel, nous ne parlerons que du télescope de Newton.

5.1. Description et schéma

Dans le télescope de Newton, à la différence de la lunette astronomique, l'objectif est constitué d'un miroir concave placé au fond d'un tube (miroir principal assimilé à un miroir sphérique) qui réfléchit la lumière vers un second miroir plan incliné à 45° (dit secondaire) qui la renvoie perpendiculairement vers l'oculaire.

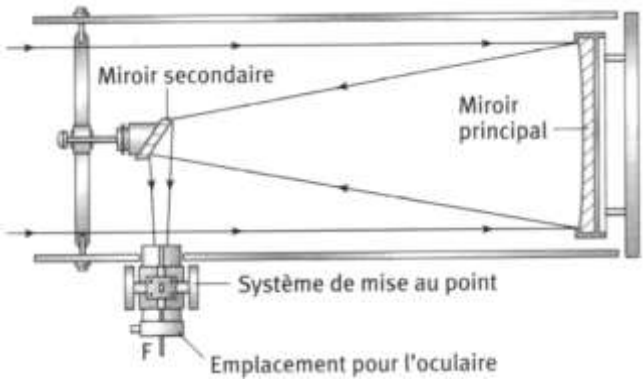


Figure 11.18 : Télescope de Newton

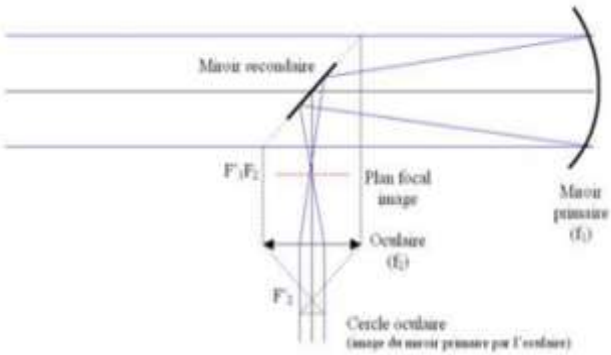


Figure 11.19 : Schéma simplifié du télescope de Newton

- L'**objectif** : SF'$_1$ représente la distance focale f'$_1$ de l'objectif. L'objet AB est à l'infini ; son image A_1B_1, donnée par le miroir sphérique, se situe dans le plan focal image de l'objectif. (Fig. 11.20.a)
- Le **miroir secondaire** : Permet de renvoyer l'image A_2B_2 sur le côté pour permettre son observation ultérieure. (figure 11.20.b).
- L'**oculaire** : Comme pour la lunette, ce système convergent de lentilles joue le rôle d'une loupe. En condition afocale, f'$_1$ confondu avec le foyer objet f_2 de l'oculaire, l'image définitive A'B' est rejetée à l'infini et peut donc être observée par un œil normal sans accommodation. (fig. 11.20.c)

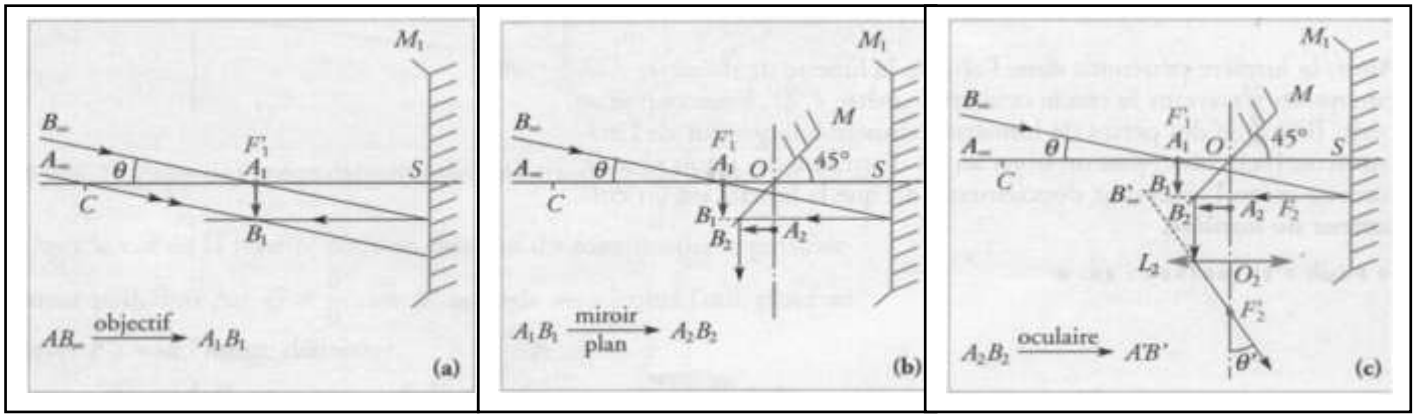


Figure 11.20 : Formation de l'image à travers le télescope de Newton.

- Le grossissement G est donné par : $$G = \frac{\theta'}{\theta} \qquad (11.16)$$

Avec $\begin{cases} \theta' = \dfrac{\overline{A_2B_2}}{f_2'} \\ \theta = \dfrac{\overline{A_1B_1}}{f_1'} \end{cases}$ (11.17)

Or $\overline{A_1B_1} = \overline{A_2B_2} \Rightarrow \quad G = \dfrac{\theta'}{\theta} = \dfrac{f_1'}{f_2'}$ (11.18)

On retrouve là l'expression du grossissement d'une lunette afocale, cas particulier de la lunette de **Galilée**.

5.2. Principe de fonctionnement

- Tout rayon lumineux arrivant de l'infini, converge en un point. On appelle ce point le **foyer**.
- La lumière des astres est recueillie par **un miroir primaire de forme parabolique** situé au fond du tube.
- Les rayons sont alors réfléchis vers **un miroir secondaire plan**, placé au centre du tube, qui peut alors observer à l'aide d'un oculaire placé dans le porte-oculaire.
- Le télescope est un système réflecteur.
- Ce mécanisme (ensemble de miroirs) du télescope, mais alors en évidence, le phénomène de **diffraction**.
- Un télescope est alors caractérisé par :
  - une distance focale : f.
  - Le diamètre du miroir D (en mm) : plus le diamètre est grand, plus le télescope collecte de la lumière. Plus la qualité de lumière sera importante, et plus on pourra se permettre de grossir sans perdre en qualité d'image.
  - Le pourcentage d'obstruction : A
  - Un grossissement G=f/foc (foc focale de l'oculaire)
  - Le critère f/D qui permet de savoir ce que l'on peut observer ou photographier.
- Si λ (nm) est la longueur d'onde de la lumière reçue dans le télescope et D le diamètre de l'instrument, le rayon angulaire r de la tâche de diffraction est :

$$r = 1{,}22 \times \frac{\lambda}{D} \qquad (11.18)$$

- Quant au rayon linéaire R (en pm), il s'obtient par :

$$R = r \times f = \frac{1{,}22 \times \lambda \times f}{D} \qquad (11.19)$$

5.3. Intérêt par rapport aux instruments à lentilles

- Les télescopes ne souffrent pas de l'aberration chromatique comme les lunettes astronomiques car ils utilisent des miroirs pour collecter la lumière.
- Le coût de fabrication est moindre que pour une lunette, ce qui se répercute sur le prix de vente.
- Le télescope permet l'observation du ciel profond. Beaucoup sont adaptés pour la pratique de l'astrophotographie.
- Les télescopes de Newton peuvent être assez encombrants. Ils sont plus sensibles aux turbulences atmosphériques que les lunettes astronomiques. La collimation peut être difficile pour les débutants.
- Les télescopes de type Cassegrain sont plus compacts que les télescope de type Newton. Ils sont très polyvalents et conviennent à la fois pour l'observation des planètes, du ciel profond ou pour faire de l'astrophotographie. Les images sont de très grandes qualités, encore plus pour les Maksutov-Cassegrain. Ce sont des télescopes très robustes et ils bénéficient d'un très large choix d'accessoires.

Remarque

Aucune lunette ou télescope ne serait sans sa monture. On distingue alors :

Monture équatoriale

Une monture équatoriale stable est nécessaire pour compenser le mouvement de rotation de la Terre. Si la mise en station est effectuée correctement, l'objet observé est maintenu au centre du champ par rotation inverse autour de l'axe horaire. Ce mouvement horaire est souvent assuré par un moteur. (fig. 11.21). On distingue ici :

- Les **montures équatoriales allemandes**
- Les **montures équatoriales à fourche** ☞

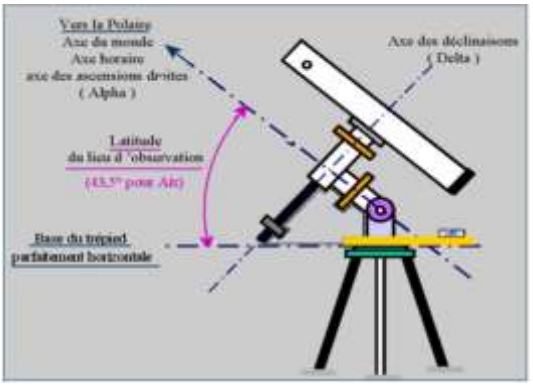


Figure 11.21 : Monture équatorial à fourche

Monture azimutale

Une monture azimutale comporte un axe vertical (axe d'azimut) et un axe horizontal (axe de hauteur). Ce type de monture peut être motorisé pour compenser les mouvements terrestres. Cependant, le champ observé dans l'instrument est en rotation, ce qui interdit les photographies en pose longue. (fig.11.22)

Figure 11.22 : Monture azimutale

6. Jeu bilingue

Expressions françaises	English expression
Loupe	Magnifying glass
Microscope	Microscope
Télescope	Telescope, scope
Monture	Mount, mounting, setting.

Sentence

The microscope is optical instrument that magnifies images of objects invisible to naked eye by means of a lens or a lens system.

Galileo Galilée (1564-1642)

Isaac Newton (1643 – 1727)

- L'œil humain a une puissance de 59 δ, dont la plus grande partie (43 δ) est fournie par la cornée.
- Le grossissement est une grandeur algébrique. Pour l'objectif, si l'image est renversée par rapport à l'objet, $G_{ob} < 0$.