

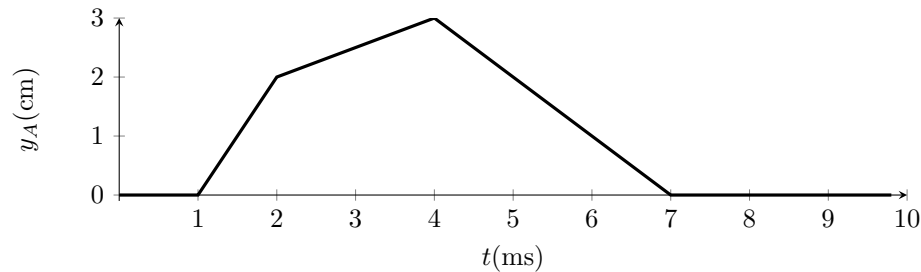
## DS2 : Ondes et Optique géométrique

Durée 2h, calculatrices autorisées. Le DS est probablement trop long pour que vous puissiez tout faire, c'est normal, faites-en le maximum.

### Exercice 1 : ONDE SUR UNE CORDE

On tend une corde entre deux points  $A$  et  $B$  situés sur l'axe  $x$  et dont les coordonnées sont  $x_A = 0$  et  $x_B = 20$  cm. L'extrémité  $A$  de la corde peut bouger suivant l'axe  $y$  (coordonnée  $y_A$ ) et l'extrémité  $B$  de la corde est fixe ( $y_B = 0$  m).

On impose à l'extrémité  $A$  le mouvement suivant :



1. Quelle est la vitesse suivant l'axe  $y$  du point  $A$  à  $t_1 = 1,5$  ms,  $t_2 = 3$  ms et  $t_3 = 6$  ms ?

On suppose que la perturbation de la hauteur de la corde introduite par le mouvement du point  $A$  se propage suivant l'axe  $x$  avec la célérité  $c = 10$  m/s.

2. Représenter l'évolution temporelle de l'onde aux points  $B$ ,  $C$  d'abscisse  $x_C = 3$  cm et  $D$  d'abscisse  $x_D = 7$  cm.
3. Représenter la forme de la corde à  $t_1 = 1$  ms,  $t_2 = 4$  ms et  $t_3 = 13$  ms.

### Exercice 2 : RÉFRACTOMÈTRES

Un réfractomètre est à appareil permettant de mesurer l'indice optique d'un liquide. Il est souvent utilisé en chimie pour déterminer la nature d'un produit obtenu après une réaction chimique. Les réfractomètres sont en général constitués d'une source lumineuse et d'un prisme, sur lequel on pose l'échantillon à analyser. Son principe de fonctionnement repose sur les lois de la réfraction.

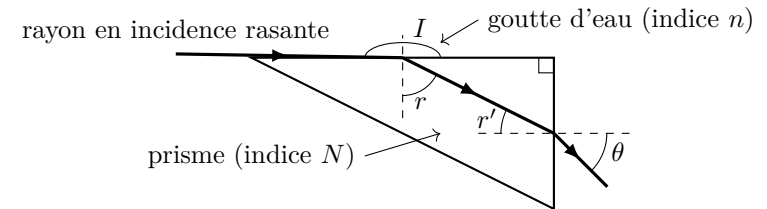
Dans la suite on notera  $n$  l'indice du milieu à analyser.

## 1 – Questions préliminaires

1. Définir ce qu'est un milieu homogène et isotrope et rappeler à quoi correspond l'indice optique d'un milieu.
2. Rappeler les lois de Snell-Descartes de la réflexion et de la réfraction entre deux milieux transparents, homogènes et isotropes.

## 2 – Le réfractomètre de Pulfrich

On cherche à mesurer l'indice de réfraction d'un liquide par le principe du réfractomètre de Pulfrich. On dépose le liquide sur la face supérieure d'un prisme d'angle au sommet  $90^\circ$ . On éclaire cette goutte en lumière monochromatique en prenant bien soin qu'elle soit éclairée en incidence rasante (incidence de  $90^\circ$ ). À l'aide d'un oculaire, on observe derrière l'autre face du prisme. Se reporter à la figure ci-dessous. L'indice de réfraction du verre constituant le prisme est  $N = 1,600$ .



1. Donner l'expression de  $r$  en fonction de  $n$  et  $N$ .
2. Donner la relation liant  $r$  et  $r'$ .
3. On mesure l'angle  $\theta$  du rayon émergent correspondant au rayon d'incidence rasante. Montrer que :

$$\sin(\theta) = \sqrt{N^2 - n^2}$$

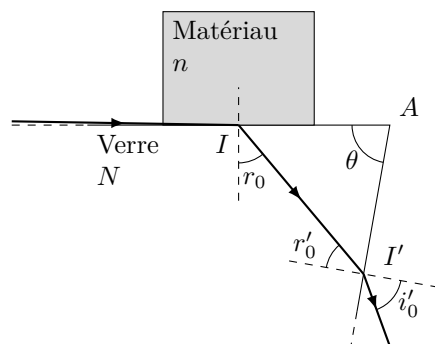
(On pourra utiliser judicieusement la relation  $\cos(x) = \sqrt{1 - \sin^2(x)}$ )

4. Calculer la valeur numérique de  $\theta$  si le liquide est de l'eau d'indice  $n = 1,33$ .
5. Quelles sont les valeurs extrêmes de l'indice que l'on peut mesurer avec ce système ? Faire l'application numérique.

## 3 – Le réfractomètre d'Abbe

Un rayon lumineux monochromatique provenant d'un milieu d'indice  $n$  inconnu tombe en I sur un prisme (d'indice  $N$  et d'angle au sommet  $\theta$  connus) sous une incidence rasante (cf figure ci-dessous). Il émerge du prisme en faisant un angle  $i'_0$  avec la normale à la face de sortie.

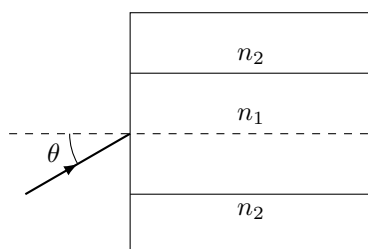
La mesure de l'angle  $i'_0$  permet de remonter à la valeur de  $n$ .



1. Donner la relation reliant  $r_0$  et  $r'_0$  (On pourra se rappeler que la somme des angles d'un triangle vaut  $\pi$ )
2. Donner l'expression de  $\sin(r_0)$  en fonction de  $n$  et de  $N$
3. En déduire la relation liant  $n$  à  $i'_0$  et aux données du problème ( $\theta$  et  $N$ )
4. Calculer  $n$  correspondant à  $i'_0 = 15^\circ$  sachant que  $\theta = 60^\circ$  et  $N = 1,600$ .

### Exercice 3 : FIBRE OPTIQUE À SAUT D'INDICE

Une fibre optique à saut d'indice est composée d'un cœur d'indice  $n_1$  entouré d'une gaine d'indice  $n_2$ . On considère un rayon qui entre dans le cœur de la fibre avec un angle d'incidence  $\theta$ .



1. Quelle condition doit-on avoir sur  $n_1$  et  $n_2$  pour qu'il puisse y avoir réflexion totale à leur interface ?
2. Montrer qu'un rayon qui subit une réflexion totale reste confiné dans le cœur de la fibre.
3. Calculer l'angle d'incidence maximum  $\theta_m$  pour que le rayon incident reste confiné dans le cœur. Donner la valeur numérique de  $\theta_m$  pour une fibre optique en matière plastique dont  $n_1 = 1,59$  et  $n_2 = 1,46$
4. Une impulsion lumineuse incidente est formée de rayons ayant tous les angles d'incidence compris entre 0 et  $\theta_m$ . Expliquer pourquoi une impulsion extrêmement brève qui entre dans la fibre en ressort à une distance  $L$  avec une durée  $\tau$  plus longue.

5. Exprimer  $\tau$  en fonction de  $L$ ,  $n_1$  et  $n_2$ . Pourquoi cela a-t-il une influence sur le débit maximum des données transmises par la fibre ?
6. Quelle est l'influence de la longueur de la fibre sur le débit maximum des données qu'elle transporte ?

### Exercice 4 : TRACÉ D'IMAGES

1. Construire l'image d'un objet  $AB$  situé dans le plan focal image d'une lentille convergente. Donner la nature réelle ou virtuelle de l'image et de l'objet.
2. Construire l'image d'un objet  $AB$  situé dans le plan focal objet d'une lentille divergente. Donner la nature réelle ou virtuelle de l'image et de l'objet.
3. Construire l'image d'un objet situé à une distance  $\overline{OA} = 2f$  du centre  $O$  d'une lentille convergente. ( $f$  est la distance focale objet de la lentille). Donner la nature réelle ou virtuelle de l'image et de l'objet.