

1 Correction des exercices du chapitre 4 Ondes et imagerie médicale

4.1 N° 15 p. 83 – Une épine dans le pied

- a. Les rayons X sont des ondes électromagnétiques.
- b. La fréquence f en hertz (Hz) est la grandeur qui permet de différencier les rayons X des ondes lumineuses, qui sont aussi des ondes électromagnétiques. Les rayons X ont une fréquence beaucoup plus élevée que celle des ondes lumineuses.
- c. Les atomes de nickel et de titane sont beaucoup plus lourds que les atomes de carbone et d'hydrogène, qui constituent la majorité des molécules du vivant.

4.2 N° 16 p. 83 – Cartographie du fond marin

- a. Le sonar fonctionne sur le principe de l'écho : les ultrasons parcourent la distance $2 \times h$ correspondant à l'aller-retour jusqu'au fond marin, pendant la durée Δt , à la vitesse v . Ainsi, conformément à ce qui a été vu en cours :

$$v = \frac{2 \times h}{\Delta t} \Leftrightarrow h = \frac{v \times \Delta t}{2}$$

- b. Applications numériques aux différents points :

$$h_A = \frac{1500 \times 0,06}{2} = 45 \text{ m}$$

$$h_B = 45 \text{ m}$$

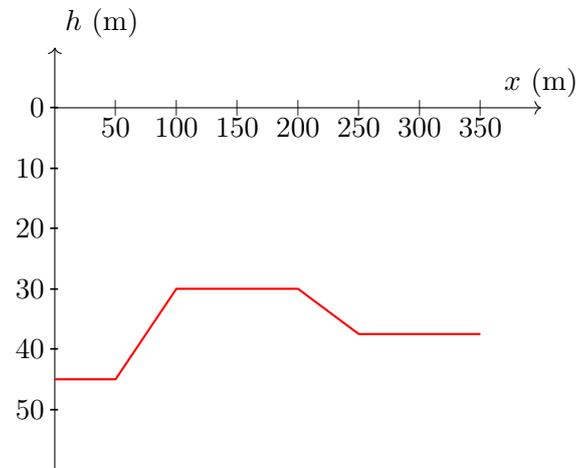
$$h_C = \frac{1500 \times 0,04}{2} = 30 \text{ m}$$

$$h_D = 30 \text{ m}$$

$$h_E = \frac{1500 \times 0,05}{2} = 37,5 \text{ m}$$

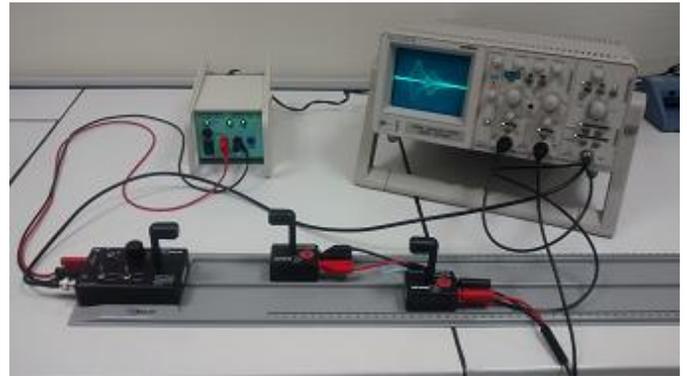
$$h_F = 37,5 \text{ m}$$

- c. Le profil du fond marin :

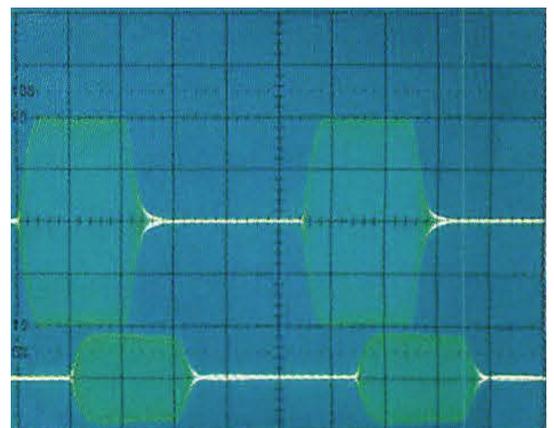


4.3 N° 17 p. 83 – Vitesse des ultrasons

- a. Schéma avec 1 émetteur et 2 récepteurs :



- b. Les ondes arrivent en premier au récepteur R_1 , et ensuite seulement au récepteur R_2 . Par conséquent, le deuxième récepteur R_2 présente toujours un retard de réception Δt par rapport au premier récepteur R_1 .
- c. Sur l'oscillogramme on voit que le deuxième signal, celui du bas, accuse un retard d'une division par rapport au premier signal, celui du haut :



La *base de temps* ou sensibilité horizontale est réglée sur $b = 2 \text{ ms/div}$, donc cela correspond à un retard de :

$$\Delta t = 1 \text{ div} \times 2 \text{ ms/div} = 2 \text{ ms}$$

d. Les deux récepteurs sont écartés d'une distance d :

$$d = d_2 - d_1 = 81 - 13 = 68 \text{ cm}$$

La vitesse v des ultrasons s'exprime par la distance d divisée par la durée de parcours Δt ; attention à bien convertir la distance en mètre et le temps en seconde :

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{0,68}{0,002} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

4.4 N° 18 p. 83 – Vitesse du son

a. La vitesse v du son s'exprime par la distance d divisée par la durée de parcours Δt ; attention à bien convertir la distance en mètre :

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{18,6 \times 10^3}{54,6} = 341 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

b. Alternier les tirs permet de s'affranchir du vent, qui va porter le son, ou au contraire le ralentir !

c. La célérité de la lumière est $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Pour une même distance d , la durée du parcours $\Delta t'$ est donnée par :

$$c = \frac{d}{\Delta t'} \Leftrightarrow \Delta t' = \frac{d}{c}$$

Application numérique :

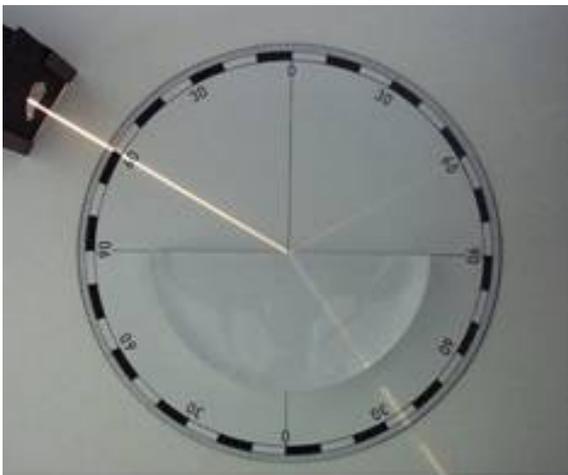
$$\Delta t' = \frac{18,6 \times 10^3}{3,00 \times 10^8} = 6,2 \times 10^{-5} \text{ s}$$

Ce temps de propagation de la lumière est très faible, et donc l'erreur sur la mesure de la durée Δt de propagation du son est négligeable.

2 Mise en évidence de la réfraction

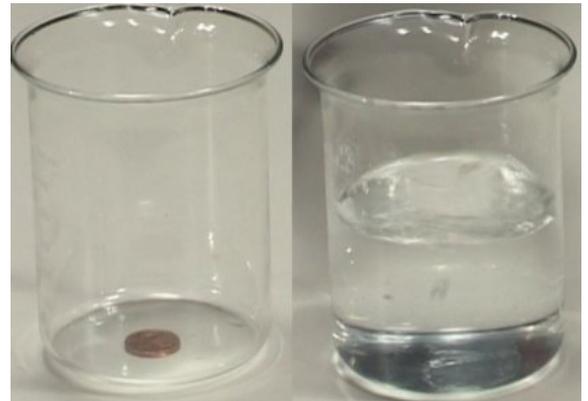
2.1 Expérience avec l'hémicylindre

Voir la séance de TP « 4 Ondes et imagerie médicale, séance 3 ».



2.2 Disparition de la pièce dans un bol

On place une pièce dans un bol, que l'on recouvre d'eau.



2.3 Le principe de moindre action

Voir diaporama sur ce principe, qui gouverne le déplacement de la lumière.

3 L'indice d'un milieu

3.1 Définition

1

donne la valeur des indices de quelques substances.

Matériaux	Indice n
Vide	1 (par définition)
Air	1,000293
Eau	1,3330
Diamant	2,419
Glace d'eau	1,31
Cornée humaine	1,3375
Verre <i>flint</i>	1,62
Verre <i>Pyrex</i>	1,470

On remarque sur ce tableau que l'indice de réfraction de l'air est très proche de 1 ; on le confondra à 1 dans la suite.

2
 D'autre part le verre a une densité et une composition chimique qui peut varier, ce qui affecte l'indice de réfraction. On a donné ici deux exemples de verres courants, verre flint et verre Pyrex. Le diamant a quant à lui un indice élevé, ce qui explique son éclat très recherché.

On gardera bien à l'esprit qu'un indice ne peut pas être inférieur à 1, puisque rien ne peut aller plus vite que la lumière dans le vide ; autrement dit, $v \leq c$ implique que :

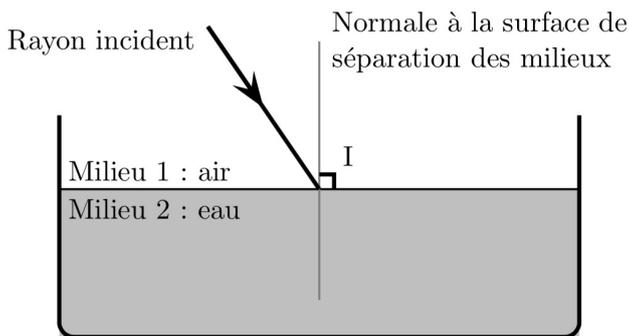
3

3.2 Conséquences

La conséquence directe de cette définition est que l'indice du vide vaut Dans le tableau suivant, on

4 Réflexion et réfraction de la lumière

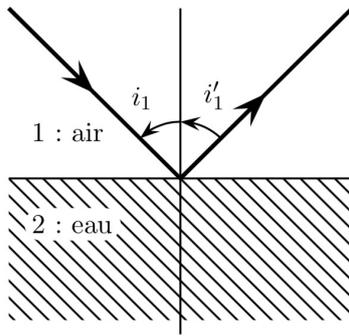
4.1 Notations



4

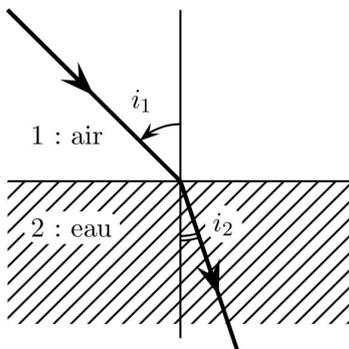
.....

4.2 Première loi de Snell-Descartes



5

4.3 Deuxième loi de Snell-Descartes



6

4.4 Calcul d'angle

Soit un rayon incident d'angle d'incidence 33° par rapport à la normale, passant de l'air d'indice 1 à l'eau d'indice 1,33. Trouver l'angle de réfraction.

7

4.5 Calcul d'un indice

Soit un rayon incident d'angle d'incidence 25° , dans le quartz d'indice 1,5, émergeant dans un milieu d'indice inconnu, avec un angle 37° . Trouvez l'indice du milieu d'émergence.

8

4.6 Conséquence : réflexion totale

Lorsque la lumière passe d'un milieu 1 à un milieu 2 avec $n_2 < n_1$, il existe une valeur limite $i_{1\ell}$ de l'angle d'incidence i_1 pour laquelle le rayon réfracté n'existe pas.

9

Ce phénomène de réflexion totale est mis en jeu dans les fibres optiques pour conduire la lumière sans perte.

Cette réflexion totale correspond à la valeur $i_{1\ell}$ de l'angle qui correspond à une valeur $i_2 = 90^\circ$ de l'angle de réfraction, donc :

10

5 Exercices du chapitre 4 (suite) – Ondes et imagerie médicale

4.5 N° 1 p. 80 – Mots manquants

4.6 N° 2 p. 80 – QCM

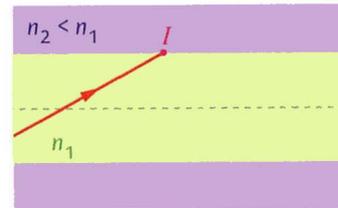
4.7 N° 19 p. 83 – Illusion due à la réfraction

4.8 Fibroscopie

Les fibroscopes utilisés en médecine contiennent des fibres optiques.

Reproduire et compléter le schéma d'une fibre optique donné ci-dessous, en prolongeant la marche du rayon lumineux arrivant en I dans chacune des situations suivantes :

- l'angle d'incidence est supérieur à l'angle d'incidence limite ;
- l'angle d'incidence est inférieur à l'angle d'incidence limite.



6 Devoir maison 1 – À rendre le lundi 6 novembre

Exercices n° 15 p. 67, n° 25 p. 99 et n° 22 p. 290.