



2. a. On mesure l'angle d'incidence dans le milieu 1, c'est-à-dire le demi-cylindre de verre ou de plexiglas.

On mesure l'angle de réfraction dans le milieu 2, c'est-à-dire l'air.

b. On observe un faisceau réfracté seulement pour certains angles d'incidence. Au-delà d'une valeur limite de l'angle d'incidence, le faisceau réfracté disparaît.

3. a. On mesure l'angle d'incidence dans l'air.

On mesure l'angle de réfraction dans le matériau constituant de demi-cylindre.

b. On observe le faisceau réfracté quel que soit l'angle d'incidence. Il n'existe donc pas d'angle d'incidence pour lequel le faisceau réfracté disparaît.

4. L'indice de réfraction du demi-cylindre est supérieur à celui de l'air. Pour pouvoir observer une réflexion totale, il faut que l'indice de réfraction du premier milieu qui est traversé par la lumière soit supérieur à celui du second milieu.

5. Après la mesure de cet angle limite d'incidence, on calcule son sinus et on le compare au rapport des indices de réfraction. On vérifie que le résultat est en accord avec la relation du **doc. 3**.

6. Pour observer le phénomène de réflexion totale dans le milieu 1, les deux conditions suivantes doivent être simultanément vérifiées :

- $n_1 > n_2$
- $i_1 > i_{1\ell}$ avec $i_{1\ell}$ l'angle limite d'incidence

Exercices

► p. 173 à 180 du manuel

QCM

Un QCM supplémentaire interactif est disponible dans le manuel numérique enrichi (enseignant et élève).

1 1. A ; 2. B ; 3. A et B ; 4. A ; 5. B.

2 1. B et C ; 2. B ; 3. B ; 4. C ; 5. A.

Application immédiate

Une version diaporama de l'exercice résolu est disponible dans le manuel numérique enrichi (enseignant et élève).

4 1. Soit i_c l'angle d'incidence et i_g l'angle de réfraction au point I. Dans le cas de la réfraction limite, $i_g = 90^\circ$ et la relation entre les angles et les indices s'écrit $n_c \times \sin i_{c\ell} = n_g$.

$$\text{Donc } n_c = \frac{n_g}{\sin i_{c\ell}} = \frac{1,15}{\sin 47,9} \approx 1,55.$$

2. On a bien la condition de réflexion totale sur les indices de réfraction : $n_c > n_g$. L'autre condition est que l'angle d'incidence soit supérieur à l'angle d'incidence limite $i_{c\ell}$.

Corrigés des exercices

Grille d'évaluation des compétences spécifiques du chapitre : voir www.hachette-education.com (fiche du manuel).

5 La réflexion d'une onde sonore sur un obstacle est à l'origine d'un phénomène d'écho.

6 1. Pour mesurer la distance d , il faut connaître la valeur v de la vitesse de propagation des ultrasons dans le milieu et mesurer la durée Δt de l'aller-retour de l'onde.

2. La relation entre ces grandeurs est $d = \frac{v \times \Delta t}{2}$ avec v en mètre par seconde, Δt en seconde et d en mètre.

7 1. Lucina a correctement identifié les signaux : le signal est émis avant sa réception. En revanche, la durée Δt qu'elle a repérée est inexploitable pour calculer la distance entre l'émetteur-récepteur et l'obstacle. Il faut la repérer entre le début de l'émission (à $t = 0$ ms) et le début de la réception (à $t = 1,7$ ms).

2. Pour déterminer la distance d séparant l'émetteur de la paroi réfléchissante, Lucina doit mesurer la durée Δt entre le début de l'émission et le début de la réception, rechercher la valeur v_{eau} de

la vitesse de propagation des ultrasons dans l'eau et utiliser la formule $d = \frac{V_{\text{eau}} \times \Delta t}{2}$.

8 1. L'émission précédant la réception, la salve émise correspond au signal du haut (mauve), le signal du bas (rose) correspond à la réception de la salve après écho.

2. La durée Δt de l'aller-retour est lue entre la date du début d'émission et la date du début de réception.

En utilisant l'échelle temporelle indiquée, il vient $\Delta t = 2,0$ ms.

9 On lit sur l'enregistrement une durée d'aller-retour $\Delta t \approx 1,7$ ms.

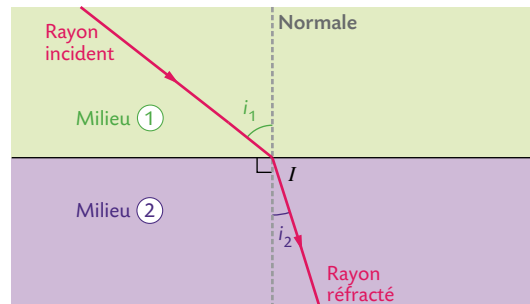
$$d = \frac{V_{\text{eau}} \times \Delta t}{2} \approx \frac{1500 \times 1,7 \times 10^{-3}}{2,00} \approx 1,3 \text{ m}$$

La distance séparant l'émetteur-récepteur de la paroi réfléchissante est 1,3 m environ.

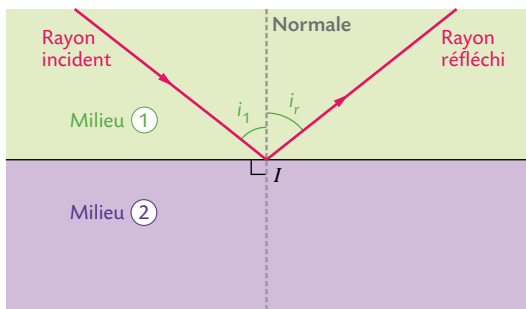
10 Pendant la durée Δt , l'onde parcourt une distance égale au double de la distance d séparant le système émetteur-récepteur de l'écran (aller-retour). La valeur v de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores est $v = \frac{2d}{\Delta t}$

$$\text{soit } v = \frac{2 \times 34 \times 10^{-2}}{2,0 \times 10^{-3}} = 34 \times 10^1 = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

11 Le phénomène de réfraction de la lumière est le changement de direction de propagation d'un faisceau lumineux passant d'un milieu de propagation à un autre.



12 1. Le phénomène de réflexion de la lumière est le renvoi, dans le milieu où il se propage, d'un faisceau lumineux parvenant au niveau de la surface de séparation entre deux milieux.



2. D'après la loi de Snell-Descartes pour la réflexion, l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.

13 1. Cet adjectif signifie que, dans certaines conditions, un faisceau lumineux n'est pas réfracté, mais est entièrement réfléchi lorsqu'il atteint la surface de séparation entre deux milieux transparents.

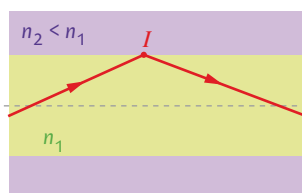
2. On note 1 le milieu d'indice de réfraction n_1 où se propage le faisceau incident, et 2 l'autre milieu, d'indice de réfraction n_2 . Le phénomène de réflexion totale peut être observé si $n_1 > n_2$ et si $i_1 > i_{1\ell}$ ($i_{1\ell}$ est l'angle limite d'incidence).

3. La réflexion totale est utilisée dans les examens de type fibroscopie.

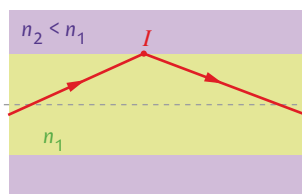
14 1. L'eau est le milieu où se propage le faisceau incident et $n_{\text{eau}} > n_{\text{air}}$. Si l'angle d'incidence est supérieur à l'angle d'incidence limite, alors il sera possible d'observer le phénomène de réflexion totale au niveau de la surface de séparation de ces deux milieux transparents.

2. L'air est désormais le milieu où se propage le faisceau incident et $n_{\text{air}} < n_{\text{eau}}$. Il est impossible d'observer le phénomène de réflexion totale au niveau de la surface de séparation de ces deux milieux et ce quel que soit l'angle d'incidence.

15 a. Dans ce cas, il y a réflexion totale :



b. Dans ce cas, il y a réfraction et réflexion :



16 1. Le milieu où se propage le faisceau incident est l'eau.

2. a. On observe le phénomène de réflexion totale. On note 1 le milieu incident et 2 l'autre milieu. Ce phénomène ne se produit que si $n_1 > n_2$ et si $i_1 > i_{1\ell}$ avec $i_{1\ell}$ l'angle limite d'incidence. On en déduit que l'indice de réfraction de l'eau, n_1 , est supérieur à celui de l'air, n_2 .

b. On en déduit également que l'angle d'incidence, i_1 , est supérieur à l'angle limite d'incidence, $i_{1\ell}$.

17 Le phénomène de réflexion totale se produit si $n_1 > n_2$ et si $i_1 > i_{1\ell}$ où le milieu 1 est le milieu où se propage le faisceau incident et le milieu 2 est l'autre milieu.

Ce phénomène peut être observé lorsque la lumière se propage du verre vers l'eau.

On en déduit que $n_{\text{verre}} > n_{\text{eau}}$.

On n'observe jamais de réflexion totale quand la lumière se propage de l'eau vers le verre ce qui confirme la conclusion $n_{\text{verre}} > n_{\text{eau}}$.

18 1. L'irradiation a pour effet de tuer les cellules malades (par altération de leur ADN).

2. a. Les ondes utilisées sont des ondes électromagnétiques.

b. D'après la page 171 du manuel, l'ordre de grandeur des fréquences de rayonnements X est 10^{18} Hz, celui des fréquences des rayonnements γ est 10^{20} Hz.

19 1. La flèche 1 représente la distance entre la sonde échographique et l'avant de la tête du fœtus. La flèche 2 représente la distance entre la sonde échographique et l'arrière de la tête du fœtus.

2. La distance $2d_1$ parcourue par les ondes ultrasonores qui se réfléchissent sur l'avant de la tête du fœtus est plus faible que la distance $2d_2$ parcourue par celles qui se réfléchissent sur l'arrière de la tête du fœtus. Les durées de propagation sont différentes.

20 1. Les réflexions des ondes ultrasonores se produisent au niveau de la surface de séparation mère-fœtus (à l'avant de sa tête) et fœtus-mère (à l'arrière de la tête).

2. a. En notant Δt_1 la durée entre l'émission et la réception du premier écho, on a $d_1 = \frac{v \times \Delta t_1}{2}$.

Cela conduit à $d_1 = \frac{1500 \times 70,0 \times 10^{-6}}{2} \approx 5,25 \times 10^{-2} \text{ m}$

b. Avec le même raisonnement : $d_2 = \frac{v \times \Delta t_2}{2}$

Cela conduit à $d_2 = \frac{1500 \times 150 \times 10^{-6}}{2} \approx 1,13 \times 10^{-1} \text{ m}$

3. Le diamètre de la tête du fœtus s'obtient par différence entre d_2 et d_1 :

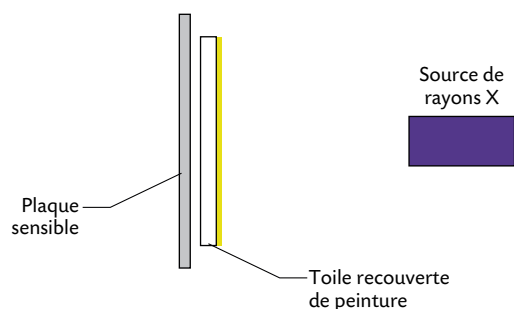
$$D = d_2 - d_1 \approx 11,3 - 5,25 \approx 6,1 \text{ cm environ}$$

21 1. Des ondes ultrasonores sont utilisées dans une échographie Doppler.

2. On peut obtenir des informations sur les vaisseaux sanguins et sur la circulation sanguine grâce à cet examen.

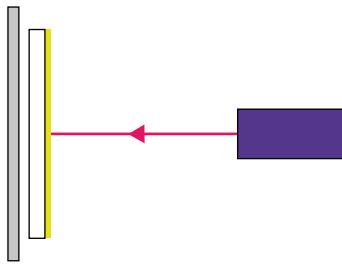
3. L'échographie est basée sur le principe de réflexion des ondes ultrasonores sur certaines surfaces de séparation de deux milieux de propagation (écho).

22 1.

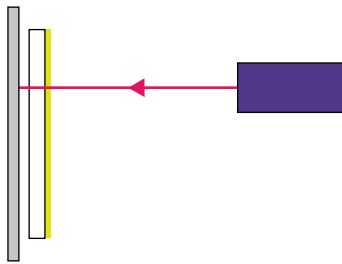




2. a. Cas où le faisceau rencontre du plomb : il est absorbé et n'atteint pas la plaque sensible.



b. Cas où le faisceau ne rencontre pas de plomb : il n'est pas absorbé et atteint la plaque sensible.



3. Lorsque le faisceau traverse des pigments minéraux avec du plomb, il ne parvient pas à la plaque sensible. On observera des zones blanches sur la plaque.

Quand le faisceau traverse des pigments organiques ou minéraux sans plomb, il parvient à la plaque sensible. On observera des zones sombres sur la plaque.

4. Cette méthode permet d'analyser l'intérieur d'un objet sans le détruire, tout comme on peut obtenir une image de l'intérieur du corps humain en radiographie médicale.

Remarque : il faut cependant faire attention à la quantité de rayons X à laquelle le patient est exposé pour éviter des effets dangereux dus à ces rayons très énergétiques.

23 1. Il est parfois difficile de faire un prélèvement de cellules, car les cellules à prélever peuvent être difficiles d'accès. C'est le cas des cellules dans les bronches. Ces dernières sont trop petites pour permettre le passage de la fibre optique.

2. L'ajout du produit photosensible permet l'illumination des cellules cancéreuses grâce au rayonnement UV transporté par le fibroscope. Celles-ci émettent alors de la lumière par fluorescence et deviennent visibles. Il n'est pas nécessaire de réaliser des prélèvements pour les détecter.

3. Les différents phénomènes lumineux mis en jeu sont l'émission (par la source UV et par les cellules ayant absorbé le produit photosensibilisant), l'absorption de rayonnements UV, la réflexion totale de la lumière (dans la fibre optique).

24 1. a. et b. Des ultrasons sont utilisés pour l'échographie et des ondes radio (ondes électromagnétiques) pour la destruction des tissus malades.

2. D'après la représentation graphique du **doc. 2**, pour détruire les cellules cancéreuses, le radiologue doit contrôler la durée d'exposition et la température. Par exemple, une irradiation pendant 10 s à la température de 55 °C n'entraîne pas de dégâts irréversibles aux cellules. Les dégâts causés, pour cette même température, et une durée d'irradiation de 1 000 s (environ 17 min), sont irréversibles, les cellules et les tissus mourront.

Le radiologue, grâce à l'échographie, contrôle aussi l'endroit où il irradie.

25 1. I appartient à la surface de séparation de deux milieux transparents. Il peut s'y produire les phénomènes de réflexion et de réfraction de la lumière.

2. On utilise la relation de Snell-Descartes relative aux angles pour une réfraction. Sachant que $i_2 = 90^\circ$ et $\sin 90^\circ = 1$, il vient $n_1 \times \sin i_{1c} = n_2 \times 1$. Cela conduit à $\sin i_{1c} = \frac{n_2}{n_1}$ et $i_{1c} = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$ d'où il vient :

$$i_{1c} = \sin^{-1}\left(\frac{1,00}{1,50}\right) \approx 42^\circ$$

3. Il y a réflexion totale si l'angle d'incidence est supérieur à l'angle d'incidence limite. L'angle d'incidence minimal est donc $i_{1c} \approx 42^\circ$. Si l'angle d'incidence est supérieur à 42° , la réflexion totale permet à la lumière de ne pas sortir du tube.

26 Traduction : Souris et lumière

La lumière peut maintenant être utilisée pour guérir le diabète des souris. « La lumière est un outil intéressant dans l'interaction avec les systèmes biologiques, mais il y a un problème fondamental. La lumière est dispersée lorsqu'elle atteint des tissus biologiques et à des profondeurs beaucoup plus minces que celle de notre peau » dit l'auteur principal M. Choi de la Faculté de médecine de Harvard à Boston.

Choi et ses collègues ont conçu un gel implantable qui pourrait contourner ce problème, en guidant la lumière sous la peau de la souris.

Pour enrayer le diabète, l'équipe a éclairé l'intérieur du corps de la souris et le gel implanté en utilisant un câble de fibres optiques attaché à sa tête. La lumière a déclenché, dans les cellules contenues dans le gel, la production d'un composé qui a stimulé la sécrétion d'insuline et a stabilisé les taux de glucose dans le sang.

1. Il s'agit d'un article consacré au traitement du diabète.

2. a. La lumière est guidée dans le corps de la souris grâce à des fibres optiques et grâce au gel qui se comporte comme une fibre optique.

b. Le phénomène de réflexion totale est mis en jeu.

3. Le gel permet à la lumière de pénétrer dans le corps de la souris pour atteindre les cellules contenues dans le gel déclenchant la sécrétion d'insuline.

27 1. On utilise la relation qui lie la durée Δt de l'aller-retour qu'effectuent les ondes entre la chauve-souris et l'obstacle, la distance $2d$ de cet aller-retour et la valeur de la vitesse de propagation des ondes : $v = \frac{2d}{\Delta t}$. Cela conduit à $d = \frac{v \times \Delta t}{2}$

Connaissant v et en mesurant Δt , on en déduit la distance d .

2. La vitesse de propagation des ultrasons a la même valeur que celle des sons : $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ dans l'air.

$$\text{On a alors } d = \frac{340 \times 1,47 \times 10^{-3}}{2} \approx 0,250 \text{ m.}$$

La distance séparant la chauve-souris de l'obstacle est 25,0 cm environ.

28 1. Un laser émet des ondes électromagnétiques.

2. Il s'agit de découper la cornée et de tailler le cristallin. Cela met en jeu la directivité du faisceau et sa concentration en énergie.

3. a. La réfraction est le changement de direction de propagation d'un faisceau lumineux passant d'un milieu transparent de propagation à un autre.

b. La loi de Snell-Descartes relative aux angles pour une réfraction fait intervenir les angles et les indices de réfraction des milieux. Le **doc. 1** indique que l'opération consiste à retailler le cristallin : sa forme est modifiée, pas son indice de réfraction. Les angles d'incidence au niveau de la surface d'entrée du cristallin (et peut-être

aussi au niveau de la surface de sortie) sont modifiés et la lumière n'est plus réfractée comme avant l'opération.

4. La TPD consiste à faire ingérer au patient un produit photosensibilisant qui absorbe la lumière émise par un laser, ce qui déclenche une réaction chimique détruisant les cellules cancéreuses.

5. Il faut attendre que les cellules saines (normales) aient éliminé le photosensibilisant pour que seules les cellules cancéreuses soient détruites lors de l'exposition à la lumière émise par le laser.

29 Réponses aux pistes de résolution (p. 335)

1. La thermographie médicale permet d'étudier la température de surface du corps observé grâce au rayonnement qu'il émet.

2. Les ondes électromagnétiques visibles ont des longueurs d'onde comprise entre 400 nm et 800 nm.

3. En l'absence de problèmes médicaux, la thermographie mesure des températures de 36,1 °C à 37,8 °C.

4. En utilisant la relation donnée **doc. 2**, on peut calculer la longueur d'onde de la radiation émise avec le maximum d'intensité.

$$\lambda_{\max} = \frac{2,89 \times 10^6}{\theta + 273}$$

5. Le calcul des longueurs d'onde correspondant aux deux températures extrêmes donne :

$$\lambda_{\max} = \frac{2,89 \times 10^6}{36,1 + 273} \approx 9,35 \times 10^3 \text{ nm}$$

et $\lambda_{\max} = \frac{2,89 \times 10^6}{37,8 + 273} \approx 9,30 \times 10^3 \text{ nm}$

L'ordre de grandeur de ces longueurs d'onde est 10⁻⁵ m. D'après le **doc. 4**, les ondes électromagnétiques utilisées en thermographie sont des ondes **infrarouges**.

Une réponse possible

• Introduction présentant la problématique :

La thermographie médicale est une technique qui utilise des ondes électromagnétiques. On cherche à déterminer leur longueur d'onde afin de savoir si elles appartiennent au domaine du visible.

• Mise en forme de la réponse :

Le **doc. 1** indique que la thermographie permet d'étudier la température de surface du corps observé par le rayonnement qu'il émet. Pour son application médicale, la thermographie mesure des températures de 36,1 à 37,8 °C pour un individu non malade (**doc. 3**). Or, le **doc. 2** relie cette température à la longueur d'onde du rayonnement émis.

Par application de la formule du **doc. 2** :

$$\lambda_{\max} = \frac{2,89 \times 10^6}{\theta + 273}$$

On calcule les longueurs d'onde correspondant aux deux températures extrêmes :

$$\lambda_{\max} = \frac{2,89 \times 10^6}{36,1 + 273} \approx 9,35 \times 10^3 \text{ nm}$$

et $\lambda_{\max} = \frac{2,89 \times 10^6}{37,8 + 273} \approx 9,30 \times 10^3 \text{ nm}$

L'ordre de grandeur de ces longueurs d'onde est 10⁻⁵ m.

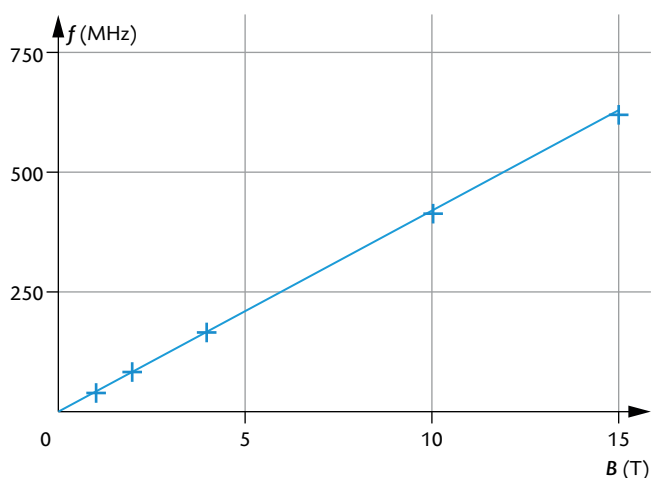
Le **doc. 4** permet d'identifier les ondes électromagnétiques utilisées en thermographie comme des ondes **infrarouges**.

• Conclusion revenant sur la problématique :

En conclusion, les ondes utilisées en thermographie médicale n'appartiennent pas au domaine du visible.

Grille d'évaluation pour le professeur : voir p. 83.

27 1. Représentation graphique de la fréquence f en fonction de la valeur B du champ magnétique :



2. En reliant les points, on observe que la représentation graphique est une droite passant par l'origine. Il y a donc proportionnalité entre f et B .

3. Par lecture graphique, la fréquence des ondes est égale à environ 490 MHz pour une valeur de champ magnétique de 11,7 T.

4. 490 MHz = 4,90 × 10⁸ Hz. Ces ondes appartiennent au domaine des ondes radio.