

TP N° 21 : INTRODUCTION AUX TP N° 22 , 23 , 24

A. Lunette afocale, viseur, microscope.

Ces instruments d'optique sont constitués d'un objectif et d'un oculaire.

L'objectif peut être assimilé à une lentille mince convergente de centre optique O_1 , de distance focale f_1 .

L'oculaire peut être assimilé à une lentille mince convergente de centre optique O_2 , de distance focale f_2 , il joue le rôle de loupe.

I. Lunette afocale ou lunette de visée à l'infini.

1. Principe.

Cette lunette permet l'observation d'objets à l'infini.

- L'objet AB , de diamètre angulaire θ , est à l'infini ; l'objectif en forme l'image dans son plan focal image.
- L'oculaire joue le rôle de loupe : pour son foyer objet F_2 au foyer image de l'objectif F'_1 , l'image $A'B'$ de l'objet donnée par la lunette est à l'infini, virtuelle et renversée. Un œil normal, placé devant l'oculaire, voit sans accommoder l'image $A'B'$ sous le diamètre angulaire θ' .

a) Faire la construction correspondante :

- montrer que cette lunette est afocale ;
- construire l'image $A'B'$ de l'objet AB (on notera A_1B_1 l'image intermédiaire).

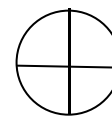
b) Rappeler la définition du grossissement G d'un instrument d'optique (TP20.II.2.).

Exprimer le grossissement G de la lunette en fonction de f_1 et f_2 (pour une lunette astronomique : $f_1 \gg f_2$).

2. Réglage d'une lunette de visée à l'infini.

a) Réglage de l'oculaire.

L'oculaire est muni d'un *réticule* fixe (R) dans un plan proche de son plan focal objet, le réticule a l'aspect suivant :



L'utilisateur règle l'oculaire (il déplace O_2) de manière à voir le réticule net sans accommoder.

Pour l'œil normal le réticule est alors dans le plan focal objet de l'oculaire, passant par F_2 .

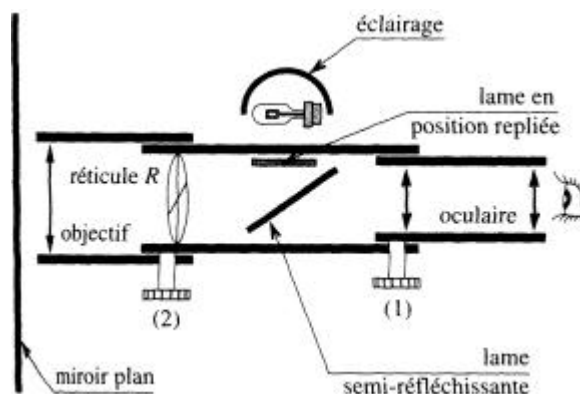
b) Réglage de l'objectif.

L'utilisateur règle ensuite le *tirage* de la lunette (la position de l'objectif par rapport à l'ensemble réticule - oculaire : position de O_1 par rapport à (R)) de manière à voir nette, en plus du réticule, l'image d'un objet situé à l'infini. Alors, pour tout œil, (R) est dans le plan focal image de l'objectif (passant par F'_1). Cette dernière remarque montre que :

Un utilisateur ne possédant pas la même vue que le premier modifiera uniquement le réglage de l'oculaire, sans retoucher celui de l'objectif.

3. Réglage d'une lunette autocollimatrice.

Cette lunette possède un dispositif d'éclairage du réticule à lame semi-réfléchissante.

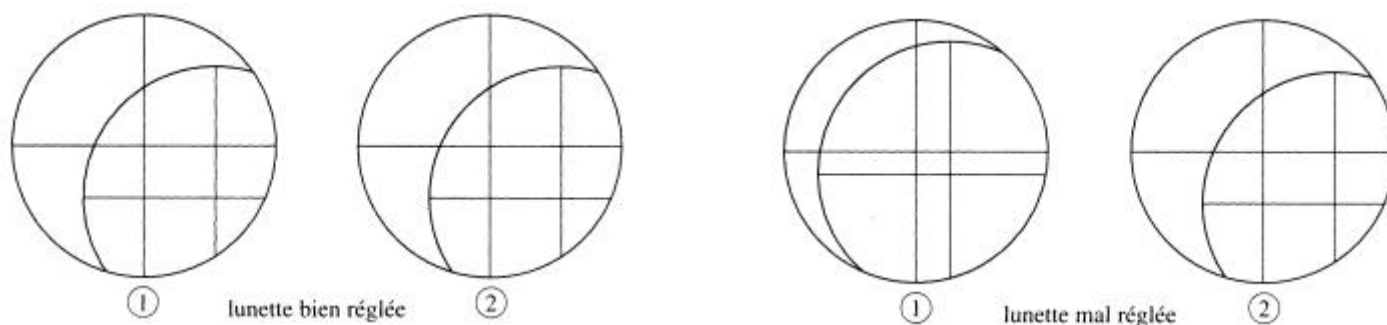


Elle se règle par réflexion sur un miroir plan ou un dioptre plan, par autocollimation (voir le TP 19.II.3.b.).

On éclaire le réticule, on place un miroir devant l'objectif, on règle (R) et (R') son image par réflexion nets simultanément : alors (R) est dans le plan focal image de l'objectif (passant par F'_1).

Faire la construction de (R') et montrer que le résultat est indépendant de la position et de l'inclinaison du miroir.

Pratiquement, l'accommodation de l'œil peut fausser cette netteté à cause des erreurs de parallaxe : le réglage est correct si le réticule et son image ne se déplacent pas, l'un par rapport à l'autre, lorsque l'œil se déplace latéralement devant l'oculaire. Ainsi, pour deux positions de l'œil, les observations sont les suivantes :



II. Viseur ou lunette de visée à distance finie.

1. Principe et réglages.

Un viseur permet le pointé d'objets à distance finie.

a) L'oculaire se règle comme précédemment, de façon à voir le réticule net sans accommoder.

b) Par construction de l'appareil, la distance entre l'objectif et le réticule est fixe ($O_1R = \text{cte}$) : on déplace le viseur sur le banc d'optique de manière à voir l'image $A'B'$ de l'objet visé AB nette, sans accommoder, l'image intermédiaire A_1B_1 est alors dans le plan du réticule.

2. Construction et calculs.

Faire la construction correspondante.

Montrer que l'image nette impose $O_1A = \text{cte}$: la lunette de visée est dite *à frontale fixe*.

Montrer qu'alors, en visant deux objets placés sur le banc d'optique, le déplacement du viseur mesure la distance de ces deux objets.

3. Avantages en focométrie.

Le réticule est remplacé par un micromètre qui permet les pointés transversaux.

Le repérage d'objets ou d'images utilisant un viseur présente deux avantages par rapport à la projection sur un écran utilisée au TP 19 :

- pointage très sensible : à moins de 1 mm car la profondeur de champ est très faible, alors que l'impression de netteté sur un écran se fait avec une plage plus grande ;
- permet le pointé d'objets virtuels.

III. Microscope.

1. Principe et réglage.

L'objectif et l'oculaire sont tels que $f'_1 \ll f'_2$.

Cette fois, O_1O_2 est fixe : on met au point en déplaçant l'ensemble par rapport à l'objet : pour l'œil normal au repos, l'image intermédiaire est alors dans le plan focal objet de l'oculaire.

Faire la construction correspondante.

2. Grandeurs caractéristiques.

a) L'objectif est caractérisé par son grandissement transversal γ_1 que l'on exprimera en fonction de $\Delta = \overline{F_1F_2}$, l'intervalle optique du système, et de f'_1 .

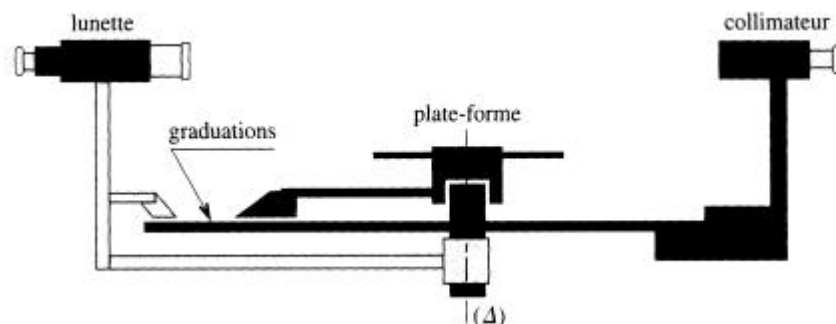
Le grandissement transversal est gravé sur l'objectif pour la valeur normalisée $\Delta = 160 \text{ mm}$.

b) L'oculaire, jouant le rôle de loupe, est caractérisé par son grossissement commercial G_{c2} , gravé sur l'oculaire, relié à sa puissance intrinsèque P_{i2} par la relation $G_{c2} = P_{i2} / 4$ (se reporter au TP sur la loupe).

c) L'ensemble est caractérisé par le grossissement commercial G_c et la puissance intrinsèque P_i .
 Exprimer G_c en fonction de γ_1 et G_{c2} , puis P_i en fonction de γ_1 et P_{i2} .

B. Goniomètre à prisme.

1. Description du goniomètre.



Un goniomètre permet d'effectuer des mesures d'angle. Il est constitué de quatre parties :

- un plateau ou disque métallique horizontal fixe sur lequel des graduations en périphérie permettent des mesures d'angle ;
- une plate-forme horizontale mobile autour d'un axe central Δ passant par le centre du disque ;
- une lunette autocollimatrice mobile autour du même axe Δ ;
- un collimateur maintenu fixe par rapport au disque.

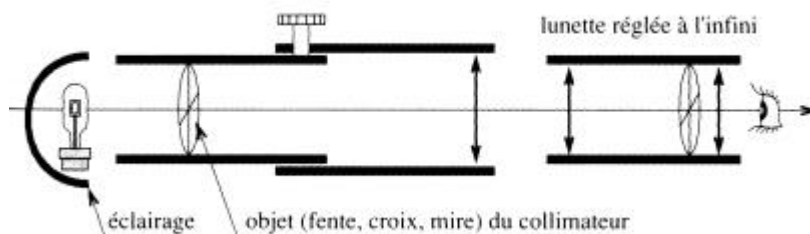
Remarque : le goniomètre possède également un collimateur auxiliaire muni d'une graduation micrométrique éclairée qui permet un relevé de la position des raies et la mesure d'une longueur d'onde inconnue lorsqu'il est étalonné, nous ne l'utiliserons pas.

2. Description du collimateur.

Son rôle est de fournir un objet à l'infini (son principe a été suggéré au TP 19. II. 2. et au TP 20.I.3.).

Il est constitué d'un objet (fente éclairée par une source lumineuse) et d'un objectif assimilable à une lentille mince convergente.

On règle le tirage du collimateur pour que l'objet observé à l'aide de la lunette de visée réglée sur l'infini soit net : montrer une construction qu'alors l'objet est dans le plan focal objet de l'objectif du collimateur.



3. Réglages du goniomètre.

Un même étudiant procède à tous les réglages, l'étudiant suivant, pour faire ses observations, ne retouche que le tirage de l'oculaire de la lunette.

a) Position du collimateur : vérifier que le collimateur soit fixé à une graduation proche du zéro (vis sous le plateau) pour ne pas avoir à traverser par la suite cette graduation.

b) Lunette autocollimatrice (c'est la lunette métallique).

- Régler l'oculaire à sa vue sur les fils du réticule en jouant sur la bague de réglage de l'oculaire :

- la lumière ambiante suffit ;
- les étudiants portant des lunettes peuvent les enlever, sauf s'ils sont simplement myopes ou hypermétropes ;
- peu importe si le réticule n'a pas ses fils à l'horizontale et à la verticale.

- Allumer la source auxiliaire (alimentation 6 V) et mettre en place la lame semi-réfléchissante (poussoir sur le dessus de la lunette).

Se servir d'une des faces du prisme comme miroir (la position du miroir importe peu : voir la construction du A.I.3.) : se superpose alors au réticule son image sur un disque de lumière rose : on règle le tirage de l'objectif en tenant compte des remarques en haut de la page 2

- Après ce réglage, éteindre la source auxiliaire et enlever la lame semi-réfléchissante.

c) Réglage de l'axe de la lunette et du tirage du collimateur.

- On branche la lampe à vapeur de sodium (attendre le temps d'amorçage) et on règle la fente du collimateur (enlever le carter qui la protège) pour qu'elle soit assez fine.
- Viser l'image de la fente réfléchi par une face du prisme.
- On règle l'inclinaison du réticule pour des fils à l'horizontale et à la verticale (molette métallique de la lunette).
- On règle l'inclinaison de la lunette (vis située sur la partie inférieure de la lunette) et le tirage du collimateur pour que la croisée des fils du réticule soit au milieu de l'image de la fente verticale, rendue très fine, vue nette en même temps que les fils du réticule.

d) On peut alors procéder aux manipulations (voir TP 24).

4. Etude théorique du prisme.

a) Conventions d'orientation.

On peut ne pas orienter les angles d'incidence et de réfraction intervenant lors du cheminement d'un rayon lumineux.

Si on désire les orienter, deux conventions sont possibles :

- on oriente les angles « de la normale au rayon » pour les deux faces du prisme ; on compte les angles positivement dans le sens trigonométrique face 1 et dans le sens opposé face 2 ;
- on compte les angles positivement dans le sens trigonométrique pour les deux faces, « de la normale au rayon » face 1 et « du rayon à la normale » face 2.

b) Relations du prisme.

Elles sont identiques quelles que soient les conventions.

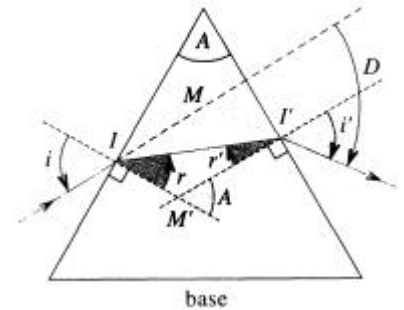
Choisissons la première convention d'orientation (voir la figure).

Montrer que l'angle au sommet du prisme vérifie $A = r + r'$.

Montrer que l'angle de déviation entre le rayon incident et le rayon émergent vérifie

$$D = i + i' - A.$$

Montrer qu'avec les relations écrites en I et I' on dispose de 4 relations entre 7 variables et que par conséquent la déviation D, pour une radiation donnée, peut être considérée comme fonction de A, n (l'indice du prisme) et i (l'angle d'incidence).



c) Condition d'émergence.

On définit l'angle Λ par $\sin \Lambda = 1/n$. Montrer que l'émergent existe si $A < 2\Lambda$. Se placer successivement dans les cas : $A = \Lambda$; $A = 2\Lambda$; $\Lambda < A < 2\Lambda$ et conclure (dans ce dernier cas retrouver les résultats du TP 18.II.1.)

d) Minimum de déviation.

Pour un prisme donné et une radiation de fréquence ν donnée, soit pour A et n(ν) donnés, on étudie les variations de D en fonction de i.

Etablir qu'il existe un minimum de déviation D_m pour lequel :

$$\sin \frac{D_m + A}{2} = n \sin \frac{A}{2}.$$

Cette relation a été utilisée au TP 18 en lumière blanche pour un calcul de l'ordre de grandeur de l'indice du prisme.

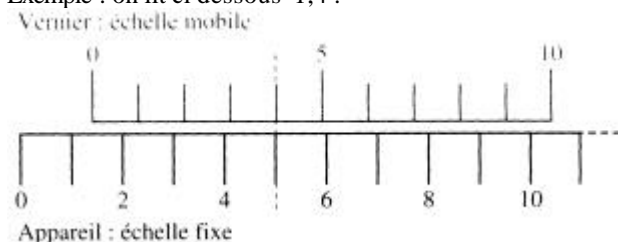
L'indice dépendant de la fréquence, l'étude du minimum de déviation en fonction de la fréquence (de la couleur de la radiation) permet d'établir la courbe de dispersion (voir le TP 24).

C. Verniers.

Le vernier est un dispositif permettant de mesurer des distances ou des angles avec une grande précision.

Repérage d'une position sur le banc d'optique à l'aide d'un vernier au 1/10 de millimètre (TP 22).

Exemple : on lit ci-dessous 1,4.



Repérage d'un angle sur le disque du goniomètre à l'aide d'un vernier au 1/30 de degré (TP 24).

Exemple : on lit ci-dessous 105° et $30 + 10 = 40'$: $105^\circ 40'$

