



CONSEILS GÉNÉRAUX

Objets des travaux pratiques

L'objectif des travaux pratiques est d'appréhender un domaine particulier de la physique et d'acquérir des méthodes expérimentales, c'est à dire en particulier :

- confronter théorie et expérience,
- choisir un appareil de mesure et réaliser des montages,
- évaluer les incertitudes liées aux mesures, ainsi que celles liées au modèle physique,
- exploiter les mesures en tenant compte des spécifications du constructeur,
- argumenter et synthétiser sous la forme d'un rapport

Organisation

Le travail de TP se fait en binôme. Chaque binôme devra rédiger 2 parties (préparation et rapport) :

- une partie préparation comprenant les réponses aux exercices du polycopié de TP,
- et un **rapport** de synthèse des résultats.

La **préparation** est un travail à faire en binôme et à remettre à l'assistant en début de séance. Les étudiants doivent chercher à faire les exercices proposés dans le polycopié de TP dans la partie introductive. Ce travail est d'autant plus nécessaire que la manipulation porte sur des principes non encore abordés en cours : il vise à mieux comprendre le phénomène étudié et les objectifs du TP.

Les étudiants devront arriver à la séance de TP avec un niveau de préparation tel qu'il ne reste plus qu'à faire les mesures et les interpréter. À chaque fois que cela est possible, il faut faire avant la séance le tracé des courbes théoriques : les points mesurés seront alors reportés directement sur ces courbes. La préparation rédigée sera rendue à l'assistant en début de séance.

La **séance de manipulation** est un travail fait en binôme. Toutes indications utiles (notice d'appareil, consignes) sont à prendre en compte de même que les remarques de l'assistant. L'objectif d'un TP n'est pas de faire tous les montages proposés mais d'apprendre à manipuler : le binôme ne commencera pas une nouvelle partie avant d'avoir terminé la précédente. Il s'assurera en particulier de la validité des résultats en les comparant avec les valeurs théoriques et en estimant les incertitudes chaque fois que cela est possible.

La **rédaction du rapport** est le résultat d'un travail de binôme fait en séance. Chaque binôme aura à remettre le **rapport sur Moodle à la fin de la séance de manipulation**.

Quelques conseils pour la rédaction du rapport sont donnés ci-après :

- 1) Les noms des auteurs et la date de la manipulation doivent figurer sur toutes les pièces du rapport. Ce dernier (4 pages maximum) peut être accompagné d'annexes pour les graphiques : ces annexes doivent être reportées dans le rapport.
- 2) Le rapport est destiné à un lecteur averti ayant l'habitude de lire des résultats de mesures. Il peut faire référence aux notations et aux figures du fascicule de TP, aux tableaux de la copie d'analyse.
- 3) Il est indispensable de préciser en début de rapport les appareils de mesure utilisés avec leurs caractéristiques de façon à justifier l'évaluation des incertitudes. Le détail des calculs d'incertitude doit apparaître.
- 4) Pour les graphiques, l'usage d'Excel est tout indiqué ; mais la qualité du tracé et la facilité d'exploitation des graphiques doivent être équivalentes à celles obtenues à la main avec du papier millimétré.
- 5) Les résultats de mesure devront être reportés avec un nombre raisonnable de chiffres significatifs. Le dernier chiffre à reporter doit être de l'ordre de l'incertitude. Ainsi, si un calcul à la machine donne $f=20,9458$ cm et si l'incertitude absolue est $\Delta f = 0,24$ cm, on écrira le résultat final : $f = 20,9 \pm 0,3$ cm.
- 6) Dans le cas où cela est significatif, les points de mesure seront reportés sur un graphique avec leur rectangle d'incertitude.

TRAVAUX PRATIQUES

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE AVEC EXCEL 2007

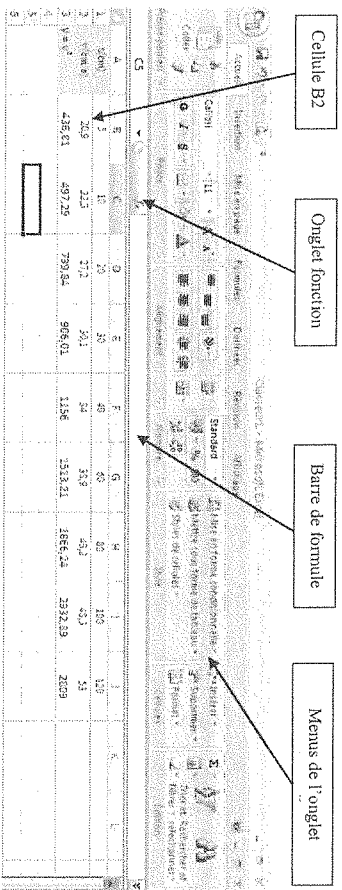
On pourra utiliser un outil logiciel comme Excel pour visualiser une courbe expérimentale. On introduit ci-après les principales bases pour le faire.

Excel est un tableur constitué d'un ensemble de cellules réparties en lignes numérotées et en colonnes alphabétiques. Chaque cellule peut contenir des valeurs numériques, du texte ou des formules.

Soit l'exemple de mesures d'une vitesse v en fonction de la distance x . On obtient les résultats suivants :

x(cm)	5,0	10,0	20,0	30,0	40,0	60,0	80,0	100,0	120,0
v(cm/s)	20,9	22,3	27,2	30,1	34,0	38,9	43,2	48,3	53,0

L'interface graphique Excel se présente comme suit :



a) Calcul de fonction

Dans l'exemple de la figure ci-dessus, on génère les valeurs de $y = v^2$ en plusieurs étapes :

- 1) Cliquez sur la cellule B3, tapez « = »
- 2) Cliquez sur la cellule B2, tapez « * » ; cliquez sur la cellule B2 et validez en tapant sur la touche entrée.
- 3) Placez la souris au coin inférieur droit (affichage d'une croix), maintenez un clic gauche et déplacez la souris vers la droite jusqu'à J3.

Pour d'autres fonctions que le carré comme la moyenne (fonction excel MOYENNE), on clique sur l'onglet fonction, puis on sélectionne la fonction désirée. Cette opération remplace l'étape 2 précédente.

b) Tracé de courbe

Pour tracer la courbe de la vitesse v en fonction de x , il faut successivement :

- 1) Sélectionner, avec leurs cellules de titre, les lignes de la distance x et de la vitesse v . Si les deux lignes correspondantes ne sont pas adjacentes, on sélectionne la première ligne, puis on maintient la touche contrôlée appuyée et on sélectionne la deuxième ligne.
 - 2) Cliquer sur l'onglet Insertion. Il apparaît plusieurs sous-menus.
 - 3) Choisir le type *image de points* et le sous type *image de points avec marqueurs uniformément*.
- Dans l'onglet Disposition, vous pouvez insérer un titre de graphique, un titre aux axes, changer le quadrillage. Par un clic gauche sur un élément du graphique (un axe par exemple) puis un clic droit, vous pouvez changer les propriétés (échelle des axes par exemple).

c) Cas de courbe linéaire

Bien souvent, on devra tracer des courbes linéaires comme $y = v^2 = f(x)$.

On crée dans Excel une ligne supplémentaire pour le calcul de y et on trace la courbe $v^2 = f(x)$.

On peut ajouter une droite de régression linéaire à la courbe en procédant comme suit :

- 1) Cliquer gauche sur un des points du graphique $v^2 = f(x)$ afin de sélectionner la série de mesures
- 2) Cliquer droit et sélectionner *Ajouter une courbe de tendance...* Choisir le Type Linéaire, puis cocher les 2 cases *Afficher l'équation sur le graphique* et *Afficher le coefficient (R²) sur le graphique*.

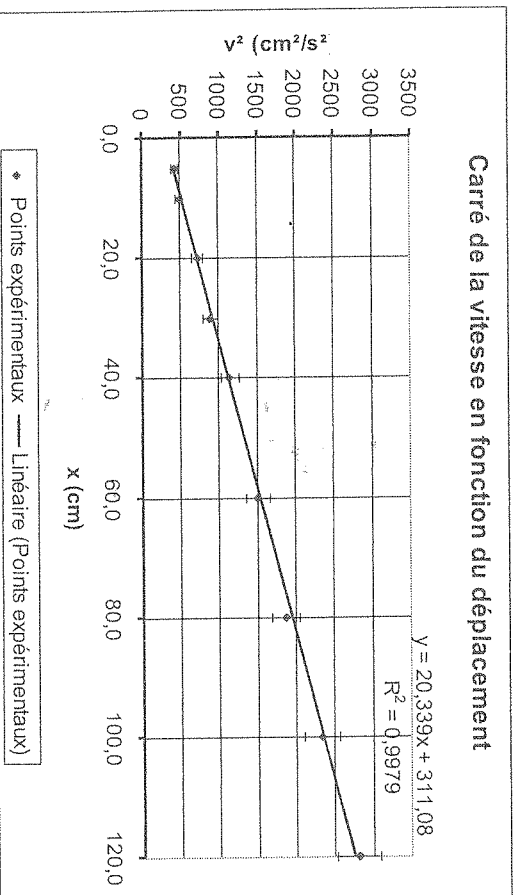
Le coefficient R² sera d'autant plus proche de 1 que les points calculés seront proches d'une droite.

d) Mise en forme

On peut modifier les éléments du graphique en cliquant dessus : zone graphique, zone de tracage, légende, axes, titre, quadrillages (principal et secondaire), séries (la courbe, puis une marque).

Quand un élément est sélectionné, on peut par un clic droit faire apparaître une boîte de dialogue qui permet la modification de l'élément.

La mise en forme finale du graphique pourra être du type de la figure suivante.



Vous pouvez aussi ajouter des barres d'incertitude (Onglet Disposition, sous-menu Analyse et Barres d'erreur). On aura créé au préalable deux lignes de calcul contenant les incertitudes en abscisse x et en ordonnée y .

LIENS BIBLIOGRAPHIQUES

- exercices Excel sur internet : <http://www.unc.fr/~horvath/Thèmes/Unites/index.html>
- Les unités de mesures : <http://www.unc.fr/~horvath/Thèmes/Unites/index.html>
- MT22 : fonctions de plusieurs variables et applications
- chapitre 1 : fonctions de plusieurs variables <http://www4.unc.fr/~mt22>
- SY02 : méthodes statistiques pour l'ingénieur
- estimation par intervalle de confiance
- régression linéaire <http://www.bds.unc.fr/sy02/>
- Aide-mémoire pratique de techniques statistiques, éd. Cisia-Ceresta
- Estimer l'incertitude, C. Penuchet, éd. AFNOR

MANIPULATION N°1

Focométrie des miroirs sphériques

L'objet de cette manipulation est de déterminer la distance focale d'un miroir sphérique (concave ou convexe) à l'aide de différentes méthodes classiques.
On utilisera une source lumineuse, un objet (type flèche), des miroirs et un écran percé en son centre que l'on placera sur un banc optique.

1 - ÉTUDE DES MIROIRS SPHÉRIQUES

Deux relations générales peuvent être exploitées : celle de conjugaison de Descartes et celle d'associations de lentille et de miroir.

1.1 - RELATION DE CONJUGAISON DE DESCARTES

Un miroir sphérique (M) possède un *centre optique* C : ce centre est un point tel que tout rayon passant par lui sort parallèlement à la direction du rayon incident.

On note S le sommet du miroir, point d'intersection du miroir avec l'axe optique (Fig. 1).

Le miroir possède un *point focal image* F : un rayon incident parallèle à l'axe optique émerge du miroir en passant par le point F sur l'axe. Il est confondu avec le *point focal objet* F car tout rayon incident passant par F émerge du miroir sur une droite parallèle à l'axe optique.

Soit un objet placé en A sur l'axe : le miroir donne en A' l'image du point A.

On pose les mesures algébriques avec origine au sommet : $\vec{p} = \overline{SA}$, $\vec{p}' = \overline{SA'}$ et $\vec{f} = \overline{SF}$.
On choisit comme sens positif le sens de propagation de la lumière incidente (ici de gauche à droite) :

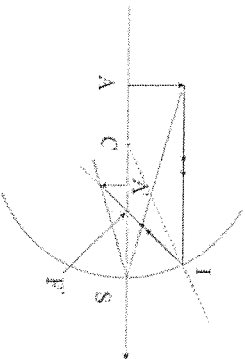


Fig. 1 - Formation d'une image à travers un miroir concave

La relation de Descartes avec origine au sommet s'écrit :

$$\frac{1}{SA'} + \frac{1}{SA} = \frac{2}{SC} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{p'} + \frac{1}{p} = \frac{2}{f}$$

On retrouve la définition du point F' : pour \vec{p} infini, on a $\vec{p}' = \vec{f}'$.

La *vergence* de la lentille est définie par $\frac{1}{f}$: elle est évaluée en dioptrie (δ - [m⁻¹]).

Le *grandissement transversal* est donné par : $\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{SA'}{SA}$.

La distance objet-image est : $D = \overline{AA'} = \vec{p}' - \vec{p}$.

Un miroir concave a une distance focale $\vec{f}' < 0$ (F' est à gauche de S comme sur la figure 1).

Un miroir convexe a une distance focale $\vec{f}' > 0$ (F' est à droite de S comme sur la figure ci-dessus).

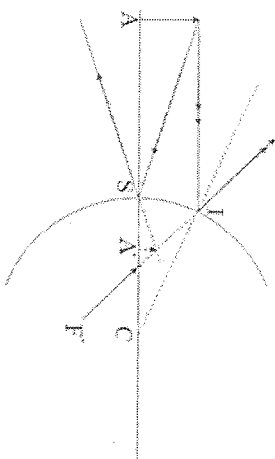


Fig. 2 - Formation d'une image à travers un miroir convexe

L'image est dite virtuelle si $\vec{p}' > 0$ (cas de la figure 2 où A' est à droite de S).

L'image est dite réelle si $\vec{p}' < 0$ (cas de la figure 1 où A' est à gauche de S).

L'objet est réel si $p < 0$ (cas de la figure 2 où A est à gauche de S).

Pour avoir un objet virtuel ($p > 0$), on utilise une lentille convergente devant le miroir : l'image du point A à travers la lentille sera à droite de S.

1.2 - CAS D'UN MIROIR CONCAVE

Exercice

1.2.1) Si l'on désire obtenir une image réelle (projetée sur un écran), quelle doit être la nature de l'objet ? (Déterminer sa position par le calcul et faire une construction géométrique)

1.2.2) Dans le cas d'un objet réel de 1 cm de hauteur placé à 40 cm d'un miroir de focale -20 cm, quelle est l'incertitude sur le grandissement transversal si $\Delta \overline{AB} = \Delta \overline{A'B'} = 1$ mm ?

1.3 - CAS D'UN MIROIR CONVEXE

Exercice

1.3.1) Si l'on désire obtenir une image réelle (projetée sur un écran), quelle doit être la nature de l'objet ? (Déterminer ses positions extrêmes par le calcul et faire une construction géométrique)

BIBLIOGRAPHIE

Physique pratique, Tome 3, Optique, J. Berty et co., Vuibert université, Editions Vuibert ;
Physique générale, Tome 2, chapitre 15, Optique géométrique, 2^{ème} édition, 1986, Alonso et Finn.

Manipulation

Pour la manipulation on utilise un banc d'optique constitué d'un rail gradué en mm où l'on peut faire glisser des supports. Ces derniers permettent d'obtenir un positionnement absolu de l'objet. On trouve sur le banc divers éléments :

- Source lumineuse fixe : ampoule de lumière blanche
- Objet : de forme fente (lettre T) ou flèche transparente, noté en position A
- Écran percé en son centre, noté en position A'
- Miroirs plans, concave ou convexe, notés en position S
- Lentille auxiliaire pour créer un objet virtuel
- Pointe pour repérer la hauteur des éléments et centrer le système sur un même axe optique

1°/ Identification rapide des miroirs

Observez un objet réel et déplacez le miroir (l'éloigner de l'objet).

- Si l'image est toujours droite et de même dimension que l'objet, le miroir est plan (Fig. 3a).
- Si l'image est toujours droite et plus petite que l'objet, le miroir est convexe (Fig. 3b).
- Si, en éloignant le miroir l'image change de sens, le miroir est concave ; près du miroir - entre S et F - l'image est virtuelle, droite plus grande que l'objet ; puis entre C et F elle est réelle, renversée plus grande que l'objet ; enfin lorsque l'objet se trouve avant C, l'image est réelle, renversée et plus petite que l'objet (Fig. 3a).

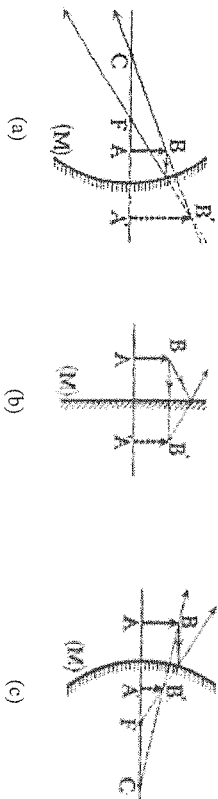


Fig. 3 - Identification des miroirs

II°/ Mesure de la distance focale d'un miroir concave

A. Méthode d'autocollimation

Réglage préliminaire

Mesurez la dimension de l'objet AB et estimez l'incertitude de mesure ΔAB.

Utilisez un miroir marqué avec vergence négative.

Placez sur le banc de gauche à droite : la source, l'objet et le miroir (Fig.4). Centrez ces éléments en utilisant la pointe ; les axes des éléments doivent coïncider avec l'axe optique.

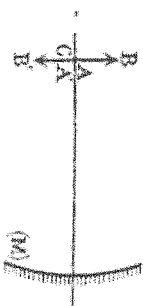


Fig. 4

Recherchez la position du miroir pour laquelle l'image se forme renversée dans le plan de l'objet ; tournez légèrement le miroir autour de son axe pour bien observer l'image dans le plan de l'objet.

Quelle position occupe le point A' ? Quel est alors le grandissement ?
Deduissez-en le rayon de courbure et la distance focale du miroir. Estimez l'incertitude sur la mesure.

B. Relation de conjugaison

Placez sur le banc de gauche à droite : la source, l'objet, l'écran percé et le miroir

Pour un objet réel en A₁ et pour plusieurs positions S du miroir, cherchez la position A' de l'image réelle et mesurez :

- Pour l'objet : $\bar{p} = SA_1$ et estimez l'incertitude de mesure ΔA₁(\bar{p}).
- Pour l'image : $\bar{p}' = SA'$ et \bar{h}'/h , et estimez les incertitudes ΔA'₁Δh' (lecture et appréciation de la netteté de l'image).

Effectuez plusieurs mesures en déplaçant le miroir et l'écran percé ; tournez le miroir légèrement autour de son axe vertical pour faire apparaître l'image sur le bord interne de l'écran (afin de respecter les conditions de Gauss : rayons proche de l'axe optique). On retrouvera l'orientation du miroir à chaque mise au point de l'image. Présentez les résultats sous forme d'un tableau (cf. tableau ci-dessous).

Pour un objet virtuel ($\bar{p}' < 0$), une lentille convergente auxiliaire L_a est alors indispensable ; on procédera en 2 temps comme suit.

1 - On place la lentille L_a à distance suffisante de l'objet placé en A₁. Recherchez sur l'écran l'image A quelle donne de celui-ci (l'image obtenue peut être très grande et déborder de l'écran).

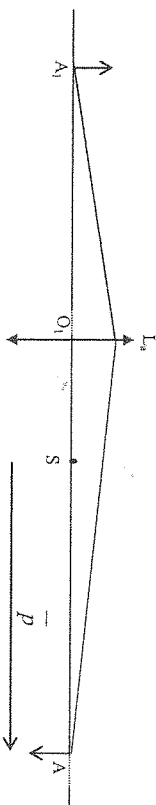


Fig. 5

2 - Sans changer la place de l'écran ni celle de la lentille L_a, on place le miroir M devant l'image A (qui devient un objet virtuel pour le miroir). On recherche sur un écran l'image donnée par le miroir. On mesure les positions S du miroir et A' de l'image.

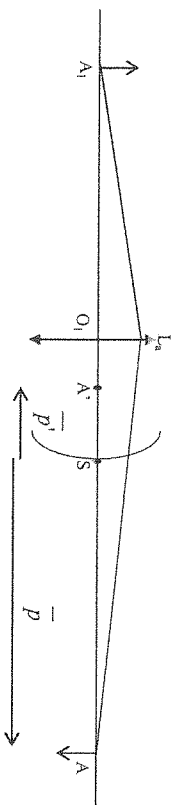


Fig. 6

Complétez le tableau ci-dessous. On pourra ajouter une colonne pour évaluer \bar{f} et son incertitude pour chaque mesure.

$$\bar{p} = SA$$

$$\bar{p}' = SA'$$

Objet	Pos. A ₁ (cm)	Pos. S (cm)	\bar{p} (cm)	$1/\bar{p}$ (m ⁻¹)	$\Delta(1/\bar{p})$ (m ⁻¹)	Pos. A' ₁ (cm)	\bar{p}' (cm)	$1/\bar{p}'$ (m ⁻¹)	$\Delta(1/\bar{p}')$ (m ⁻¹)
Objet réel									
Objet virtuel									

MANIPULATION N°11

Déviaton de la lumière par un prisme

I - Lampe spectrale

Une lampe spectrale est un tube à décharge. Dans une enceinte en quartz pénètrent deux électrodes portées à une forte différence de potentiel. L'enceinte est remplie de gaz rare sous très faible pression et d'une petite quantité de métal (par exemple Hg) facilement vaporisable.

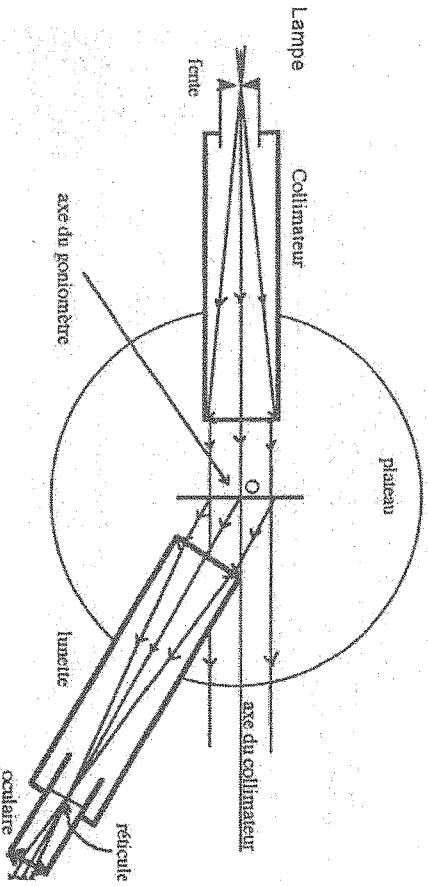
Les électrons des atomes métalliques ne peuvent se trouver que sur des niveaux d'énergie discrets. Sous l'influence de l'excitation électrique, ils passent d'un niveau d'énergie donné à un niveau d'énergie plus élevée. Lorsqu'ils reviennent au niveau initial, il y a émission d'une radiation. A chaque transition correspond une radiation de longueur d'onde bien déterminée ($E = h \nu$). La lampe au mercure domine, dans le spectre visible, un certain nombre de raies dont la superposition donne une lumière blanc-bleuâtre. Ces raies sont dispersées par le prisme, ou par un réseau.

II - Le goniomètre

Un goniomètre est un appareil destiné à la mesure des angles entre des faisceaux lumineux. Il est constitué par un plateau circulaire gradué sur l'axe duquel sont montés une lunette et un collimateur. Sur l'appareil utilisé en TP le plateau gradué peut tourner autour de l'axe du goniomètre. Sur le plateau il y a un support dont on peut régler l'inclinaison avec des vis.

Le collimateur sert à former un faisceau parallèle. Il comprend un objectif et une fente. La direction du faisceau est fixée par la droite qui passe par la fente et le centre optique de l'objectif. Si la fente se trouve au foyer objet de l'objectif le faisceau sera parallèle. Le collimateur est fixe.

La lunette est constituée d'un réticule, de deux lentilles convergentes (oculaire et objectif). Le réticule est une croix permettant de positionner précisément la lunette. La lunette est mobile autour de l'axe et un index permet de repérer la direction de l'axe de la lunette sur le plateau gradué. Un vernier au trentième permet de lire l'angle à la minute près.



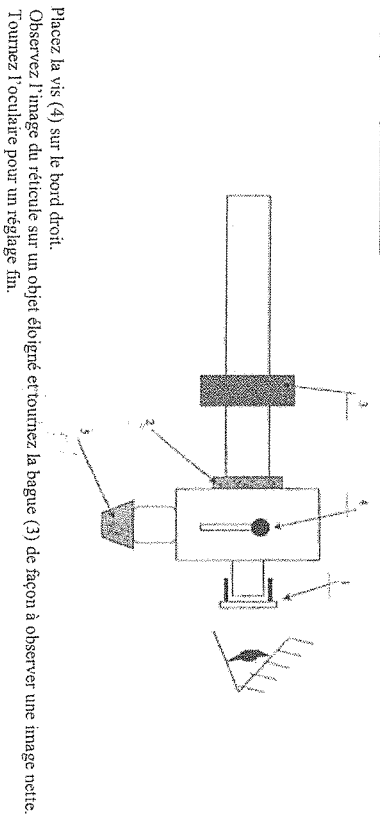
Réglage du goniomètre

Le réglage optique du goniomètre consiste à s'assurer que le collimateur donne bien un faisceau parallèle (c'est à dire que la fente est dans le plan focal objet de l'objectif du collimateur) et que l'image d'une source à l'infini (faisceau parallèle) se trouve bien dans le plan du réticule (le réticule est dans le plan focal objet de l'objectif de la lunette).

Réglage de l'oculaire

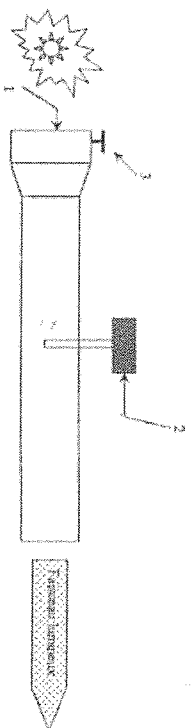
Mettre au point en faisant glisser l'oculaire dans son tube jusqu'à voir net le réticule. Ce réglage doit être refait chaque fois que l'observateur change.

Réglage de l'objectif de la lunette



Placez la vis (4) sur le bord droit. Observez l'image du réticule sur un objet éloigné et tournez la bague (3) de façon à observer une image nette. Tournez l'oculaire pour un réglage fin.

Réglage du collimateur



Faites tourner la lunette pour l'amener dans l'axe du collimateur.

Ouvrez le cache qui se trouve sur la fente (1). Placez la lampe spectrale à environ 5 cm devant la fente (1). Observez à travers la lunette l'image de la fente (1) donnée par le faisceau sortant du collimateur.

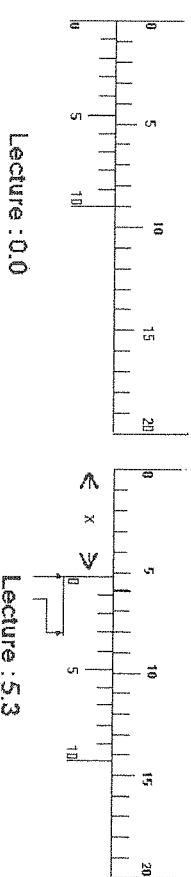
Régalez l'objectif du collimateur en tournant la bague (2) pour que l'image de la fente par la lunette soit nette dans le plan du réticule.

Placez alors la lampe spectrale le plus près possible de la fente (1). Ajustez l'ouverture de la fente avec l'aide de la vis (3) pour qu'elle soit la plus fine.

Le réglage terminé, on ne doit plus toucher aux objectifs du collimateur et de la lunette. Le seul changement que l'on peut faire est le réglage de l'oculaire quand on change d'observateur.

III - Principe de lecture au vernier

Un vernier est constitué d'une règlette mobile r qui se déplace le long d'une règle fixe R. Un vernier est dit au n-ième si n graduations de r correspondent à n - 1 graduations de R. Soit l'exemple d'un vernier r au 1/10 représenté ci-dessous sur une échelle R de 0 à 20.



10 graduations de r correspondent à 9 graduations de R ; donc 1 graduation de r représente 9 / 10 division de R.

Mesure d'une longueur x :

On voit ici que la graduation 8 de R coïncide avec la graduation 3 de r donc : $8 = x + 3 \cdot 9 / 10$ soit $8 = x + 2,7$ d'où $x = 5,3$ graduations de R.

On constate que la lecture de x peut se faire directement, sans calculs, en repérant d'abord le 0 de r par rapport à R (ici entre les divisions 5 et 6 et plus près de 5), puis en utilisant le vernier (ici au dixième) c'est à dire en repérant la graduation coïncidente de la règle r par rapport à R (ici la division 3 soit $3 \cdot 1/10 = 0.3$; d'où $x = 5.3$ graduations de R). Dans le cas du TP, R est gradué en 0.5° et r en 30 graduations ; la résolution est donc d'une minute d'angle.

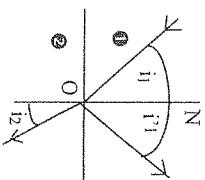
IV - Mesure de l'indice de réfraction d'un prisme par la méthode de déviation

Les lois de la réfraction permettent de tracer la marche d'un rayon lumineux à travers un prisme d'indice de réfraction n .

Rappel : lois de Descartes pour la réfraction et la réflexion.

Lorsqu'un rayon lumineux (rayon incident) se propageant dans le milieu ①, atteint la surface de séparation entre le milieu ② et un milieu ③, il se forme deux rayons, l'un se propage dans le milieu ② (rayon réfracté), l'autre dans le milieu ③ (rayon réfléchi).

On appelle plan d'incidence le plan qui contient le rayon incident et la normale à la surface de séparation des deux milieux. La figure est faite dans le plan d'incidence.

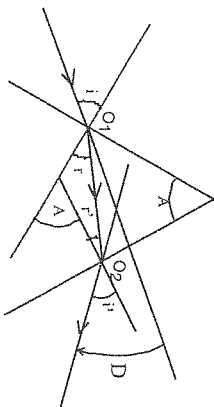


Les lois de Descartes sont :

- les rayons réfléchi et réfracté sont dans le plan d'incidence
- l'angle d'incidence (angle entre le rayon incident et la normale) est égal à l'angle de réflexion (angle entre le rayon réfléchi et la normale) : $i_1 = r_1$
- l'angle de réfraction et l'angle d'incidence sont liés par la relation : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin r_2$

où n_1 et n_2 sont les indices de réfraction des milieux (souvent l'un des milieux est l'air dont l'indice est voisin de celui du vide qui vaut 1 par définition).

Ces lois permettent de tracer la marche d'un rayon lumineux à travers un prisme.



L'angle de déviation se calcule par :

$$D = i + i' - A \quad (1)$$

$$\sin i = n \sin r \quad (2)$$

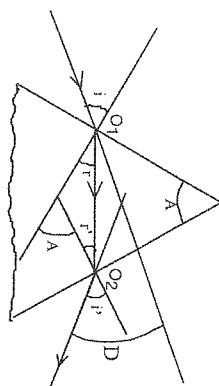
$$\sin r' = n \sin r' \quad (3)$$

$$r + r' = A \quad (4)$$

On peut montrer que la déviation présente un minimum D_m en fonction de la direction du faisceau incident, c'est-à-dire en fonction de i . Ce minimum ne peut que correspondre à $i = r'$ (donc $r = r'$), à cause de la symétrie du problème et du théorème du retour inverse.

Ce théorème affirme que si un rayon lumineux suit un certain trajet dans un sens, un autre rayon lumineux peut suivre le même en sens inverse.

La figure devient la suivante.



On voit que si $i = r'$, $r = r'$. Le rayon à l'intérieur du prisme est alors perpendiculaire au plan bissecteur du dièdre, $r = A/2$ et $D_m = 2i - A$, donc :

$$n = \frac{\sin \left(\frac{D + A}{2} \right)}{\sin \left(\frac{A}{2} \right)}$$

4.1) Exprimez l'incertitude Δn en fonction de l'incertitude ΔD .

4.2) Exprimez la relation donnant l'angle incident i_{min} limite au-dessus duquel on observe un rayon émergent i' pour A et n donnés. Calculez i_{min} pour $n = 1.7$ et $A = 60^\circ$.

4.3) Trouvez la méthode qui permet de calculer D à partir de l'angle d'incidence i et de l'indice de réfraction n : on exploitera les équations (1) à (4) vues plus haut. Cette méthode sera utilisée avec Excel pour tracer la courbe théorique pour la partie manipulation.

Avec le goniomètre on peut mesurer D_m et A et en déduire l'indice n . La mesure de l'indice pour plusieurs longueurs d'onde permet de vérifier la loi trouvée théoriquement par Cauchy :

$$n = P + \frac{Q}{\lambda^2}$$

On trace donc n en fonction de λ^{-2} pour déterminer P et Q .

V - Pouvoir dispersif d'un verre

Pour caractériser la qualité d'un verre utilisé pour le prisme d'un spectroscope, on définit son pouvoir dispersif qui donne en gros la variation relative de son indice entre les extrémités du spectre visible (du bleu au rouge). La définition du pouvoir dispersif est :

$$\omega = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$$

où n_C , n_F , et n_D sont les indices du verre pour les longueurs d'onde du spectre solaire avec la notation de Fraunhofer,

$$\lambda_F = 0.4861 \mu\text{m} \text{ (raie de l'hydrogène)}$$

$$\lambda_C = 0.6563 \mu\text{m} \text{ (raie de l'hydrogène)}$$

$$\lambda_D = 0.5892 \mu\text{m} \text{ (raie jaune du sodium)}$$

VI - Réglages du prisme

Pour que la formule s'applique correctement il faut :

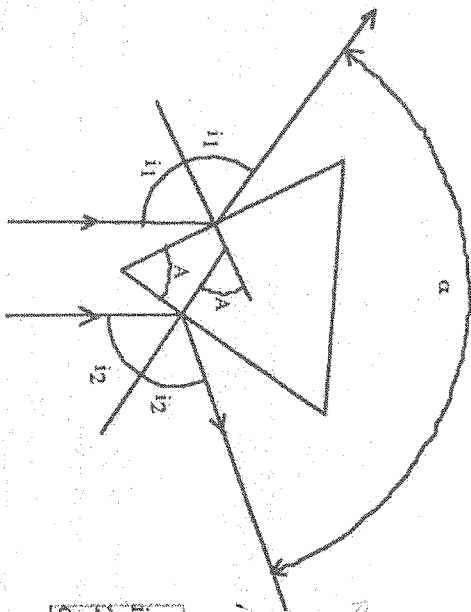
- 1) que le prisme soit à bonne hauteur de l'axe de la lunette
- 2) connaître l'angle A
- 3) que le prisme soit au minimum de déviation pour la longueur d'onde étudiée.

Réglage de la hauteur

On met la lunette à peu près à 90° de l'axe du collimateur. On tourne le plateau pour observer le faisceau réfléchi par une des faces du prisme. En agissant sur la molette sous la lunette, on amène l'image de la fente au centre de la lunette.

Mesure de l'angle du prisme

Après le réglage de l'axe, on tourne le plateau pour orienter l'arête vers le collimateur afin d'observer les faisceaux réfléchis par les faces. On mesure sur le plateau l'angle α entre les faisceaux. La figure montre qu'il vaut 2A.



On peut voir que :
 $i_1 + A + i_2 = 180^\circ$
 $2i_1 + 2i_2 + \alpha = 360^\circ$
 d'où $\alpha = 2A$

Réglage du minimum de déviation

Choisissez une raie intense au milieu du spectre, (la raie verte pour le mercure par exemple). Observez dans la lunette. Faites tourner le plateau pour rendre minimale la déviation (attention à ne pas déplacer le prisme sur le support). On se contentera du seul réglage pour cette longueur d'onde moyenne (En principe la position de déviation minimum n'est pas la même pour les différentes longueurs d'onde, mais comme il s'agit d'un extremum de la déviation, si le réglage n'est pas parfait, la déviation mesurée sera très proche de la valeur minimale).

Bibliographie

- Alonso et Finn : Physique générale II
- chap 15 - Optique géométrique
- chap 17 - Diffraction

Manipulation

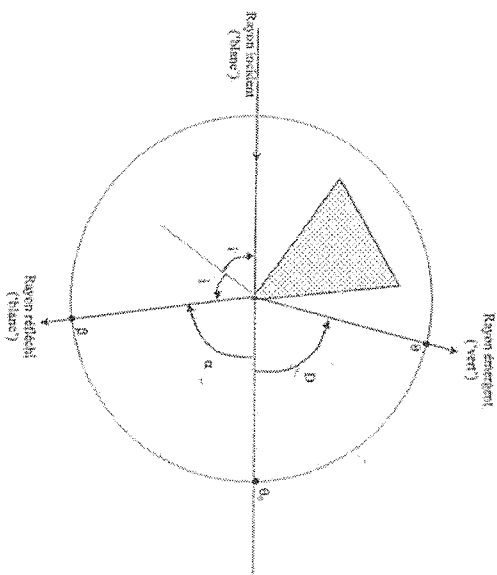
I - Préréglages

- Identifiez les éléments du goniomètre. Allumez la lampe à mercure. Laissez la allumée durant la séance.
- Il faut éviter après avoir éteint une lampe spectrale de la rebrancher avant qu'elle n'ait refroidi.
- Réglez la lunette pour la vision à l'infini.
- Réglez le collimateur pour qu'il donne un faisceau parallèle.

II - Mesure de l'angle A du prisme

- Mettez en place le prisme, observez qualitativement le faisceau dévié.
- Réglez la hauteur de la lunette en ajustant la molette sous la lunette.
- Mesurez l'angle A comme indiqué en première partie.

III - Mesure de l'indice du prisme au minimum de déviation



- Cherchez le minimum de déviation D pour une raie moyenne du spectre, le vert : on fera tourner le plateau du prisme tout en observant la raie verte à la lunette, et on réglera sa position. Fixez la plate-forme.
- Mesurez les angles de déviation pour les raies du mercure. Déduisez-en les indices de réfraction correspondants et utilisez quatre chiffres après la virgule (on privilégiera cette précision après avoir tracé la courbe).
- Tracez la courbe donnant l'indice en fonction de λ . Vérifiez la loi de Cauchy. Calculez les constantes P et Q.
- Calculez le pouvoir dispersif du prisme.

IV - Étude de la déviation D en fonction de l'angle d'incidence i

On effectuera les mesures sur la raie verte la plus intense du spectre de Hg. Faites varier l'angle d'incidence i et mesurez l'angle de déviation D du faisceau vert émergent.

Pour la mesure de D procédez comme précédemment. Pour la mesure de i, fixez le prisme et le plateau porte-prisme dans une position quelconque et mesurez à l'aide de la lunette la position β du faisceau réfléchi (cf. figure précédente). Déduisez-en l'angle α entre β et β_0 . On ramène alors à l'angle d'incidence par la relation $i = (\pi - \alpha) / 2$.

Une fois cette mesure effectuée, repérez la position du plateau porte-prisme. À partir de cette valeur, toute rotation du plateau entraîne une variation égale de l'angle d'incidence i. Faites varier i (entre 49° et 89°) et mesurez l'angle de déviation D. Tracez D = f(i). Comparez les valeurs aux valeurs théoriques de la déviation. Comparez la valeur du minimum de déviation avec 2 i - A.