



Étude d'un prisme – Minimum de déviation

TP φ 3 corr

Capacités exigibles

Vérifier une loi à l'aide de données expérimentales.

Identifier les sources d'erreurs lors d'une mesure.

Évaluer l'incertitude-type d'une mesure obtenue à l'issue de la mise en oeuvre d'un protocole présentant plusieurs sources d'erreurs indépendantes dans les cas simples d'une expression de la valeur mesurée sous la forme d'une somme, d'une différence, d'un produit ou d'un quotient ou bien à l'aide d'une formule fournie ou d'un logiciel.

I Objectif de la manipulation

Le but de ce TP est d'étudier le comportement d'un prisme « flint », constitué d'un matériau transparent homogène et isotrope, vis-à-vis de la lumière blanche, suivant l'angle d'incidence de cette lumière polychromatique.

II Préliminaires

Un prisme est constitué de l'association de deux dioptries plans air-verre et verre-air non parallèles. L'intersection des deux faces utiles du prisme constitue l'arête du prisme et nous noterons $A = 60^\circ$ l'angle dièdre formé par ces deux plans (« angle au sommet »).

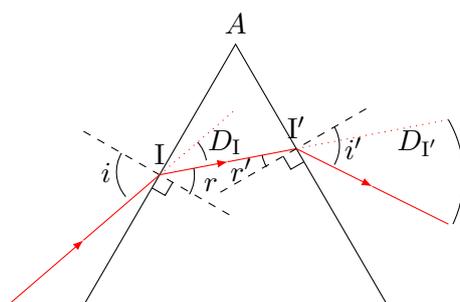


Figure 1 – Tracé des rayons traversant le prisme d'angle A .

— Écrivons d'abord les relations de Snell-Descartes en I et I' :

$$\begin{cases} \text{en I : } \sin i = n \sin r \\ \text{en } I' : n \sin r' = \sin i' \end{cases}$$

— Ensuite, plaçons nous dans le triangle AII' . La somme des angles y est égale à π :

$$A + \left(\frac{\pi}{2} - r\right) + \left(\frac{\pi}{2} - r'\right) = \pi \Leftrightarrow A = r + r'$$

— Enfin, écrivons que la déviation totale D s'écrit comme la somme des deux déviations observées en I et en I' :

$$D = D_I + D_{I'} = (i - r) + (i' - r') = i + i' - (r + r') = i + i' - A$$

III Mode opératoire

Protocole expérimental :

Attention : Avant d'allumer la lampe, on vérifie que la tension de l'alimentation est réglée sur 6 V pour ne pas griller la lampe.

- On règle le matériel en manipulant les deux vis pour que le faisceau lumineux soit confondu avec la graduation 0° qui constituera la normale au dioptré dans la suite du TP.
- On positionne le prisme sur sa base triangulaire perpendiculairement à la graduation 0° au centre du disque en prenant garde à la face opaque du prisme.

- On estime alors i_0 , la valeur de l'angle incident minimal pour observer une émergence du faisceau par la seconde face du prisme.

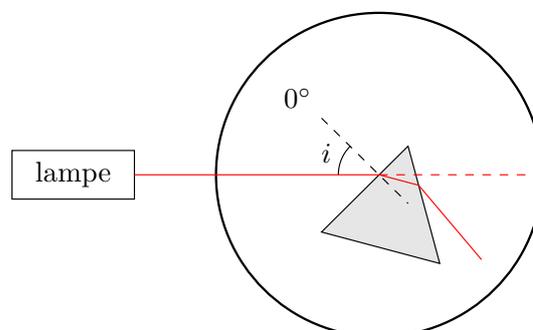
Observations expérimentales et résultats obtenus :

- Lorsque $i = i_0 \approx 36,5^\circ$, on observe un rayon émergent de la deuxième face du dioptré avec un angle $i' = 90^\circ$.
- Pour $i = i_0$, le faisceau émergent est rouge du fait de la dispersion de la lumière par le prisme.

Protocole expérimental :

- Les mesures d'angle de déviation D suivant l'angle d'incidence i sont regroupés dans la Table 1. La largeur angulaire (ou étendue) ℓ du faisceau émergent est également notée.
- On commence par faire des mesures de D en faisant varier i tous les 5° puis on resserre les mesures en prenant une mesure de D tous les 2° entre 48° et 68° .

Résultats expérimentaux :



Mesures	i ($^\circ$)	37	38	39	40	42	44	46	48	50	52
	D ($^\circ$)	67	58	56,5	53,5	51	49,5	48	48	47	47
	ℓ ($^\circ$)	7	6	6	5	4	3	3	3	3	3
	i ($^\circ$)	54	56	58	60	62	65	70	75	80	85
	D ($^\circ$)	47	47	47,5	48	48	49	51,5	54,5	58,5	62,5
	ℓ ($^\circ$)	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2

Table 1 – Mesures de l'angle de déviation pour différents angles d'incidence.

Nous pouvons alors tracer la courbe $D = f(i)$ (Figure 2).

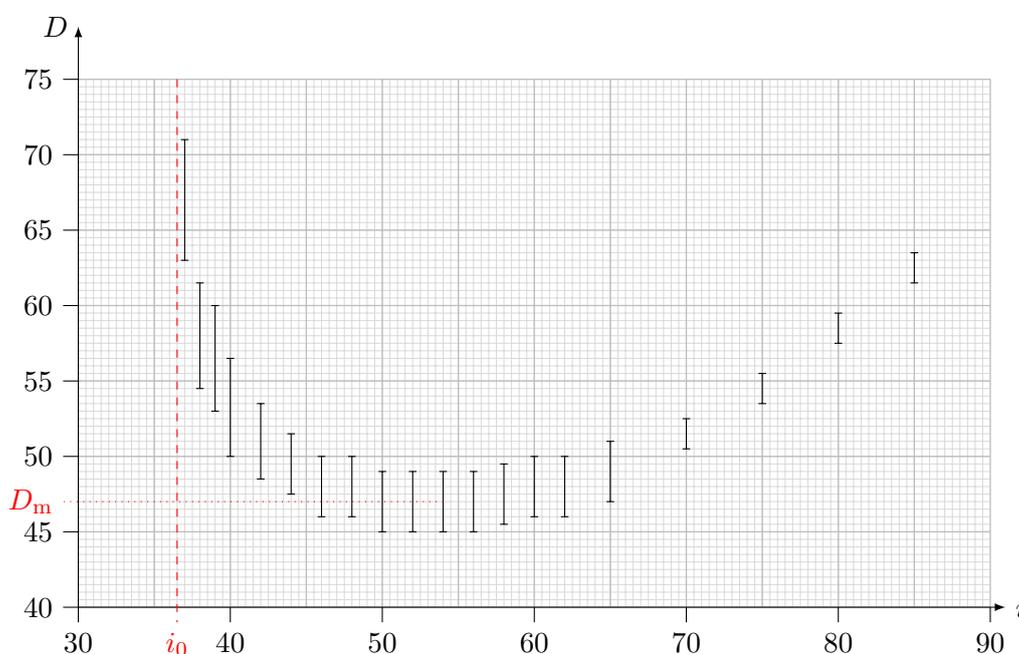


Figure 2 – Tracé de $D = f(i)$ pour un prisme « flint ».

- La courbe présente effectivement une asymptote verticale vers $i_0 \simeq 36,5^\circ$ et un minimum observé pour $i \simeq 52^\circ$.
- L'angle de déviation minimal vaut $D_m = 47 \pm 2^\circ$.

Relations :

- Au minimum de déviation, nous avons montré la relation suivante :

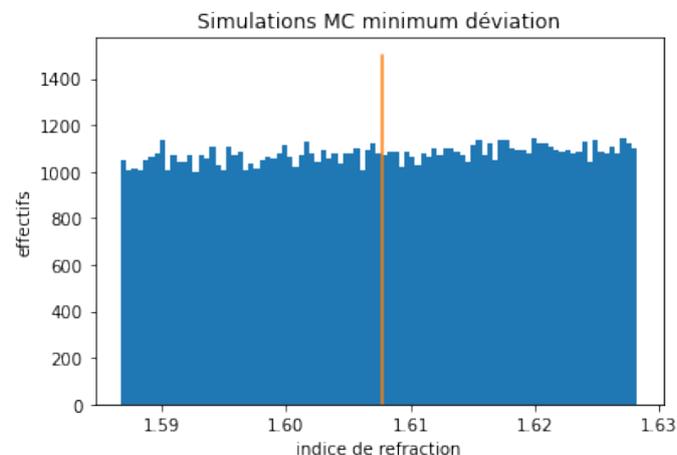
$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + D_m}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

Résultats obtenus :

- Résultats issus de la simulation Monte-Carlo $n = 1,608$ et $u(n) = 0,012$.
- Avec 1CS pour $u(n)$ tronqué par excès : $n = 1,61 \pm 0,02$.

Commentaires :

- L'intervalle de valeurs obtenu $1,59 < n < 1,63$ est peu étendu et cohérent avec l'indice usuel du verre 'Flint' de 1,60.
- Avec 1CS pour $u(n)$ tronqué par excès : $n = 1,61 \pm 0,02$.



Proposition alternative d'évaluation de l'incertitude.

- Pour les deux valeurs extrêmes de l'angle de déviation, nous déduisons l'intervalle au sein duquel se situe la valeur vraie de l'indice du prisme :

$$\frac{\sin\left(\frac{60 + 45}{2}\right)}{\sin\left(\frac{60}{2}\right)} = 1,59 = n_{\min} \leq \bar{n} \leq n_{\max} = 1,63 = \frac{\sin\left(\frac{60 + 47,6}{2}\right)}{\sin\left(\frac{60}{2}\right)}$$

$$\begin{cases} \bar{n} = \frac{n_{\min} + n_{\max}}{2} = 1,61 \\ \Delta n = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{2} = 0,02 \end{cases}$$

- Par cette méthode, on retrouve que l'indice d'un prisme « flint » vaut $n = 1,61 \pm 0,02$.

Conclusion

Ce TP nous a permis de déterminer l'indice de réfraction du verre Flint tout en déterminant l'incertitude-type sur ce même indice par des simulations Monte-Carlo pour déterminer les incertitudes-type de mesure. Le résultat obtenu est $n = 1,61 \pm 0,02$.