

MESURE DE L'ANGLE ET DE L'INDICE D'UN PRISME

Durée : 3H. Ce T.P. comporte 5 pages.

1. LISTE DU MATERIEL

Goniomètre (voir page 4) – Prisme - Lampe à vapeur de mercure - Logiciel Excel.

Liens : <http://www.zeiss.fr/c12568e8002594cd/Contents-Frame/a50aebffea8ff7b3c12569db005fdf54>
<http://cvilaser.com/Catalog/Pages/template1.aspx?pcid=105>

2. GENERALITES

2.1 INTRODUCTION

C'est un instrument de laboratoire servant à mesurer l'angle que font les directions de deux faisceaux lumineux. L'appareil se compose essentiellement d'un cercle gradué et d'une lunette autocollimatrice. A cet ensemble est adjoint un collimateur.

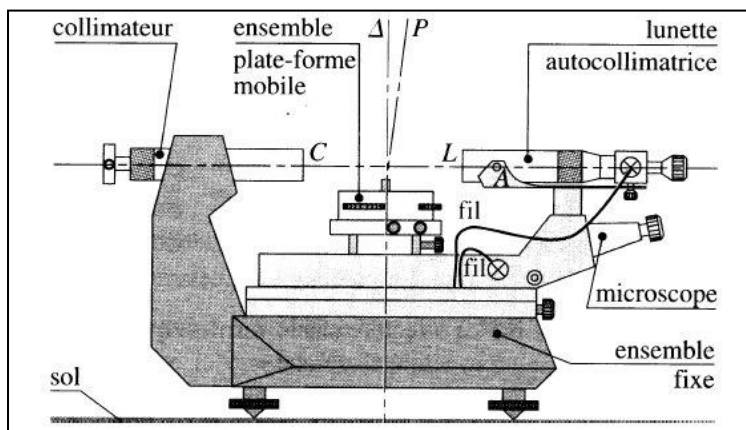
Les angles de plusieurs dizaines de degrés sont mesurés de manière très précise ; la résolution (précision) est de la minute d'angle ou la demi-minute.

Exemple : si un angle de $78^{\circ}06'30''$ est mesuré à $30''$ près, la résolution relative est de l'ordre

de : $\frac{30}{(78 \times 3600 + 06 \times 60 + 30)} = 1 \times 10^{-4}$. Ceci

signifie que l'on a une incertitude relative de $0,01\%$, on devra déterminer le **cinquième chiffre significatif**.

Pour réaliser cette performance, il est nécessaire d'optimiser les réglages de l'appareil en respectant une procédure puis d'effectuer les mesures avec le plus grand soin.



2.2 PROCEDURE DE REGLAGE

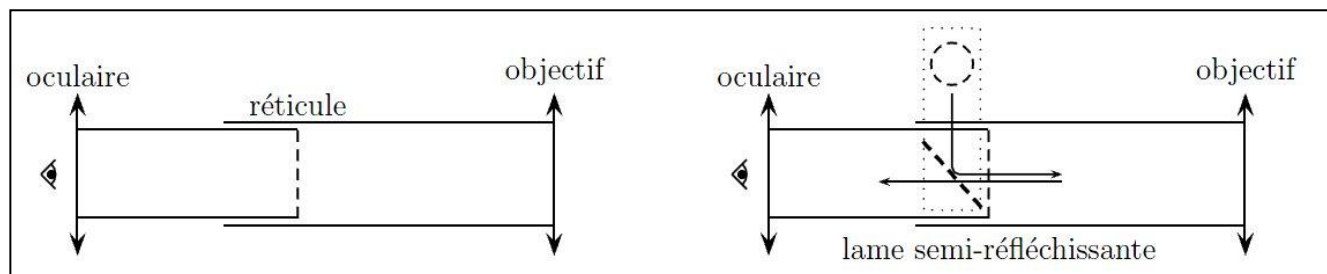
1. réglage de l'horizontalité.

Faire un réglage approximatif de l'horizontalité des 2 lunettes et du plateau

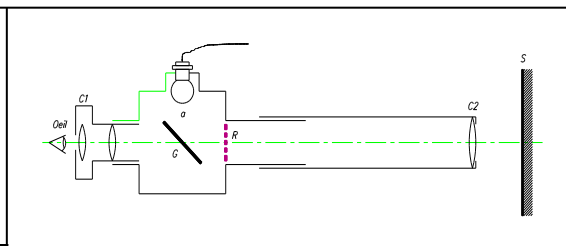
2. réglage de l'oculaire.

L'oculaire de la lunette doit être réglé de manière que les fils du réticule soient vus le plus nettement possible. L'œil accomode alors à l'infini, sans faire d'effort. Ce réglage dépend de la vue de l'observateur. Il faut tourner l'oculaire pour faire la mise au point sur le réticule.

3. réglage à l'infini de la lunette autocollimatrice.



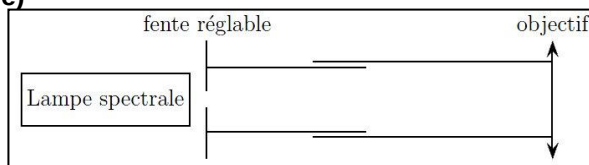
On dispose un miroir M (ou une lame à faces parallèles ou la face d'un prisme) perpendiculairement à l'axe optique de la lunette. Eclairer les fils du réticule par la lampe de la lunette. L'observateur aperçoit alors, lorsque le miroir est sensiblement normal à l'axe optique de la lunette, les fils du réticule et leur image. Il y a autocollimation si le plan objet et son



plan image coïncident. (La lunette envoie alors une image du réticule à l'infini. Le faisceau parallèle sortant se réfléchit sur la lame, pénètre dans la lunette pour former une image dans le même plan que le réticule). Cela veut dire que l'on doit voir, en même temps et aussi nettement, les fils du réticule et leur image. Pour cela, il faut agir sur la bague de la lunette. **Ce réglage ne doit plus être modifié.**

4. réglage du collimateur (on ôte le miroir de la plate-forme)

Cette opération consiste à amener la fente du collimateur dans le plan focal objet de l'objectif de ce collimateur. On éclaire donc la fente du collimateur à l'aide d'une lampe. Mettre la lunette en face du collimateur et viser la fente. Au moyen de la bague du collimateur, déplacer la fente par rapport à l'objectif jusqu'à ce qu'elle soit vue nettement.



5. lecture d'un angle

Lorsque l'on vise une raie lumineuse, on bloque le bras qui porte la lunette et l'on ajuste sa rotation à l'aide de la vis de réglage fin de façon à ce que le fil du réticule soit au milieu de la raie. L'angle lu est en degrés et minutes d'arc. La valeur des degrés est donnée par le nombre situé au-dessus du trait vertical passant dans la graduation 0-60. On lit ensuite la valeur des minutes sur cette même graduation. Attention aux opérations sur ces angles: $18^{\circ}15' = 18,25^{\circ}$.

Les réglages essentiels du goniomètre sont alors effectués.

Une procédure de réglage très détaillée se trouve sur : http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/cortial/gonio/reg_gonio.html

3. TRAVAIL DEMANDE

3.1 Travail théorique

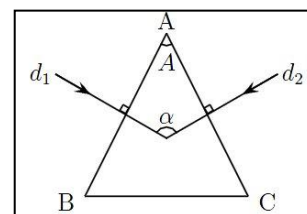
3.1.1 Fonctionnement simulé

Dans le programme : « Physique et simulations numériques ouvrir : <http://subaru2.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/optigeo/prisme.html> », Lire l'applet et le texte associé

3.1.2 Relations fondamentales. Démonstrations théoriques

3.1.2.1 Mesure de l'angle du prisme par autocollimation (1^{ère} méthode)

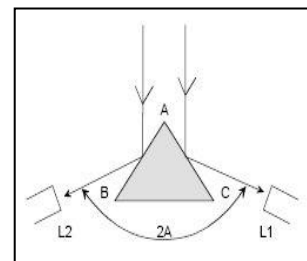
Montrer à l'aide du schéma ci-contre que l'angle α entre les 2 visées d_1 et d_2 par autocollimation sur chaque face AB et AC du prisme vaut $(180^{\circ} - \hat{A})$.



3.1.2.2 Mesure de l'angle par réflexion du faisceau collimaté sur les 2 faces (2^{ème} méthode)

Chaque face AB et AC se comporte comme un miroir plan et divise le faisceau parallèle incident en 2.

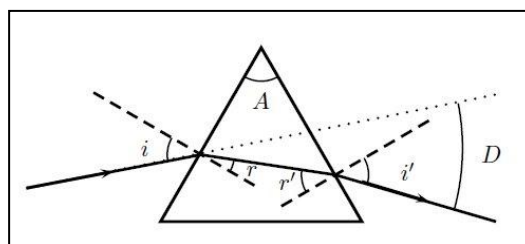
Montrer à l'aide du schéma ci-contre que l'angle entre les 2 positions L et L' de la lunette de visée vaut $2\hat{A}$.



3.1.2.3 Minimum de déviation

Un prisme est un dièdre limitant un milieu transparent d'indice n , plongé ici dans l'air, d'indice pratiquement égal à 1, d'angle au sommet A . On envisage les rayons dans un plan de section principale. Les angles absolus i , i' , r , r' et la déviation D sont indiqués sur la figure jointe.

1. Démontrer soigneusement les deux relations $D = i + i' - A$ et $A = r + r'$.
2. Écrire les deux relations de Descartes faisant intervenir i , i' ,



r, r' et n .

3. On montre que la déviation D passe par un minimum D_m pour une valeur i_m de i . En pratique, un prisme est toujours utilisé au voisinage du minimum de déviation. La configuration est alors symétrique par rap-

port au plan bissecteur en A. En déduire la relation :
$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + D_m}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

3.2 Manipulations

3.2.1 Mesure de l'angle du prisme par autocollimation (1^{ère} méthode)

Mise en place du prisme

- Placer le prisme comme indiqué Figure 1, l'arête A dépassant le centre de la plate-forme de 10 mm environ, les faces utiles AB et AC perpendiculaires aux côtés v_2v_3 et v_1v_3 du triangle équilatéral formé par les trois vis.
- Tourner le plateau pour amener A à l'opposé du collimateur (base BC du prisme soit du côté du collimateur). Serrer la vis de blocage de la plate-forme. Ne plus y toucher.
- Tourner la lunette pour observer l'autocollimation sur AB. Amener R' en coïncidence avec R en agissant sur la vis v_2 .
- Tourner ensuite la lunette pour observer l'autocollimation sur AC. Obtenir la coïncidence entre R et R' en agissant sur v_1 .
- Revenir à la première position. Corriger éventuellement le décentrage, etc...
- Quand la coïncidence est optimale dans les deux positions, l'arête du prisme est perpendiculaire au plan décrit par l'axe de la lunette lors de la rotation (elle est parallèle à l'axe de rotation commun au plateau et à la lunette autocollimatrice).

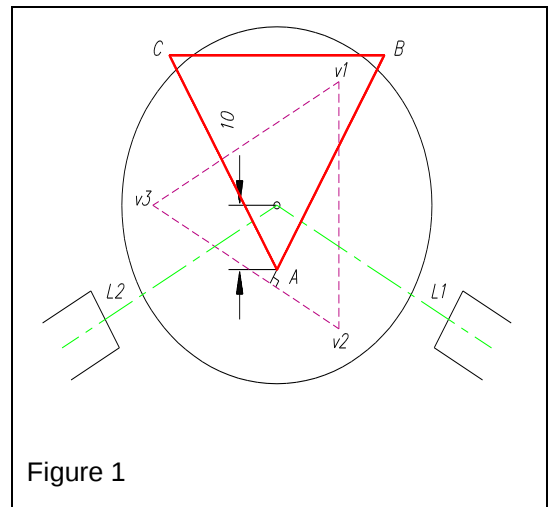


Figure 1

Montrer le réglage à un professeur

Mesures

- Bloquer la lunette dans la position L1 précédente à l'aide de la vis de blocage de la lunette. Réaliser la coïncidence entre R et R' à l'aide de la vis de réglage fin. Repérer la position L1.
- Faire de même pour la position L2.
- En déduire les valeurs de l'angle α dont la lunette a tourné entre L1 et L2.
- Mesurer trois fois $\hat{A}$ en faisant subir à la plate-forme une rotation de quelques degrés entre chaque mesure. (ne pas toucher au prisme !)

Exploitation des mesures

En déduire la valeur de $\hat{A}$ en faisant un tableau sous Excel (on obtient alors 3 mesures de $\hat{A}$).

Donner une évaluation de $\hat{A}$ avec son encadrement d'après les valeurs obtenues avec cette méthode (utiliser les fonctions statistiques).

3.2.2 Mesure de l'angle du prisme par réflexion du faisceau collimaté sur les 2 faces (2^{ème} méthode)

Mise en place du prisme

Même mise en place que précédemment mais l'arête A dépasse peu le centre de la plate-forme et est tournée vers le collimateur (voir Figure 2)

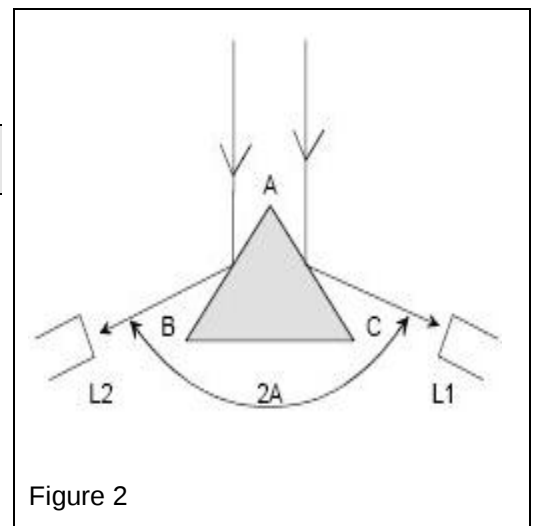


Figure 2

Réglages

- Eclairer la fente du collimateur au moyen d'une lampe à incandescence. La fente doit être la plus fine possible.
- Viser l'image de la fente par réflexion sur la face AC (position L1 de la lunette). En agissant sur la vis v1, amener cette image à être confondue avec le fil vertical du réticule et coupée en deux parties égales par le fil horizontal.
- Viser l'image de la fente par réflexion sur la face AB (position L2 de la lunette). Agir sur la vis v2 pour obtenir le même aspect.
- Revenir à L1, etc...

Montrer le réglage à un professeur

Mesures

- Pointer l'image de la fente par réflexion sur AC. Repérer la position L1.
- Répéter l'opération pour la position L2.
- En déduire la valeur de l'angle α dont la lunette a tourné entre L1 et L2.
- Mesurer trois fois $\hat{A}$ en faisant subir à la plate-forme une rotation de quelques degrés entre chaque mesure et en refaisant éventuellement les réglages.

Exploitation des mesures

En déduire la valeur de $\hat{A}$ en faisant un tableau sous Excel (on obtient alors 3 mesures de $\hat{A}$).

Donner une évaluation de $\hat{A}$ avec son encadrement d'après les valeurs obtenues avec cette méthode (utiliser les fonctions statistiques).

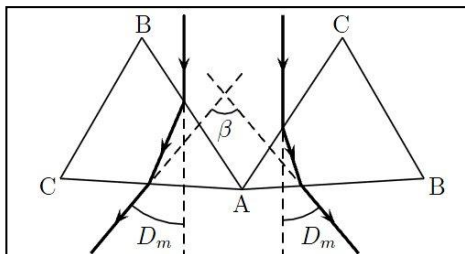
Conclusion générale

Donner une évaluation de $\hat{A}$ avec son encadrement d'après les valeurs obtenues avec les 2 méthodes (regrouper les 6 valeurs et utiliser les fonctions statistiques).

3.2.3 Mesure de l'indice du prisme et de sa dispersion

Une fois le réglage du goniomètre effectué, éclairer la fente du collimateur à l'aide d'une lampe à vapeur de mercure. Placer le prisme dans la position ABC (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) et rechercher le spectre au moyen de la lunette. Fermer la fente du collimateur pour avoir les raies les plus fines possibles.

Mesurer le minimum de déviation D_m pour chaque raie d'émission repérable. Pour cela, tourner le plateau dans le sens qui provoque le déplacement des raies indiqué sur le schéma. Pointer la position de chaque raie à l'endroit où elle rebrousse chemin.



Recommencer avec le prisme dans la position A'B'C'.

En fait, on mesure $2D_m$ pour chaque raie, ce qui permet d'avoir plus de précision sur D_m donc sur la valeur de n .

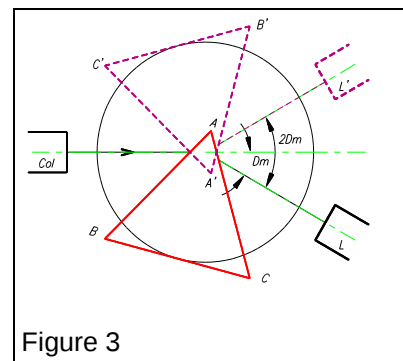


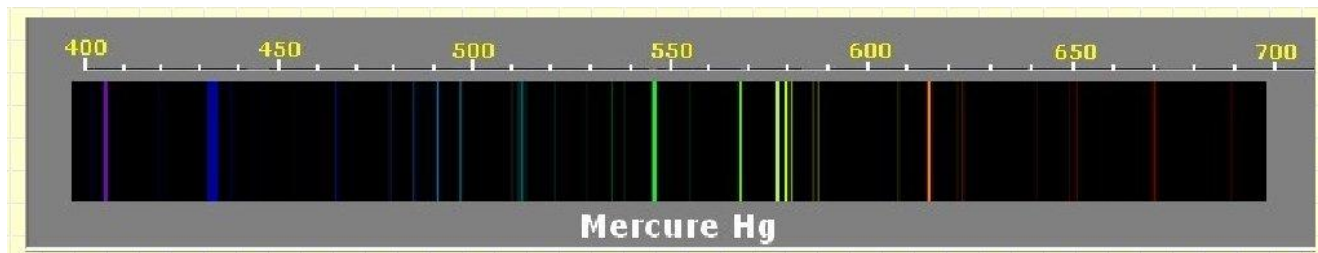
Figure 3

3.3 Exploitation des résultats

Pour chaque valeur de λ (voir spectre ci-dessous et tableau des longueurs d'onde sur la feuille de correction), calculer :

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

Tracer les courbes $n = f(\lambda)$ et $n = f(1/\lambda^2)$. En utilisant le document ci-dessous ($1A = 0,1 \text{ nm}$), déduire la constringence ν puis le pouvoir dispersif $1/\nu$ du verre dont est constitué le prisme. Identifier le verre en retournant sur : <http://cvilaser.com/Catalog/Pages/template1.aspx?pcid=105>



INDICES DE RÉFRACTION DES VERRES

a) Ordre de grandeur.

- Crown ordinaire : 1,50 à 1,52.
- Crown borosilicaté : 1,52 à 1,54.
- Flint léger : $\approx 1,57$.
- Flint moyen : $\approx 1,63$.
- Flint lourd : $\approx 1,66$.

b) Exemple de mesures effectuées avec une radiation de longueur d'onde « moyenne » et deux radiations extrêmes.

Par convention, on utilise la double raie D du sodium et les raies C et F (H_α et H_β) de l'hydrogène dont les longueurs d'onde sont

$$\lambda_D = 5893 \text{ Å}; \quad \lambda_F = 4861 \text{ Å}; \quad \lambda_C = 6563 \text{ Å}.$$

	Crown ordinaire	Crown borosilicaté	Flint léger	Flint moyen	Flint lourd
Indice moyen n_D	1,517 1	1,524 3	1,568 2	1,627 3	1,655 5
Dispersion $n_F - n_C$	0,008 7	0,008 2	0,011 6	0,017 0	0,019 0
Constringence $\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$	60	64	49	37	34

Goniomètre 30 secondes Prix Unitaire : 11088 € TTC



- Très grande précision
- Confort d'utilisation
- Robuste et fiable

Cet appareil simple et de construction robuste a été spécialement conçu pour les travaux pratiques nécessitant une grande précision de mesure.

Il apporte un grand confort de lecture à l'utilisateur.

En effet, les traditionnelles graduations sur métal et les verniers, toujours difficile à lire, ont été avantageusement remplacés par des graduations sur verre associées à un microscope à micromètre.

Composition :

- 1 limbe gradué en degrés équipé :
 - d'un carter étanche protégeant les divisions
 - d'un système d'éclairage DEL blanche
 - d'un microscope composé d'un oculaire x 15 et d'un objectif achromatique x 4 permettant la lecture des graduations
 - d'une échelle gravée en 60 minutes
- 1 lunette autocollimatrice équipée :
 - d'un oculaire orthoscopique à tirage
 - d'une lame semi-réfléchissante
 - d'un réticule en croix
 - d'un dispositif d'éclairage DEL blanche
 - d'un objectif de Ø 35 mm et de focale + 130 mm
- - d'une vis de réglage de l'horizontalité, placée sous le berceau de la lunette
- 1 collimateur équipé :
 - d'un objectif de Ø 25 mm et de focale 160 mm
 - d'une fente à ouverture réglable d'une hauteur de 10mm fournie L'ouverture de la fente est repérée sur un tambour dont chaque division correspond à 1/100e mm
- 1 platine porte-objet pouvant tourner autour de l'axe vertical de l'appareil :
 - réglage en hauteur par tirage et vis de blocage
 - réglage de l'horizontalité par 3 vis calantes

Remarque : les mouvements de rotation de la lunette autocollimatrice et de la platine porte objet sont assurés via une vis de blocage pour le mouvement rapide et une vis micrométrique de réglage fin

NOMS :

Date :

FEUILLE A RENDRE EN FIN DE SEANCE

Barème de correction

§	Travail à faire	Pts sur place	Pts. rapport	Remarques
3.1	Travail théorique		___/5	
	Réglages	___/3		
3.2.1 et 3.2.2	Qualité des mesures de l'angle et exploitation sous Excel		___/5	
3.2.3	Qualité des mesures de l'indice et exploitation sous Excel		___/5	
3.3	Conclusion : identification du verre dont est constitué le prisme		___/2	
Les points dans les champs grisés sont attribués sur place. À la correction, ces points ne seront plus reportés sur le compte-rendu.		Note : ___/20		

Remarques des élèves (problèmes matériels, erreurs dans le sujet, ...) :

LONGUEURS D'ONDE DE REFERENCE (nm) DANS LE SPECTRE VISIBLE DE Hg Na Cd				
COULEUR	λ (nm)	MERCURE Hg	SODIUM Na	CADMIUM Cd
Violet extrême	412	404,7 407,8		
Violet	428			
Indigo	444	435,8	449,4 449,8	
Bleu indigo	459		454,2 454,5	
Bleu	475			467,815
Vert bleu	490	491,6 496,0		480,0
Vert "chou"	506			508,582
Vert "jardin"	521			
Vert moyen	536			
Vert clair	552	546,074		
Jaune vert	567		568,8 568,9	
Jaune	582	577,0 579,1	589,0 589,6	
Jaune orangé	597			
Orangé	612		615,4 616,1	
Rouge clair	628	623,4		
Rouge	643			643,84677
Rouge foncé	658			
Rouge sombre	673			
Rouge extrême	687	690,7		
Infrarouge	>700			

Rem.: Les indices de réfraction sont donnés pour une longueur d'onde moyenne (raie D du sodium) et deux radiations extrêmes (raies C et F de l'hydrogène):
 $\lambda_D = 589,3 \text{ nm}$ $\lambda_F = 486,1 \text{ nm}$ $\lambda_C = 656,3 \text{ nm}$
 La longueur d'onde de la transition $3s \rightarrow 2p$ du Néon est $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ (laser He - Ne).
 Le maximum de sensibilité de l'œil correspond à 555 nm.