

DS2 : Ondes et Optique géométrique

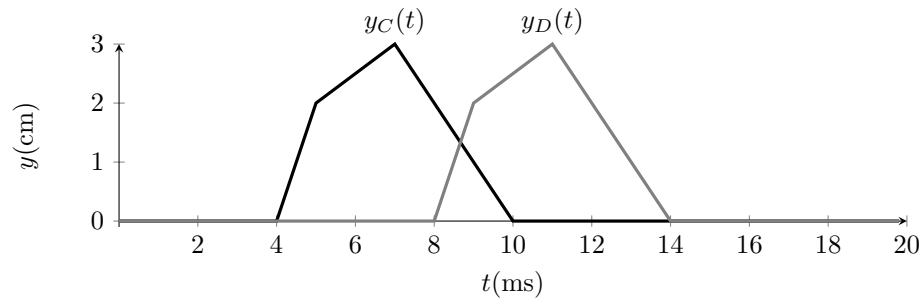
Durée 2h, calculatrices autorisées. Le DS est probablement trop long pour que vous puissiez tout faire, c'est normal, faites-en le maximum.

Exercice 1 : ONDE SUR UNE CORDE

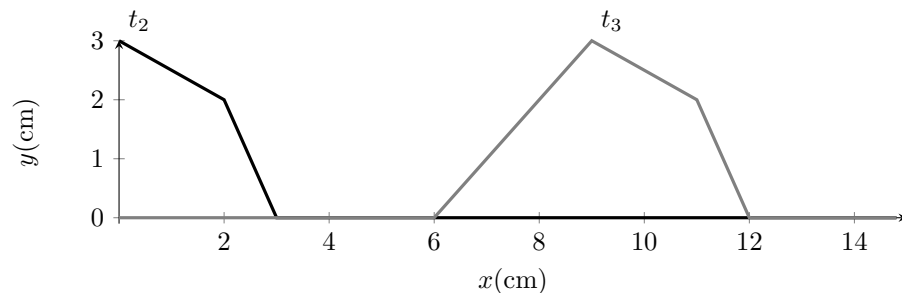
L'énoncé contenait une petite erreur, il fallait lire $x_B = 20$ cm et non $x_B = 10$ cm.

- $v_A(t_1) = \frac{2 \times 10^{-2} \text{ m}}{1 \times 10^{-3} \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$
 — $v_A(t_2) = \frac{1 \times 10^{-2} \text{ m}}{2 \times 10^{-3} \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$
 — $v_A(t_1) = \frac{-3 \times 10^{-2} \text{ m}}{3 \times 10^{-3} \text{ s}} = -10 \text{ m/s}$

2. On obtient les représentations suivantes :



3. Et les formes suivantes :



Au temps $t_1 = 1$ ms le point A n'a pas encore commencé à bouger et la corde est totalement horizontale $y(x) = 0$;

Exercice 2 : RÉFRACTOMÈTRES

1 – Questions préliminaires

- **homogène** : Milieu identique en tout point.
 — **isotrope** : Toutes les directions sont équivalentes.
 — **indice** : Dans un milieu d'indice n , la célérité de la lumière est $v = \frac{c}{n}$
- **réflexion** : Le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence et $i = r$ (angle d'incidence=angle réfléchi)
 — **réfraction** : Le rayon réfracté est dans le plan d'incidence et $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$ (faire un petit schéma pour indiquer ce que sont i_1 , i_2 , n_1 et n_2)

2 – Le réfractomètre de Pulfrich

- $n \sin(\pi/2) = N \sin(r)$ donc $r = \arcsin\left(\frac{n}{N}\right)$
- $r' + r = \pi/2$
- La seconde loi de Snell-Descartes donne $\sin(\theta) = N \sin(r) = N \sin(\pi/2 - r) = N \cos(r)$. En utilisant $\cos(r) = \sqrt{1 - \sin^2(r)}$, on obtient $\sin(\theta) = N \sqrt{1 - \frac{n^2}{N^2}}$. Et finalement $\sin(\theta) = \sqrt{N^2 - n^2}$
- On trouve $\theta = 62,80^\circ$
- Les valeurs extrêmes de l'indice sont celles pour lesquelles $\theta = 0$ ou $\theta = \pi/2$. Pour $\theta = 0$ On a $n_{\max} = N$ et pour $\theta = \pi/2$ on a $n_{\min} = \sqrt{N^2 - 1} = 1.25$

3 – Le réfractomètre d'Abbe

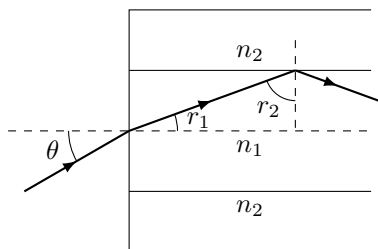
- La somme des angles du triangle de sommet A vaut π . Donc $\pi/2 - r_0 + \pi/2 - r'_0 + \theta = \pi$ d'où $r_0 + r'_0 = \theta$
- La seconde loi de Descartes donne : $n \sin(\pi/2) = N \sin(r_0)$ donc $\sin(r_0) = \frac{n}{N}$.
- $\sin(i'_0) = N \sin(r'_0)$ donc $r'_0 = \arcsin(\sin(i'_0)/N)$. Or

$$n = N \sin(r_0) = N \sin(\theta - r'_0) = N \sin\left(\theta - \arcsin\left(\frac{\sin(i'_0)}{N}\right)\right)$$

- A.N. : $n = 1.238$

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 θ .



1. Pour qu'il puisse y avoir réflexion totale à l'interface, il faut que $n_1 > n_2$
2. Un rayon qui subit une réflexion totale arrive de l'autre côté avec le même angle d'incidence et subit donc à son tour une réflexion totale.
3. L'angle d'incidence r_2 pour que le rayon subisse une réflexion totale est $r_2 = \arcsin(n_2/n_1)$. Or on a $r_1 = \pi/2 - r_2$ donc

$$\sin(\theta_m) = n_1 \sin(r_1) = n_1 \sin(\pi/2 - r_2) = n_1 \cos(r_2)$$

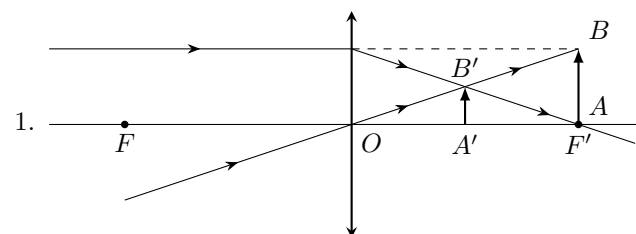
$$\sin(\theta_m) = n_1 \cos \left[\arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \right].$$

Donc

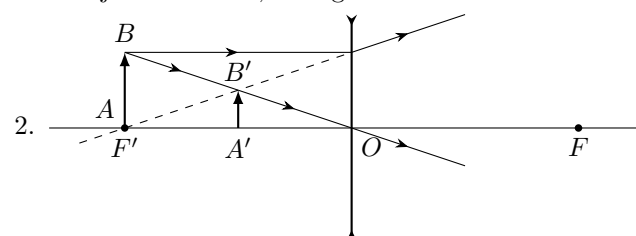
$$\theta_m = \arcsin \left[n_1 \cos \left(\arcsin \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \right) \right].$$

A.N. : $\theta_m = 39^\circ$

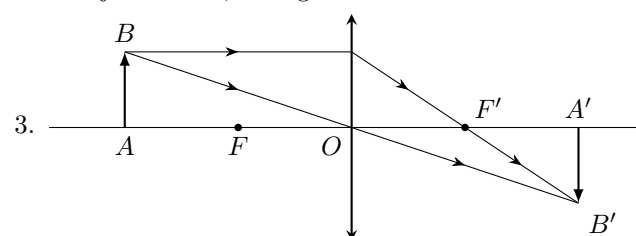
4. Les rayons inclinés par rapport à l'axe de la fibre parcourent un chemin plus long que ceux qui sont parallèles à l'axe. À la sortie de la fibre, les rayons inclinés arrivent en dernier.
5. Les signaux parallèles à l'axe optique parcourent une distance $d_1 = L$, ceux qui sont inclinés parcourent une distance $d_2 = L/\cos(r_1)$. Le temps τ qui les sépare à l'arrivée est $\tau = \frac{d_2 - d_1}{c} = \frac{L}{c}(1 - 1/\cos(r_1))$ donc $\tau = \frac{L}{c}(1 - n_1/n_2)$. Cela influence le débit maximum des données car si on envoie deux impulsions séparées de moins de τ dans la fibre elles se superposent à sa sortie rendant le signal inutilisable.
6. Plus la fibre est longue, moins le débit de données pourra être important.

Exercice 4 : TRACÉ D'IMAGES

L'objet est virtuel, l'image est réelle.



L'objet est réel, l'image est virtuelle.



L'objet est réel, l'image est réelle.