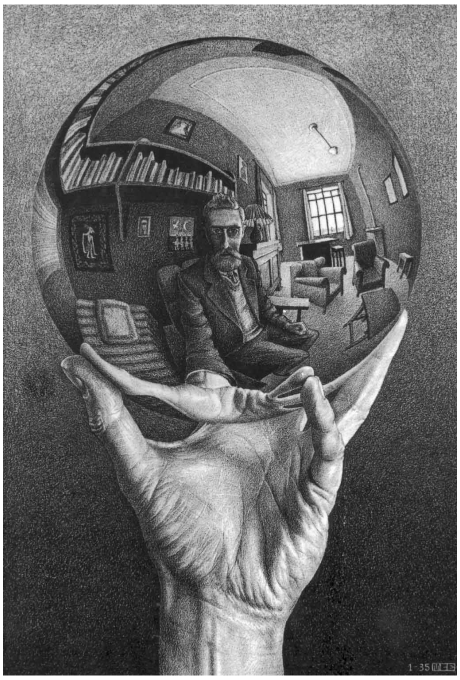
Devoir Surveillé n°1



M. C. Escher,
Maintenant un miroir sphérique (1935)

I Prisme et goniomètre [CCP 2004, Physique 2]

On considère un rayon lumineux incident situé dans un milieu 1 d'indice de réfraction n_1, venant frapper un dioptre plan qui le sépare du milieu 2 d'indice de réfraction n_2.

I.1 – Lois de Snell-Descartes

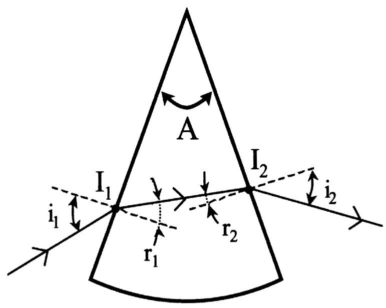
I.1.a) Énoncer les lois de la réflexion, accompagnées d'un schéma succinct.

I.1.b) Énoncer les lois de la réfraction, en complétant le schéma précédent.

I.1.c) Expliquer brièvement les phénomène de réflexion totale et d'angle limite.

I.2 - Réfraction dans un prisme / Mesure de l'indice d'un verre

On considère un prisme d'angle A, transparent, homogène et isotrope d'indice n plongé dans l'air d'indice 1. Les angles apparaissent sur la figure ci-contre et correspondent aux conventions traditionnelles.



I.2.a) Montrer qu'un rayon incident pénètre forcément dans le prisme.

I.2.b) Écrire les lois de Descartes aux points I_1 et I_2.

I.2.c) Établir la relation entre les angles A, r_1 et r_2.

I.2.d) Définir l'angle de déviation, noté D, et l'exprimer en fonction des angles A, i_1 et i_2.

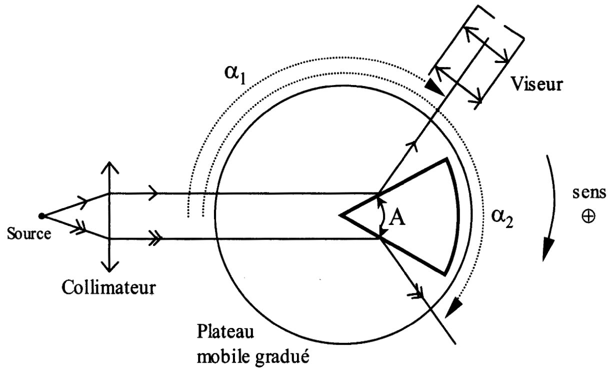
I.2.e) On constate expérimentalement que l'angle D prend une valeur minimum D_m lorsque l'on fait varier l'angle d'incidence i_1.
Montrer que lorsque $D = D_m$, alors $i_1 = i_2$ et $r_1 = r_2$.
Exprimer alors l'indice n du prisme en fonction des seuls angles D_m et A.

I.3 - Application à la mesure de l'indice d'un verre

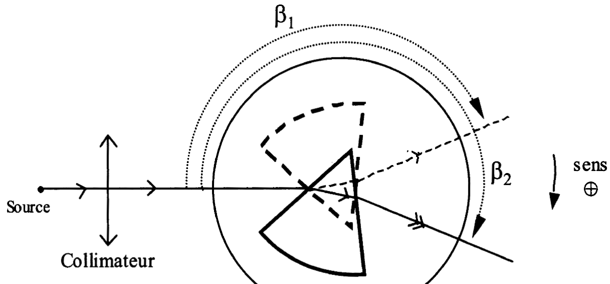
La technique du minimum de déviation permet de mesurer expérimentalement l'indice du verre d'un prisme. Cette mesure est effectuée à l'aide d'un goniomètre (cf. figure ci-après) constitué d'un plateau mobile gradué en degrés et en minutes, sur lequel est placé le prisme.
Un collimateur, constitué d'une source lumineuse ponctuelle monochromatique, placée au foyer d'une lentille convergente, permet d'envoyer sur le prisme un faisceau de rayons lumineux pa-

rallèles. Une lunette de visée, réglée à l'infini et placée sur un bras mobile, permet l'observation des faisceaux émergent ou réfléchi.

I.3.a) Mesure de l'angle A du prisme.
Le prisme est placé vis à vis du collimateur de façon à ce que ses deux faces reçoivent à peu près autant de lumière (cf. Figure ci-contre). Avec le viseur on relève les angles α_1 et α_2 des faisceaux réfléchis par les deux faces.
Établir que l'expression de A en fonction de α_1 et α_2 est : $A = \dfrac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}$.
A.N. : Expérimentalement, on relève $\alpha_1 = 119°58'$ et $\alpha_2 = 240°04'$. Calculer A.



I.3.b) Mesure de D_m.
On dispose l'ensemble plateau-prisme de façon à observer le minimum de déviation ; on relève alors l'angle β_1 indiqué sur la figure ci-contre. On recommence la même opération en faisant entrer le faisceau incident par l'autre face du prisme ; on relève alors l'angle β_2.
Établir que l'expression de D_m en fonction de β_1 et β_2 est : $D_m = \dfrac{\beta_2 - \beta_1}{2}$.
A.N. : $\beta_1 = 218°42'$ et $\beta_2 = 141°16'$.
Calculer D_m.



I.3.c) En déduire l'indice n du verre pour fabriquer le prisme.

I.3.d) Incertitude.
On considère que l'erreur de mesure est identique pour les angles A et D_m et telle que $\Delta A = \Delta D_m = 2'$.
En déduire l'incertitude absolue Δn sur la mesure de n.

II Miroir Sphérique [ENAC 2004]

Soit un miroir sphérique de centre C et de sommet S.
II.1) Donner les positions des foyers objet F et image F' du miroir :
A) F est situé au milieu du segment SC et F' est symétrique de F par rapport au sommet S.
B) F' est situé au milieu du segment SC et F est symétrique de F' par rapport au centre C.
C) F et F' sont confondus et situés au milieu du segment SC.
D) F et F' sont rejetés à l'infini.

II.2) Quelle doit être la vergence V du miroir sphérique pour qu'il donne d'un *objet virtuel* placé à 10 m du sommet une *image droite* (de même sens que l'objet) et *réduite* dans le rapport 5 ?
A) $V = -0,4\ \delta$ B) $V = -12,2\ \delta$ C) $V = 3,7\ \delta$ D) $V = 12\ \delta$

II.3) Quelle est la nature d'un tel miroir ?
A) Convergent et convexe B) Divergent et concave
C) Divergent et convexe D) Convergent et concave

II.4) Un objet est placé dans un plan passant par le centre C et orthogonal à l'axe optique du miroir. Où se trouve l'image ?
A) L'image se trouve dans le même plan passant par C.

B) L'image se trouve dans le plan focal image du miroir.
C) L'image est rejetée à l'infini.
D) L'image se trouve dans un plan passant par le sommet S du miroir.

II.5) Exprimer dans ce dernier cas le grandissement G_t du miroir.
A) $G_t = 1$ B) $G_t = -\dfrac{1}{2}$ C) $G_t = 2$ D) $G_t = -1$

II.6) Faire deux schémas correspondant aux deux positions d'un objet AB envisagées dans les questions précédentes.
On prendra pour échelle horizontale : « 1 carreau $\longleftrightarrow$ 1 m ».

III Analyse dimensionnelle : Chauffage d'un lingot

À partir du moment où l'on rentre un lingot froid dans un four chaud, la vitesse à laquelle augmentera la température au centre va dépendre des facteurs géométriques (on notera l la longueur du lingot), de la conductibilité thermique (k), et de l'inertie thermique dans laquelle interviennent la capacité thermique massique à pression constante c_P et la masse, ce qui nécessite l'introduction de la masse volumique ρ.
Soit t, la durée nécessaire pour atteindre une température donnée au centre du lingot. Cette durée doit dépendre des paramètre du système. On pose donc : $t = A\, c_P^a\, \rho^b\, k^c\, l^d$ (A est une constante sans dimension).
Rq1 : On note $[T] = \theta$ la dimension de la température et $[t] = T$ celle du temps.

Rq2 : $c_P \equiv \dfrac{1}{m}\left(\dfrac{\partial H}{\partial T}\right)_P$, où H note l'enthalpie (homogène à une énergie) du système de masse m.
Rq3 : La « conductibilité » thermique ou « conductivité »thermique lie le vecteur densité de flux thermique (homogène à une puissance par unité de surface) au gradient de la température (homogène à une température divisée par une longueur) : $\overrightarrow{j_{th}} \equiv -k\,\overrightarrow{grad}T$ (loi de FOURIER).

III.1) Quelle est la dimension de la conductivité thermique k ?

III.2) Quelle est la dimension de la capacité thermique massique à pression constante c_P ?

III.3) Calculer les exposants de l'expression $t = A\, c_P^a\, \rho^b\, k^c\, L^d$ et en déduire sa forme finale.