

Goniomètre

Le but de ce TP est double :

- Apprendre à utiliser un appareil **de grande précision** (le goniomètre), utilisé pour la mesure d'angles de déviation.
- Mesurer l'indice du verre du prisme puis de vérifier expérimentalement la loi de Cauchy, donnant la loi de variation de l'indice n (ici, celui du verre constituant le prisme) en fonction de la longueur d'onde

$$n = n_o + \frac{A}{\lambda^2}.$$

I Matériel :

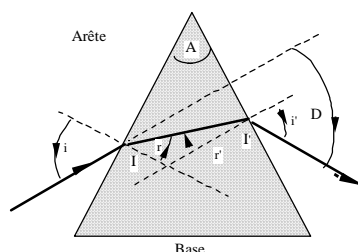
On dispose sur la table :

- Une lampe spectrale ;
- Un goniomètre ;
- Un prisme pour gonio (bonne qualité) ;
- Alimentation stabilisée pour avoir 6V ;
- Miroir plan ;
- Lampe spectrale Na, Hg ou Cd ;
- Lampe de bureau ;
- Cache noir, scotch ;

Précaution:

- **Les transformateurs des lampes spectrales donnent 400 V au secondaire quand la lampe n'est pas branchée ce qui est très dangereux. Couper le primaire avec l'interrupteur avant tout changement de lampe.**
- **Ne pas dépasser 6V pour alimenter la lampe de la lunette autocollimatrice.**
- **Remarque importante : ne jamais rallumer une lampe spectrale chaude que l'on vient d'éteindre, sous peine de la détériorer très rapidement !**

II Rappel du prisme :



Les formules du prisme sont :

$$(1) \sin(i) = n \sin(r)$$

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

$$(3) A = r + r'$$

$$(4) D = i + i' - A$$

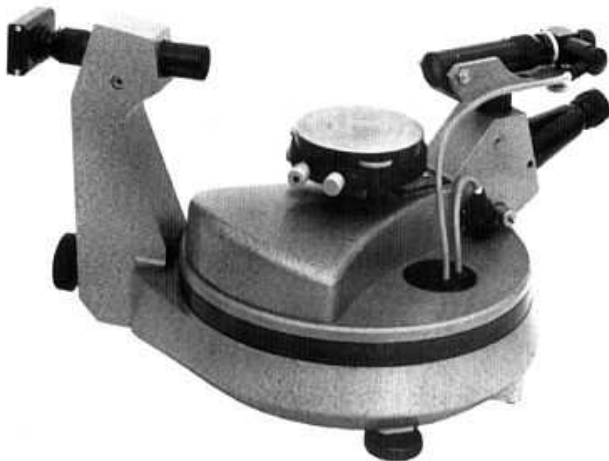
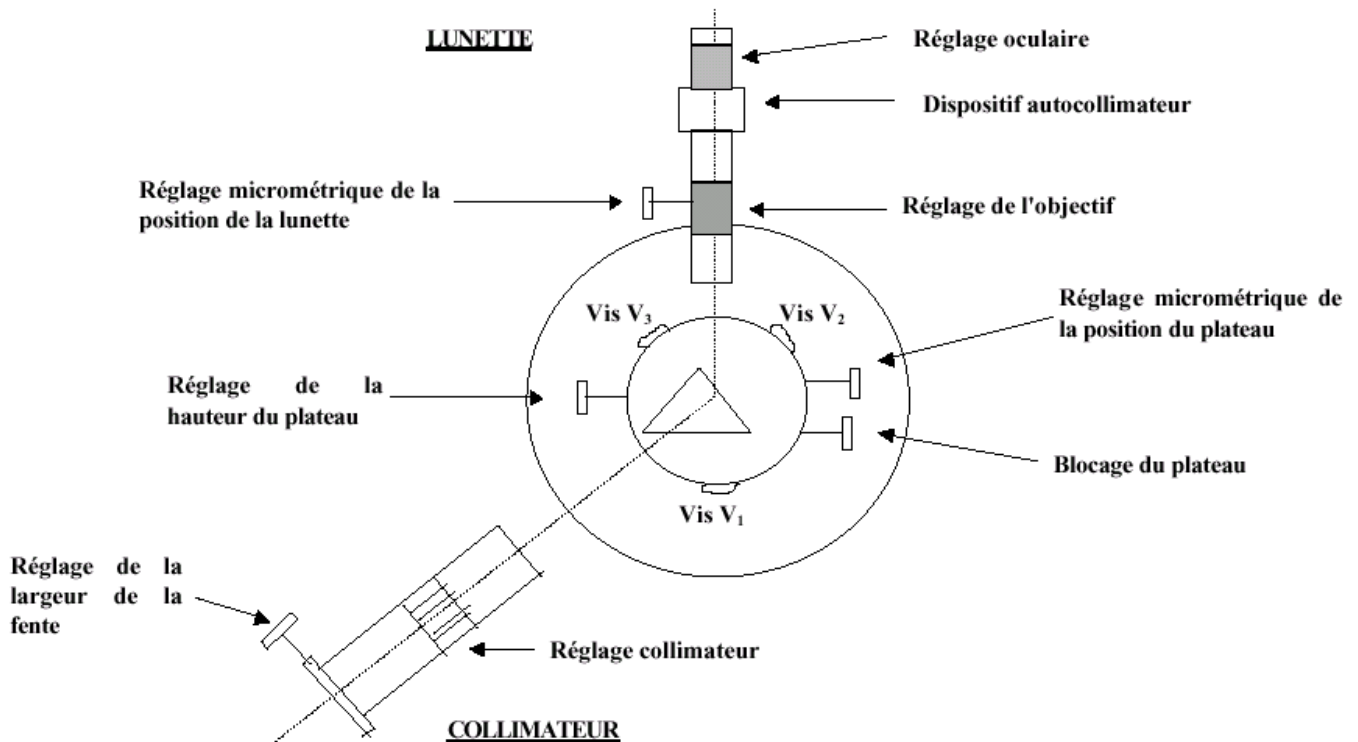
III Description du goniomètre :

Le but est d'identifier toutes les pièces dont on dispose.

Un conseil :

- Prendre le temps de réglages soignés.
- De façon à éviter une fatigue oculaire due à l'accommodation, l'œil doit avoir à regarder à son pronctum rémotum (P.R.) c'est à dire à l'infini
- En général, l'amplitude de réglage de l'oculaire suffit pour pouvoir corriger les défauts de myopie ou d'hypermétropie ce qui permet de travailler sans lunettes.

VUE DE DESSUS :



Goniomètre

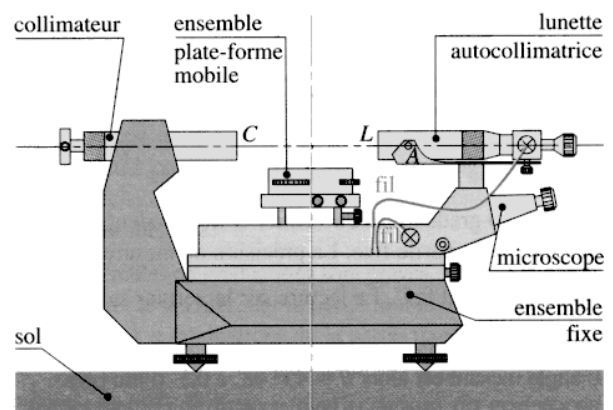


Schéma du goniomètre

Un goniomètre comporte :

- un **collimateur** "fixe" muni d'une fente-objet (de largeur réglable par une vis graduée latérale) dont le rôle est de produire un faisceau de lumière parallèle (C).

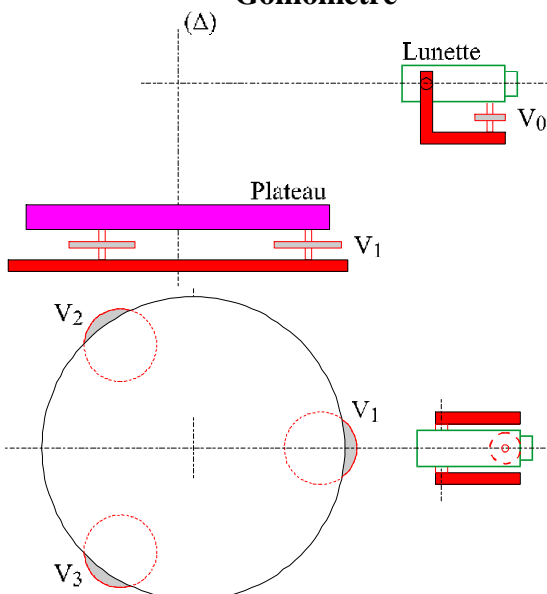
On règle le collimateur en plaçant la fente dans le plan focal de la lentille de (C) et ceci en modifiant le tirage de la fente.

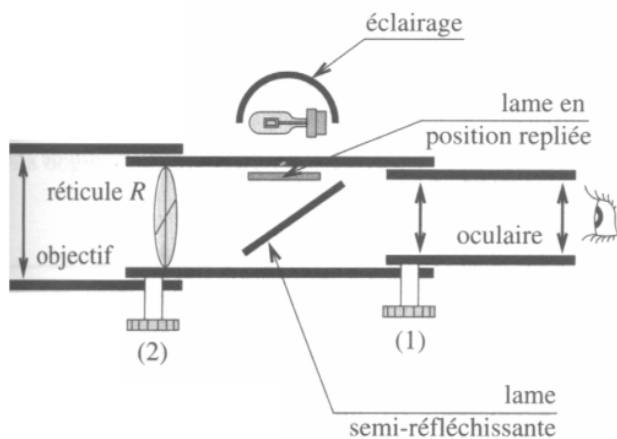
- une **lunette** mobile et orientable (L) qui permet de repérer la déviation du faisceau.

La lunette peut tourner autour d'un axe Δ perpendiculaire au plateau du goniomètre. Sa position est repérée par un vernier. Sous la lunette, une vis permet de fixer l'horizontalité de la lunette.

Remarquer la vis de blocage avec vis micrométrique, permettant un déplacement très lent (réglage fin autour d'une position rapprochée) **NE**

JAMAIS FORCER.





Principe d'une lunette

L'axe optique comporte un réticule (R), un oculaire (O.C) qui permet d'observer le plan du réticule (R) et un objectif (O) qui donne d'un objet à l'infini une image dans le plan de (R) (Le réticule est dans le plan focal de l'objectif).

En modifiant le tirage de l'oculaire, on peut mettre au point sur le réticule. On dispose d'une vis pour modifier la direction de la croix.

En modifiant le tirage de l'objectif, on peut amener (R) dans le plan focal de l'objectif (O).

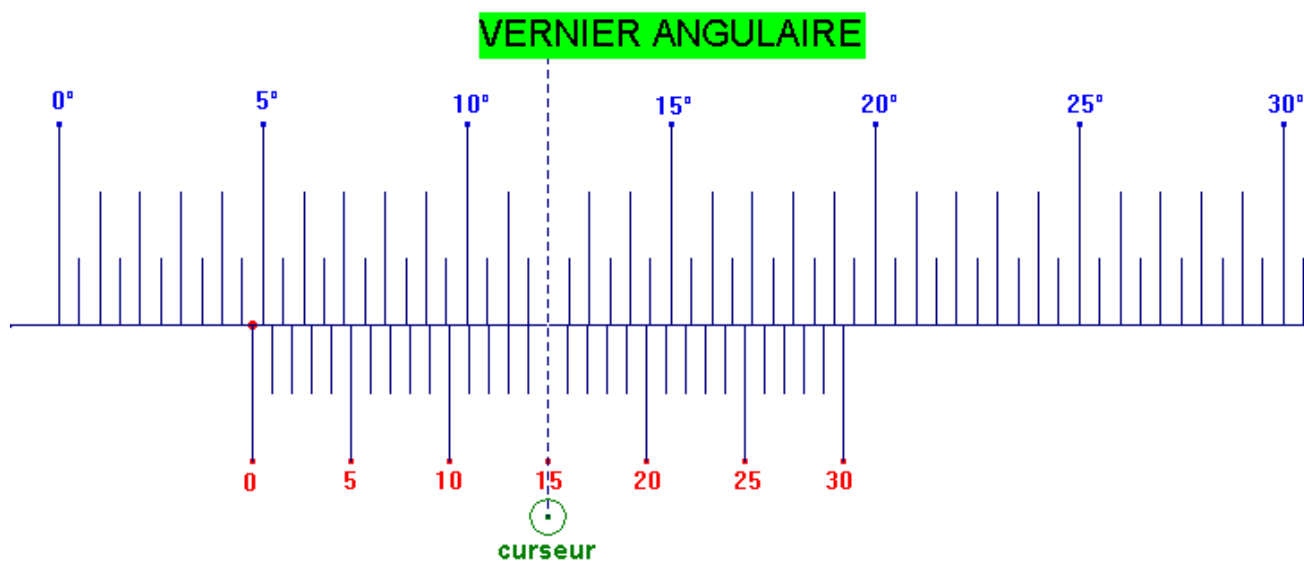
Une lunette peut être, de plus autocollimatrice (mais ce n'est pas toujours le cas). Elle se reconnaît à sa petite lampe latérale qui permet d'éclairer un dépoli (D) dont la lumière est réfléchiée par une lame semi-réfléchissante (G).

La lampe semi-réfléchissante est aussi semi-transparente et permet de voir le réticule à travers oculaire. Elle peut d'ailleurs être escamotée lorsqu'on n'en a pas besoin à l'aide d'un interrupteur noir sur la lunette.

- une **plate-forme** qui peut tourner autour de Δ comme pour la lunette, sa position est repérée par un vernier et elle possède une vis de blocage avec une vis micrométrique pour les déplacements lents. La plate-forme est orientable grâce à 3 vis ou mollettes se trouvant sous la plate forme ou sur le coté.

- un **limbe** gradué de 1' en 1' permettant les réglages angulaires de la lunette à la minute près grâce à des verniers de 60 divisions.

Principe de la mesure :



30 graduations du vernier correspondent à 29 graduations de l'échelle fixe, chacune représentant 1 demi-degré. On peut donc obtenir une précision de $1/30 \approx 1/2$ degré, soit 1 minute.

Placer le point rouge quelque part, et faire la mesure. On peut s'aider en prenant le curseur.

Résultat

4° 45'

1) Repérer dans quel intervalle tombe le zéro du vernier (par exemple entre 4° 30' et 5°)

2) Repérer la division du vernier qui coïncide avec une division quelconque du limbe (par exemple 15 : 4° + 30' + 15' = 4° 45')

Exercice : Faire une mesure d'essai.

IV Réglage préliminaire :

L'axe de rotation Δ (approximativement vertical) de la lunette est la seule direction fixe imposée par construction. Les réglages "géométriques" ont pour but de rendre l'axe optique de la lunette perpendiculaire à Δ et l'arête du prisme parallèle à Δ de façon à étudier le prisme dans le plan de section droite.

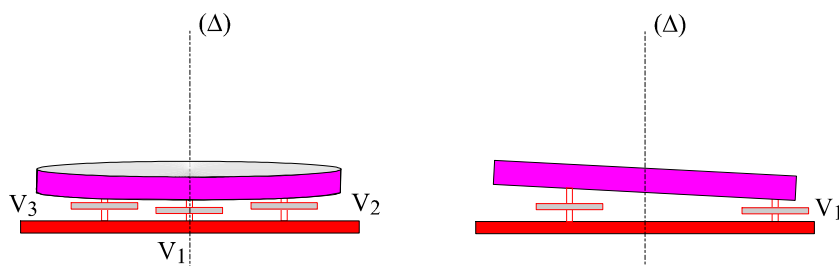
Les réglages "optique" ont pour but de régler la lunette et le collimateur "sur l'infini", de façon à ce que le prisme posé sur la plate-forme soit attaqué par un faisceau parallèle.

4-1 Réglage géométrique rapide de l'horizontalité du plateau et de la lunette :

Il est impératif de préparer le goniomètre en plaçant le plateau proche de l'horizontalité, la verticale étant matérialisée par l'axe (Δ) de rotation.

Attention : Ne jamais aller en butée pour les vis de réglage et, surtout, **ne pas forcer !**

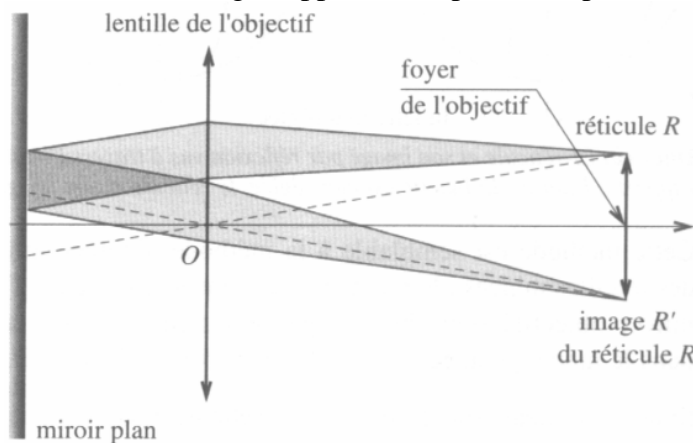
En faisant tourner le plateau autour de l'axe (Δ), et en l'observant en incidence rasante, on peut mettre en évidence les défauts d'orthogonalité. Il suffira alors de jouer sur la vis correspondante pour faire disparaître cet effet.



- Vérifier l'horizontalité de la lunette.

4-2 Réglage optique de la lunette autocollimatrice :

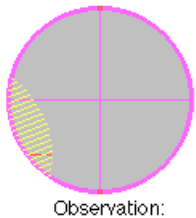
- Allumer la lampe latérale (**attention à ne pas la griller** : 6V max) et régler l'oculaire sur le réticule (OC doit donner de (R) une image au P.R. de l'observateur). Pour cela, sortir OC au maximum puis le rentrer (le rapprocher de (R)) lentement d'une quantité juste suffisante pour avoir une image nette. Si on continue à rentrer (OC), l'image s'approche du pronctum proximum de l'œil.



- A l'aide d'un miroir plan plaqué contre la monture de l'objectif et en modifiant le tirage de l'objectif, régler celui-ci sur l'infini. Lorsque (R) et son image (R') obtenue par réfraction à travers (O), réflexion sur le miroir et nouvelle traversée à travers O sont dans le même plan, R est dans le plan focal de O. On fera ici un réglage "par parallaxe", en bougeant latéralement (ou verticalement) la tête : si (R) et (R') sont dans le même plan, ils ne doivent pas se déplacer l'un par rapport à l'autre (ils se déplacent s'ils sont l'un derrière l'autre).

Réglage de la lunette à l'infini :

- Pour améliorer le réglage précédent, en utilisant comme miroir l'une des faces du prisme posé sur la plate forme. Partant d'éléments à peu près bien réglés ((L) est rendue horizontale grâce à la vis (V) sous la lunette, la face du prisme "verticale" grâce aux vis de la plate forme, il faut améliorer le réglage géométrique à l'aide de la vis (V) sous la lunette et des vis de la plate-forme, de façon à ce que la face utile du prisme soit perpendiculaire à l'axe optique de (L).



On observe 3 images du réticule.(Pourquoi ?) Seule la plus nette est à utiliser pour régler (R) et (R') dans le même plan, par parallaxe.

Désormais, (L) est réglée ((R) est dans le plan focal de (O) ; il ne faudra plus toucher au tirage de (O) mais on pourra modifier le tirage de l'oculaire si l'observateur change par exemple.

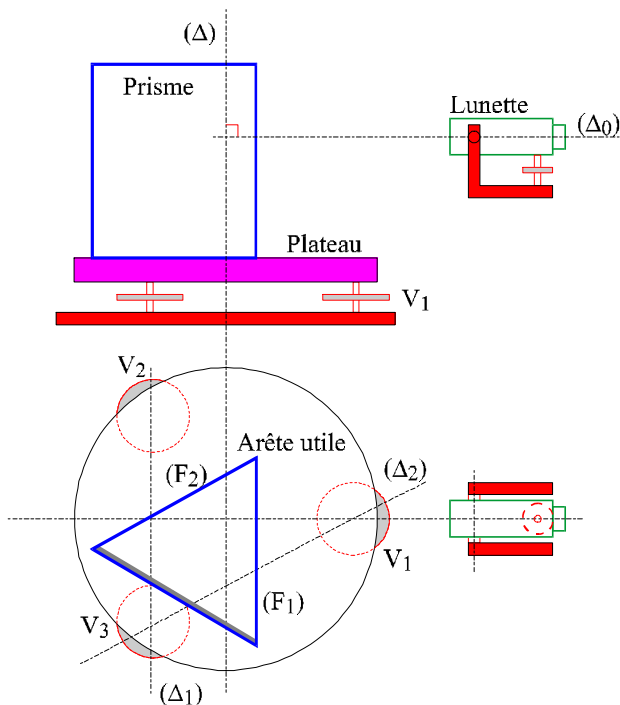
4-3 Réglage optique du collimateur (C) :

La plate-forme étant vide et (L) ayant été réglée au préalable, éclairer la fente de (C) avec une lampe spectrale au sodium Na et la regarder à travers (L). Elargir au besoin la fente pour que les deux bords soient nets. Régler le tirage de la fente de façon à ce que son image se fasse dans le plan de (R). Elle se trouve alors dans le plan focal de la lentille de (C) . Désormais, les réglages optiques sont terminés.

Remarque: On pourra utiliser des caches noirs pour éliminer la lumière parasite.

** Les réglages optiques nécessitent-ils une lumière monochromatique ?

4-4 Réglages géométriques fins :



Le but est de rendre l'axe optique de (L) (celui de (C) n'est pas réglable) orthogonal à Δ et l'arête du prisme parallèle à Δ .

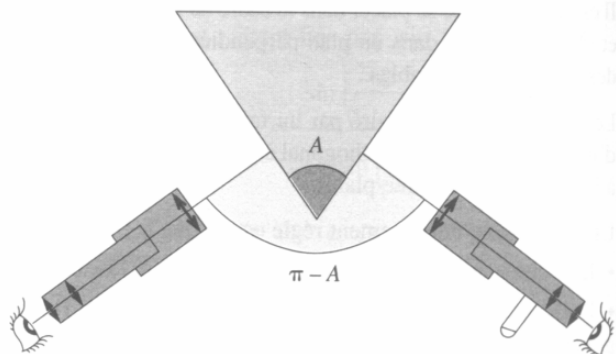
Placer le prisme sur la plate-forme de façon que l'arête utile soit voisine du centre et que ses faces soient perpendiculaires aux cotés du triangle formé par les trois vis calantes en bonne position par rapport aux vis. Par la suite, ne plus modifier le prisme.

Faire une première autocollimation sur une face du prisme, en assurant à l'aide de la vis d'inclinaison de la lunette, la coïncidence géométrique du réticule (R) et de son image (R'), puis sans toucher au prisme, ni à la plate-forme, effectuer une autocollimation sur l'autre face. R et R' ne coïncident plus. Corriger en agissant par moitié sur la vis (V) sous la lunette et par moitié sur l'une des 3 vis de la plate-forme ; revenir à la première face utilisée, corriger avec V et l'une des vis de la plate forme etc.. (En fait, 2 coups suffisent. Si on corrigeait avec V seule, on tournerait en rond..)

Lorsque le réglage est terminé, l'axe optique de (L) est perpendiculaire à Δ et les deux faces du prisme sont parallèles à Δ .

V Mesures de l'angle du prisme :

5-1 1^{ère} méthode : par autocollimation sur les deux faces :



La plate forme étant immobile, effectuer deux autocollimations sur les deux faces du prisme et mesurer l'angle dont a tourné la lunette entre ces deux positions ($\pi - A$ ou $\pi + A$)

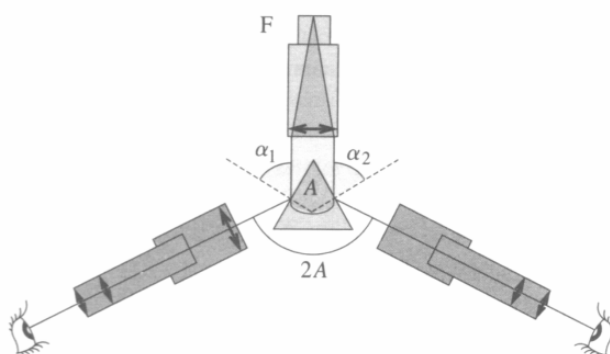
Il s'agit en fait des autocollimations qui terminent les réglages préliminaires :

On trouve : $D =$ donc $A =$

Précision du résultat.

Attention : Utiliser le même coté pour la mesure. Il y a deux verniers sur le goniomètre.

5-2 2^{ème} méthode : par réflexion :



Ce serait la seule méthode possible si la lunette n'était pas autocollimatrice. Repérer l'angle à mesurer. Eclairer l'arête du prisme à l'aide du collimateur (C).

Pointer les deux images de la fente par réflexion sur les deux faces (positions (I) et (II)); L'angle entre les directions (I) et (II) est $2A$:

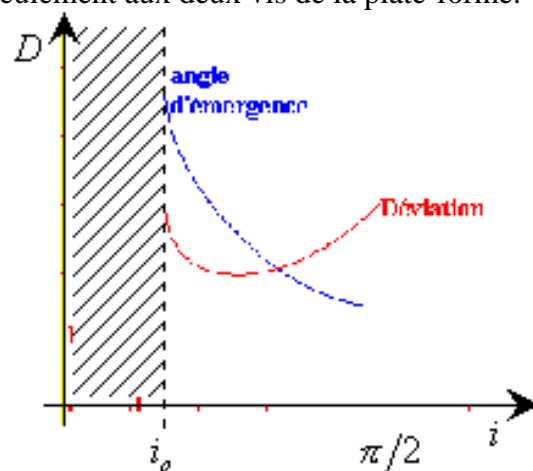
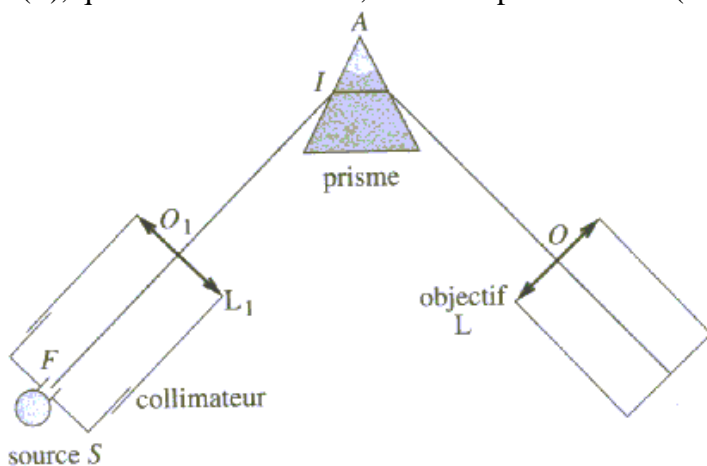
On note : $\alpha_1 =$; $\alpha_2 =$

Donc $A =$

Comparer leur précision et leur fiabilité de mise en œuvre.

VI Mesure du minimum de déviation - Détermination de n du sodium :

Placer le prisme dans la position ci-dessous. Si on a dû effectivement enlever le prisme de la plate-forme, quand on le remet, il faut refaire le réglage d'orientation de celle-ci mais comme on n'a pas touché à la lunette (L), qui reste bien orientée, il ne faut pas toucher à (V) mais seulement aux deux vis de la plate-forme.



Pour i quelconque, trouver l'émergent (celui-ci se distingue de rayon réfléchis parasites car il est dispersé. Vérifier que l'émergent n'existe que pour $i \in \left[i_0, \frac{\pi}{2} \right]$ et qu'il existe un minimum de déviation c'est à dire que l'angle de déviation diminue puis augmente. Pour cela suivre une raie particulière en tournant lentement le plateau. En faisant tourner la plate-forme autour de (Δ), on modifie l'angle d'incidence i , donc la déviation de l'émergent : Il faut simultanément tourner (L) pour suivre. On peut voir aussi le faisceau de sortie avec une feuille de papier blanc avant la lunette.

Mettre approximativement le prisme dans la position de la déviation minimale. Amener la lunette et viser l'image. Déplacer le prisme de part et d'autre de la position qui correspond au minimum de déviation.

Déplacer la lunette pour amener le réticule en coïncidence avec la fente (ou le bord fixe de la fente). Lire la position angulaire $\theta_1 =$.

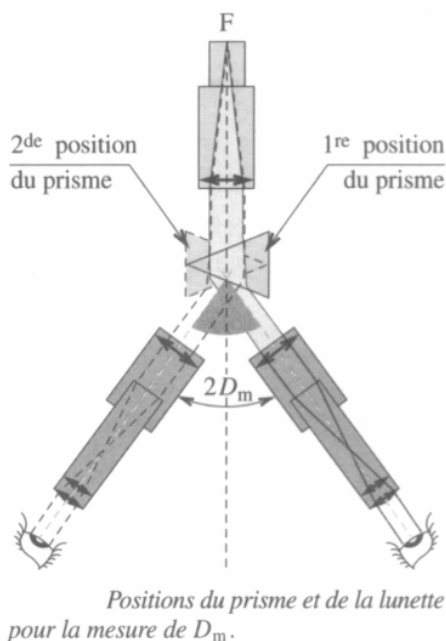
Recommencer les opérations après avoir tourné le plateau pour que le prisme se trouve en position 2. Lire la position angulaire $\theta_2 =$.

En déduire $D_m = \frac{|\theta_1 - \theta_2|}{2} =$. Chaque élève

du groupe devra faire une mesure complète. Donner l'incertitude correspondante.

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

jaune du sodium.



Si $\Delta A = \Delta D_m$, l'incertitude sur n se calcule par $\Delta n = \frac{n}{2} \cot \alpha n \left(\frac{A}{2} \right) \Delta A$. Attention ΔA doit être en radian.

En déduire le nombre de chiffre qu'il faut garder pour n et donner le résultat sous la forme :

$n =$ \pm

Remarque : De manière plus précise, il faudrait écrire l'équation 1 sous forme $n_{air} \sin(i) = n \sin(r)$ avec $n_{air} = 1,00029$. Compte tenu de la précision, on peut admettre $n_{verre} = n$. On ne tiendra pas compte de cet aspect dans la suite.

VII Relation entre n et λ :

On vient de calculer n pour la raie jaune du sodium.

Refaire comme précédemment la mesure pour d'autres raies.

Complétez le tableau ci-dessous :

Longueur d'onde						
θ_1						
θ_2						
D_m						
indice, n						

Parmi les deux formules approchées : $n = a + \frac{b}{\lambda^2}$ et $n^2 = A + \frac{B}{\lambda^2}$, quelle est celle qui rend le mieux compte des résultats obtenus ?

On utilisera le tableur de sa machine à calculer et on donnera les valeurs des coefficients correspondant (a,b) ou (A,B) ainsi que le coefficient de corrélation.

On donne :

Principales Raies du mercure	
Couleur	Longueur d'onde (nm)
Violet 1	404,7
Violet 2	407,8
Bleu intense	435,8
Vert "choux"	496
Vert	546
Jaune 1	577
Jaune 2	579
Rouge	623,4
Principales Raies du Sodium	
Couleur	Longueur d'onde (nm)
Jaune 1	588,4950
Jaune 2	589,5924