Correction des exercices séquence 4

Exercices sur les phénomènes périodiques : p 159 -164

7 **1.** La période T d'un signal périodique est la plus petite durée au bout de laquelle le signal se répète identique à lui-même.

2. On mesure 8,9 divisions pour $4T$,

soit $T = \frac{8{,}9}{4} \times 1{,}0 \approx 2{,}2$ ms

8 **1.** La fréquence f d'un signal périodique est le nombre de fois où ce signal se répète par seconde : $f = \frac{1}{T}$

2. $f = \frac{1}{2{,}2 \times 10^{-3}} \approx 4{,}5 \times 10^2$ Hz

9 **1.** $f = \frac{127}{60} \approx 2{,}12$ Hz

2. $T = \frac{1}{f}$ soit $T \approx \frac{1}{\ } \approx 0{,}472$ s

10 **1.** $f = \frac{26}{30} \times 60 = 52$ battements par minute

$f = \frac{52}{60} \approx 0{,}87$ Hz

2. $T = \frac{1}{f}$ soit $T \approx 1{,}15$ s

11 **1.** On mesure 6,0 divisions pour $3T$, soit :

$$T = \frac{6{,}0}{3} \times 400 \approx 8{,}0 \times 10^2 \text{ ms}$$

2. $f = \frac{1}{T}$ soit $f \approx \frac{1}{8{,}0 \times 10^{-1}} \approx 1{,}3$ Hz

3. $U_{max} \approx 2{,}2 \times 10 \approx 22$ mV

12 **1.** Les tensions maximale U_{max} et minimale U_{min} des deux signaux sont égales.

Les périodes des deux signaux sont différentes, donc leurs fréquences sont différentes.

2. Graphiquement, on mesure :

$U_{max} = 1{,}5$ mV ; $U_{min} = -0{,}2$ mV

$T_1 = 1{,}5 \times 0{,}4 = 0{,}60$ s donc $f_1 \approx 1{,}7$ Hz

$T_2 = 2{,}5 \times 0{,}4 = 1{,}0$ s donc $f_2 \approx 1{,}0$ Hz

14 **1.** La valeur de la vitesse de propagation des sons dans l'air à 20 °C est de l'ordre de 340 m·s^{-1}.

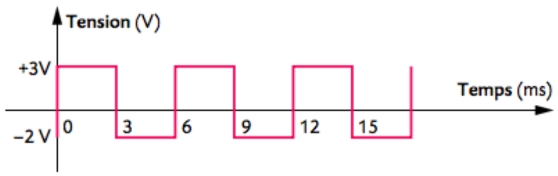
2. a. Sur l'écran, on lit 5,0 divisions entre le début de l'émission et le début de la réception :

$$\Delta t = 5{,}0 \times 500 = 2{,}5 \times 10^3 \text{ µs}$$

b. Connaissant la valeur v de la vitesse de propagation des ultrasons, la distance d séparant l'émetteur du récepteur vaut :

$d = v \times \Delta t$ soit $d = 340 \times 2{,}5 \times 10^3 \times 10^{-6} = 0{,}85$ m

15



16 **1. a.** Lors de cette immersion, la période est multipliée par deux.

b. La fréquence sera divisée par deux puisqu'elle est inversement proportionnelle à la période.

2. a. La fréquence cardiaque, en battement par minute, a pour expression $f = \frac{1}{T} \times 60$.

Avant l'immersion : $f = \frac{60}{0{,}75} = 80$ battements par minute

Lors de l'immersion : $f = \frac{60}{1{,}5} = 40$ battements par minute

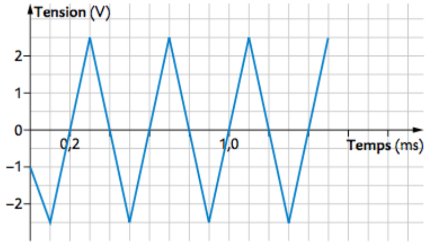
b. Lors de l'immersion, on trouve une fréquence deux fois plus faible que celle de Sofiane avant la plongée. Le résultat est en accord avec la réponse donnée à la question **1b**.

17 **1. a.** Si on double la fréquence d'un signal électrique, sa période est divisée par deux.

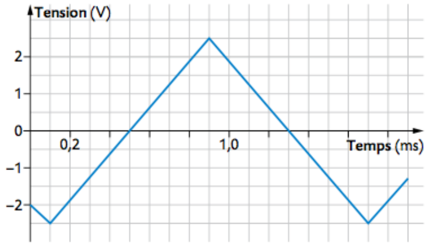
b. Si on divise sa fréquence par deux, sa période est multipliée par deux.

c. Si on divise sa tension maximale par deux, sa période ne change pas.

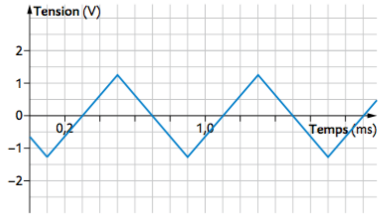
2. a. On double la fréquence :



b. On divise la fréquence par deux :



c. On divise la tension maximale par deux :



18 **Réponses aux pistes de résolution** (p. 335)

1. La « teen buzz mosquito » est une sonnerie de portable inaudible par les adultes, c'est-à-dire dont la fréquence se situe au-delà de 15 kHz.

2. La sonnerie correspond à un signal périodique qui est caractérisé par sa période et donc sa fréquence. Il peut également être caractérisé par les valeurs de sa tension maximale et minimale.

3. La période T se mesure sur l'axe horizontal, en déterminant, par exemple, la durée de 5 périodes.

Ayant déterminé la période, on calcule la fréquence f avec $f = \frac{1}{T}$.

Les valeurs de ses tensions maximale et minimale se mesurent sur l'axe vertical. L'axe vertical n'étant pas gradué, on ne peut pas déterminer ces valeurs.

4. $5T = 300$ µs, soit $T = 60{,}0$ µs

$f = \dfrac{1}{T}$ soit $f = \dfrac{1}{60{,}0 \times 10^{-6}} \approx 16{,}7 \times 10^{3}$ Hz $= 16{,}7$ kHz

Le signal de la sonnerie téléchargée a une fréquence de 16,7 kHz. Il peut donc correspondre à celui de la « teen buzz mosquito », car sa fréquence est supérieure à 15 kHz.

Une réponse possible

• Introduction présentant la problématique :

À partir du signal de la sonnerie téléchargée par un élève sur Internet, on cherche à savoir si la fréquence de cette sonnerie est supérieure à 15 kHz.

• Mise en forme de la réponse :

La sonnerie correspond à un signal périodique dont la période T se mesure sur l'axe horizontal.

On détermine, par exemple, la durée de 5 périodes.

$5T = 300$ µs, soit $T = 60{,}0$ µs

La période du signal périodique téléchargé est 60,0 µs.

On en déduit la fréquence correspondante :

$f = \dfrac{1}{T}$ soit $f = \dfrac{1}{60{,}0 \times 10^{-6}} \approx 16{,}7 \times 10^{3}$ Hz $= 16{,}7$ kHz

La fréquence du signal téléchargé est 16,7 kHz.

• Conclusion revenant sur la problématique :

Le signal de la sonnerie téléchargée a une fréquence de 16,7 kHz. Il peut donc correspondre à celui de la « teen buzz mosquito », car sa fréquence est supérieure à 15 kHz.

19 **1.** Pour le signal du son A :

2,5 périodes s'étendent sur 8,0 ms.

La période du son A, T_A, vaut 3,2 ms.

Pour le signal du son B :

3 périodes s'étendent sur 1500 µs.

La période du son B, T_B, vaut 500 µs.

2. Pour le signal du son A :

$f_A = \dfrac{1}{T_A}$ soit $f_A = \dfrac{1}{3{,}2 \times 10^{-3}} \approx 3{,}1 \times 10^{2}$ Hz

Sa fréquence est $3{,}1 \times 10^{2}$ Hz.

Pour le signal du son B :

$f_B = \dfrac{1}{5{,}00 \times 10^{-4}} = 2{,}00 \times 10^{3}$ Hz

Sa fréquence est $2{,}00 \times 10^{3}$ Hz.

3. D'après le **doc. 1**, le son le plus aigu correspond au son dont la fréquence est la plus élevée, c'est-à-dire le son B.

2. L'utilisation de ces ondes pour un détartrage rend le procédé plus efficace et moins douloureux que le détartrage traditionnel, car il effrite la plaque dentaire sans attaquer l'émail des dents.

21 **1. a.** Le point A représente le début de la réception de l'onde ultrasonore par un des deux récepteurs. Le point B représente le début de la réception de l'onde ultrasonore par l'autre récepteur.

b. Sur l'oscillogramme 1, les deux récepteurs reçoivent la salve ultrasonore à des instants différents. Ils sont donc éloignés l'un de l'autre, ce qui correspond à la seconde situation décrite.

Sur l'oscillogramme 2, les deux récepteurs reçoivent la salve ultrasonore au même instant, ils sont donc situés côte à côte, ce qui correspond à la première situation.

Remarque : pour compléter la réponse de la question 1a, on peut remarquer sur l'oscillogramme 1 qu'une salve sur la courbe bleue a une amplitude bien plus faible que celle d'une salve sur la courbe jaune. Ce n'est pas le cas sur l'oscillogramme 2. Le récepteur correspondant à la courbe bleue est donc plus éloigné de la source ultrasonore que le récepteur correspondant à la courbe jaune. Le point A correspond donc au début de la réception d'une salve ultrasonore par R_1 et le point B par R_2.

2. a. Le décalage entre les points A et B correspond au temps mis par l'onde pour parcourir la distance qui sépare le récepteur R_1 du récepteur R_2.

b. $\Delta t = 1{,}2 \times 1{,}0 = 1{,}2$ ms

3. $v = \dfrac{d}{\Delta t}$ soit $v = \dfrac{0{,}40}{1{,}2 \times 10^{-3}} = 3{,}3 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

La valeur de la vitesse des ultrasons dans les conditions de l'expérience est $3{,}3 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

22 **1.** Le stéthoscope utilisé par l'expérimentateur sert de récepteur sonore.

2. a. J.-D. Colladon et C. Sturm ont mesuré le temps mis par l'onde sonore, émise par la cloche, pour parcourir la distance qui sépare les deux bateaux.

b. Ils ont négligé le temps mis par l'éclair pour parcourir la distance entre les deux bateaux et le temps mis par l'onde sonore pour parvenir du stéthoscope à l'oreille de l'expérimentateur.

c. Ils connaissaient la distance entre les deux bateaux.

3. a. $v = \dfrac{d}{\Delta t}$

b. $v = \dfrac{13 \times 10^{3}}{9{,}1} = 1{,}4 \times 10^{3}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

La valeur de la vitesse du son dans l'eau mesurée lors de l'expérience est $1{,}4 \times 10^{3}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

4. La valeur de la vitesse de propagation du son dans l'air à 20 °C est de l'ordre de $340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

5. La valeur de la vitesse du son dans l'eau est plus grande que celle du son dans l'air.

23 **1.** Les ultrasons sont plus rapides dans l'eau que dans l'air, puisqu'ils parcourent en moins de temps, d'après les enregistrements du **doc. 2**, la même distance séparant l'émetteur du récepteur.

2. $v = \dfrac{d}{\Delta t}$ (v en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ si d est en m et Δt en s)

a. Dans l'eau, $\Delta t_{eau} = 0{,}50$ ms

donc $v_{eau} = \dfrac{0{,}75}{0{,}50 \times 10^{-3}} = 1{,}5 \times 10^{3}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

b. Dans l'air, $\Delta t_{air} = 2{,}2$ ms

donc $v_{air} = \dfrac{0{,}75}{2{,}2 \times 10^{-3}} = 3{,}4 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

3. La valeur de la vitesse change selon la nature du milieu traversé, ce qui est en accord avec l'affirmation du **doc. 1**.

À 20 °C, la valeur de la vitesse du son dans l'air est environ $340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. C'est la même valeur que celle trouvée.

24 **1.** Sur une durée donnée, dans un état physique donné et à une altitude donnée, on peut considérer que la respiration est régulière et a donc un caractère périodique.

2. a. $T = \dfrac{1}{f}$ avec $f = \dfrac{86}{60}$ Hz,

soit $T = \dfrac{60}{86} = 0{,}70$ s

b. $f = \dfrac{12}{60}$ Hz, soit $T = \dfrac{60}{12} = 5{,}0$ s

3. En altitude, l'alpiniste renouvelle beaucoup plus souvent l'air dans ses poumons, de manière à essayer de compenser la raréfaction du dioxygène dans l'air qu'il respire.

25 **1.** Le pouls peut être considéré comme un signal périodique, car sur chacun des deux enregistrements on identifie un motif qui se reproduit à l'identique.

2. a. Le rythme cardiaque correspond à la fréquence du signal exprimée en battement par minute. Lorsque celle-ci est divisée par 2, la période du signal double.

La période du signal de l'enregistrement 1 n'est pas exactement deux fois supérieure à celle de l'enregistrement 2, elle est un peu moins de deux fois supérieure. Le rythme cardiaque de l'enregistrement 1 n'est donc pas exactement deux fois plus petit que celui de l'enregistrement 2. La proposition est fausse.

b. Au repos, le rythme cardiaque est plus faible qu'après un exercice physique. La période du signal correspondant doit être plus grande. La proposition est donc fausse. L'enregistrement 1 correspond à une situation de repos, alors que le 2 a été obtenu à l'issue de l'exercice physique.

c. Sur l'enregistrement 2, on mesure $4T = 2{,}0$ s,
soit $T = 0{,}50$ s.

Le rythme cardiaque en battement par seconde est :

$f = \dfrac{60}{T}$ soit $f = \dfrac{60}{0{,}50} = 1{,}2 \times 10^{2}$ battements par minute

Le rythme cardiaque est bien proche de 120 battements par minute. La proposition est vraie.

d. Sur l'enregistrement 1, on mesure $3T = 2{,}6$ s,
soit $T = 0{,}87$ s.

Le rythme cardiaque est $f = \dfrac{60}{T}$

soit $f = \dfrac{60}{0{,}87} = 69$ battements par minute.

Si le rythme cardiaque varie de près de 40 % entre l'enregistrement 1 et l'enregistrement 2, il doit diminuer d'environ $1{,}2 \times 10^{2} \times 0{,}4 = 48$ battements par minute, c'est-à-dire passer de $1{,}2 \times 10^{2}$ à environ 72 battements par minute. 69 est proche de 72. La proposition peut donc être considérée comme vraie.

e. En notant T la période initiale, si la période diminue de 40 %, la période après diminution est :

$$T' = T - 0{,}40\,T = 0{,}60\,T$$

La fréquence initiale est $T = \dfrac{1}{f}$. La fréquence correspondant à la période T' est :

$$f' = \frac{1}{T'} = \frac{1}{0{,}60\,T} = \frac{1}{0{,}60} \times \frac{1}{T} = 1{,}7f = f + 0{,}7f$$

La fréquence augmente d'environ 70 %. La proposition est fausse.

26 **1.** Suivant l'axe horizontal, on mesure un temps.

2. Le signal montre un motif qui se répète à l'identique. Le signal est donc périodique.

3. a. $T = 3{,}4 \times 0{,}20 = 0{,}68$ s

La période des battements de ce cœur est 0,68 s.

b. $f = \dfrac{1}{T}$ soit $f = \dfrac{1}{0{,}68} = 1{,}5$ Hz

Sa fréquence est 1,5 Hz.

4. Sur l'écran, on lit 90 battements par minute, soit :

$$f = \frac{90}{60} = 1{,}5 \text{ Hz}$$

Cette valeur est en accord avec celle calculée.

5. a. Les valeurs maximale et minimale de la tension caractérisent ce signal.

b. Il faudrait connaître l'échelle verticale et le niveau de référence pour calculer ces valeurs.

Exercices sur la réfraction réflexion : p 47-54

6 **1.** La réfraction est le changement de direction de propagation d'un faisceau lumineux passant d'un milieu de propagation transparent à un autre.

2. a. n_1 et n_2 sont les indices de réfraction respectifs des milieux 1 et 2. Si le milieu 1 est le milieu incident, i_1 est l'angle d'incidence et i_2 l'angle de réfraction.

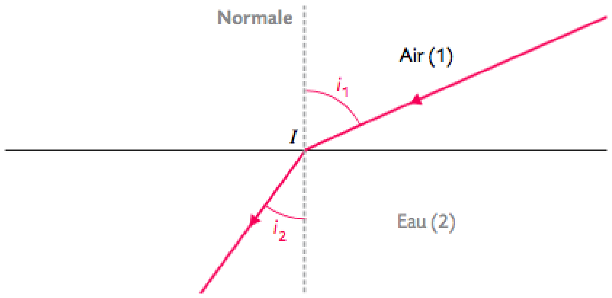
b. n_1 et n_2 n'ont pas d'unité ; les angles i_1 et i_2 doivent être exprimés dans la même unité : le degré (ou le radian).

7 L'indice de réfraction est responsable du phénomène de réfraction de la lumière.

8 La lumière passe du verre à l'air.

i_{v2} est l'angle d'incidence et i_{a2} est l'angle de réfraction.

9 La schématisation suivante peut être proposée :



avec i_1 l'angle d'incidence et i_2 l'angle de réfraction.

10 D'après la relation de Snell-Descartes :

$$\sin i_2 = \frac{n_1 \times \sin i_1}{n_2}$$

$$\sin i_2 \approx \frac{1{,}00 \times \sin 25{,}0}{1{,}39}$$

$$\sin i_2 \approx 0{,}304 \quad \text{donc } i_2 \approx 17{,}7°$$

11 On cherche n_1. D'après la relation de Snell-Descartes :

$$n_1 = \frac{n_2 \times \sin i_2}{\sin i_1}$$

$$n_1 = \frac{1{,}21 \times \sin 30{,}6}{\sin 27{,}0} \approx 1{,}36$$

12 **1.** La loi de Snell-Descartes pour la réfraction s'écrit :

$$n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2$$

Pour $i_1 = 0°$, $\sin i_1 = 0$, ce qui entraîne $\sin i_2 = 0$, car n_2 est non nul. Ainsi, l'angle de réfraction i_2 mesure 0°.

2. Les angles i_1 et i_2 sont mesurés par rapport à la même direction, la normale. Puisqu'ils sont égaux, les rayons incident et réfracté ont la même direction ; la lumière n'a pas été déviée.

Exercices sur les ondes au service de la médécine : échographie, endoscopie etc. : p 175 180

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 $d = \frac{V_{eau} \times \Delta t}{2}$.

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.

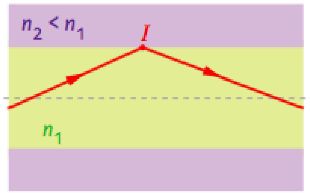
$$d = \frac{V_{eau} \times \Delta t}{2} \approx \frac{1500 \times 1{,}7 \times 10^{-3}}{2{,}00} \approx 1{,}3 \text{ m}$$

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

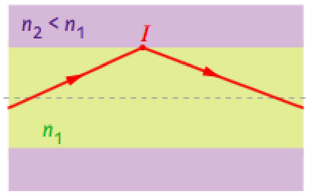
10 Pendant la durée Δt, l'onde parcourt une distance égale au double de la distance d séparant le système émetteur-récepteur de l'écran (aller-retour). La valeur v de la vitesse de propagation des ondes ultrasonores est $v = \frac{2d}{\Delta t}$

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

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, $i_{1\ell}$.

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

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

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

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

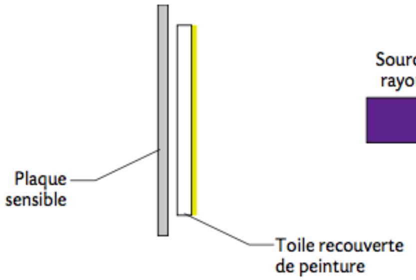
$$D = d_2 - d_1 \approx 11{,}3 - 5{,}25 \approx 6{,}1 \text{ cm environ}$$

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

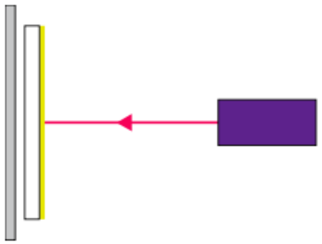
2. On peut obtenir des informations sur les vaisseaux sanguins et sur la circulation sanguine grâce à cet d'examen.

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

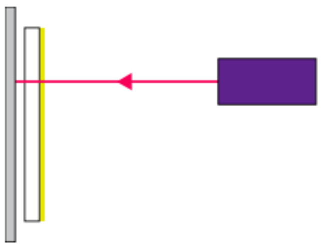
22 **1.**



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.

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.

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 $i_2 = 90°$ et $\sin 90° = 1$, il vient $n_1 \times \sin i_{1\ell} = n_2 \times 1$. Cela conduit à $\sin i_{1\ell} = \frac{n_2}{n_1}$ et $i_{1\ell} = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$

d'où il vient :

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

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 $i_{1\ell} \approx 42°$. Si l'angle d'incidence est supérieur à 42°, la réflexion totale permet à la lumière de ne pas sortir du tube.