

# TD 1 (partie 1)

## Lois de Descartes

---

### Exercice 1 : Applications directes du cours

#### 1. Rotation d'un miroir plan.

Un rayon lumineux se réfléchit sur un miroir plan suivant une incidence donnée. On fait tourner le miroir d'un angle  $\alpha$ . De quel angle tourne le rayon réfléchi ?

#### 2. Vue complète

Une personne de taille  $1,80\text{ m}$  (dont  $10\text{ cm}$  au-dessus des yeux) désire se voir en entier dans un miroir vertical. Quel doit être la longueur  $L$  minimale du miroir et à quelle distance  $d$  du sol doit-il être placé ?

#### 3. Dioptré air-eau

On considère le dioptré air-eau (indices  $n_1 = 1$  et  $n_2 = 1,33$ ). La lumière vient d'une source placée dans l'air. Dans quel intervalle trouve-t-on l'angle  $i_2$  que fait le rayon réfracté dans l'eau avec la normale du dioptré, lorsque l'angle d'incidence  $i_1$  prend toutes les valeurs possibles ? A-t-on réflexion totale ?  
Même question si la source est cette fois placée dans l'eau.

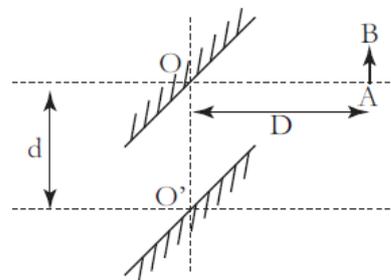
#### 4. Bulle d'air

Un faisceau de lumière parallèle se propageant dans l'eau d'indice  $n = 1,33$  arrive sur une bulle d'air sphérique de rayon  $R$ . Représenter la déviation du rayon dirigé vers le centre de la bulle et d'un rayon rasant la bulle. Tous les rayons se réfractent-ils à travers l'interface eau-air ?

### Exercice 2 : Périscope

Un périscope est un système optique formé de deux miroirs plans. On suppose que les plans des miroirs font un angle de  $45^\circ$  avec la verticale. On note  $d$  la distance  $OO'$  entre les deux miroirs. L'objet  $AB$  observé est vertical et à la distance  $D$  du centre  $O$  du miroir supérieur.

- Déterminer à quelle distance de  $O'$  se trouve l'image de  $A$  par le système.
- Déterminer l'orientation de l'image  $AB$  par le périscope.

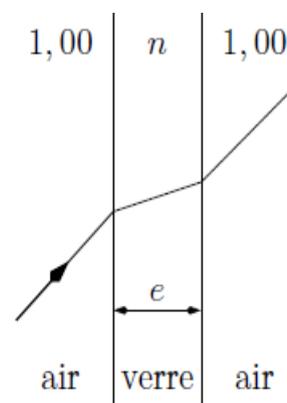


### Exercice 3 : lame à faces parallèles

Un rayon lumineux arrive sur une lame à faces parallèles, d'épaisseur  $e$  et d'indice  $n$ , avec un angle d'incidence  $i$ .

- Déterminer l'angle de sortie du rayon.
- Quelle est la déviation latérale  $d$  subie par le rayon incident lors de la traversée de la lame ? L'exprimer en fonction  $n$ ,  $e$  et  $i$ , lorsque  $i$  est petit.

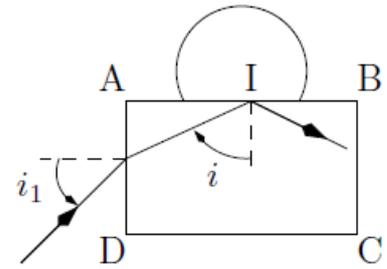
**A.N. :**  $e = 2\text{ mm}$ ,  $n = 1,5$ ,  $i = \pi/6$ ,



On rappelle que  $\sin x \approx x$  et  $1 - x^2 \approx 1$  si  $x \ll 1$ .

### Exercice 4 : Mesure de l'indice d'un liquide

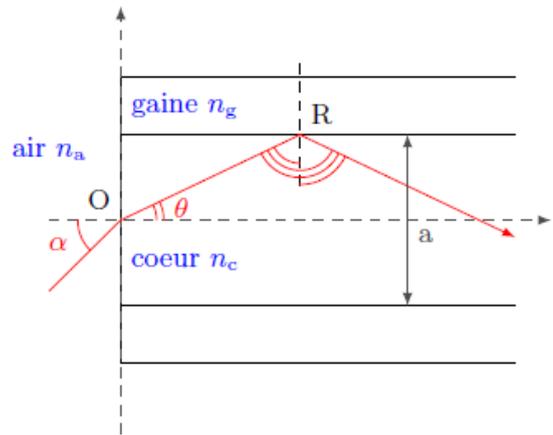
On taille un parallélépipède rectangle dans un verre d'indice  $N$  élevé. On place sur la face  $AB$  une goutte de liquide d'indice  $n$  à mesurer. L'indice du milieu extérieur est  $n_1$ . On éclaire par un rayon lumineux d'angles d'incidence  $i_1$  sur  $AD$  et  $i$  sur  $AB$ ; ce rayon subit une réflexion totale en  $I$ .



1. Trouver la relation reliant  $i_1$  et  $i$ .
2. À partir de quelle valeur  $\alpha$  de  $i_1$  a-t-on réflexion totale en  $I$  ?
3. Dans ce cas, donner l'expression de  $n$  en fonction de  $\alpha$ ,  $N$  et  $n_1$ .
4. Quelles conditions doit vérifier  $n$  pour que cette mesure soit possible ?
5. Application numérique :  $N = 1,6260$ ,  $n_1 = 1,00029$  et  $\alpha = 40,10^\circ$ .

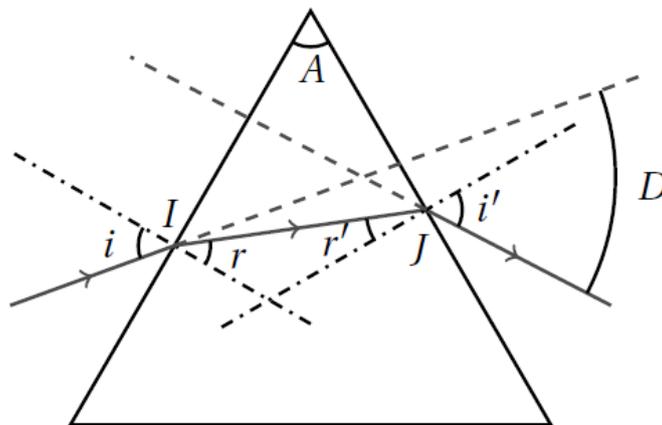
### Exercice 5 : Fibre optique

Une fibre à saut d'indice est formée d'un cœur cylindrique d'axe  $Ox$  et de diamètre  $a$ , homogène et isotrope d'indice de réfraction  $n_c$ , entouré d'une gaine homogène et isotrope d'indice de réfraction  $n_g$ , légèrement inférieur à  $n_c$ . La fibre est limitée à ses extrémités par deux plans perpendiculaires à  $Ox$ . L'indice de l'air est noté  $n_a$  inférieur à  $n_c$  et  $n_g$ . On étudie la propagation d'un rayonnement monochromatique dans le plan  $xOy$ .



1. Quelle condition doit vérifier l'angle d'incidence  $i$  à la surface de séparation cœur-gaine pour qu'un rayon lumineux situé dans le plan  $xOy$  se propage en restant confiné dans le cœur ? On note  $i_{lim}$  l'angle d'incidence limite et  $\theta_{lim} = \pi/2 - i_{lim}$ .
2. Montrer que la condition précédente est vérifiée si l'angle d'incidence sur la face d'entrée de la fibre est inférieur à une valeur limite  $\alpha_{lim}$ .
3. On appelle ouverture numérique  $ON = n_a \sin \alpha_{lim}$ . Montrer que  $ON = \sqrt{n_c^2 - n_g^2}$ .

### Exercice 6 : Dispersion de la lumière par un prisme



Un rayon incident arrivant sur un prisme d'indice  $n$  et d'angle au sommet  $A$  émerge en étant dévié d'un angle  $D$ . Le prisme est plongé dans l'air d'indice pris égal à 1,00.

1. Écrire les lois de la réfraction en  $I$  et  $J$ .
2. Déterminer une relation entre  $r$ ,  $r'$  et  $A$ .
3. Montrer que  $D = i + i' - A$ .
4. La fonction  $D(i)$  possède un unique minimum  $D_m$ , appelé le minimum de déviation du prisme. Justifier qu'au minimum de déviation  $i = i'$ .
5. En déduire l'expression de  $D_m$  en fonction de  $i$  et de  $A$ .

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

7. Le verre qui constitue le prisme est un milieu dispersif. Son indice optique dépend de la longueur d'onde suivant la loi de Cauchy :  $n(\lambda) = A + B/\lambda^2$  où  $A$  et  $B$  sont deux constantes positives qui dépendent du matériau. Quelle est la couleur la plus déviée par le prisme ? La moins déviée ?

### Exercice 7 : Gouffre lumineux

Estimer la profondeur à laquelle se situe l'observateur.

