

Exercices et corrigés : chapitre 13

1 Exercices

1.1 Vrai ou faux

Indiquer si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses en justifiant vos réponses.

Question 1 : Une onde est une perturbation qui se propage.

Question 2 : Une onde se propage toujours dans un milieu matériel.

Question 3 : Les ondes électromagnétiques sont des ondes lumineuses.

Question 4 : La lumière peut se propager dans du béton.

Question 5 : Une onde sonore peut se propager dans le vide.

1.2 Fibroscopie

Un chirurgien utilise un endoscope au cours d'une opération de l'estomac. L'image est transmise grâce à une fibre optique dont l'indice du "cœur", dans lequel se propage l'onde électromagnétique, vaut $n = 1,56$.

Question 1 : Décrire le principe de fonctionnement d'une fibre optique et préciser comment la lumière est transmise de l'estomac du patient vers l'œil du chirurgien.

Question 2 : Rappeler la définition de l'indice de réfraction d'un milieu. Calculer la vitesse de propagation de la lumière dans la fibre.

Question 3 : Combien de temps faut-il à la lumière pour parvenir au chirurgien si la longueur de la fibre est $L = 2,5 \text{ m}$?

Question 4 : Pourquoi peut-on dire que le chirurgien voit instantanément ce qu'il fait au cours de l'intervention ?

1.3 Orage

Lors d'un orage, la foudre tombe à 5 km d'un promeneur. L'éclair et le tonnerre sont émis simultanément au moment où la foudre tombe.

Question 1 : Au bout de combien de temps le promeneur verra-t-il l'éclair ? Au bout de combien de temps entendra-t-il le tonnerre ?

Question 2 : Justifier la technique qui consiste à compter les secondes entre éclair et tonnerre et à les diviser par 3 pour obtenir la distance (en kilomètres) à laquelle la foudre est tombée.

1.4 Echographie

Un gynécologue veut mesurer la taille de la tête d'un fœtus lors d'une échographie. Il utilise des ondes qui se propagent à la vitesse $v = 800 \text{ m.s}^{-1}$ dans les différentes parties du corps.

Question 1 : Quel type d'onde le gynécologue utilise-t-il ? Peut-il utiliser des ondes lumineuses ?

Question 2 : Rappeler le principe de l'échographie et préciser le sens dans lequel se propagent les ondes entre la sonde et le fœtus.

Question 3 : La sonde émet de brèves impulsions. Dans le cas de l'observation de la tête du fœtus, une impulsion émise donne deux "échos" séparés par une durée $\Delta t = 6,0 \times 10^{-5} \text{ s}$. Pourquoi deux "échos" sont-ils perceptibles ?

Question 4 : Calculer la largeur de la tête du fœtus.

1.5 Concert

Au cours d'un concert non sonorisé dans un grand stade, en écoutant le batteur taper sur une cymbale, Quentin muni d'une paire de jumelles constate un écart entre la perception du son de la cymbale et la vision de l'impact sur celle-ci.

Question 1 : Pourquoi Quentin peut-il voir le batteur frappant la cymbale et entendre le son qu'elle produit ?

Question 2 : Pourquoi Quentin perçoit-il un écart entre la vision de l'impact et la perception du son ? Justifier qu'il voit d'abord le batteur frappant la cymbale avant d'entendre le son produit par celle-ci.

Question 3 : Au bout de combien de temps Jade, placée à 100 m de la scène, voit-elle le batteur frapper la cymbale ? Au bout de combien de temps perçoit-elle le son ?

Question 4 : Montrer que l'on peut en déduire que la perception visuelle est quasiment instantanée comparée à la perception auditive.

Question 5 : Pourquoi l'énoncé a-t-il précisé que le concert devait être non sonorisé ?

1.6 Distance Terre-Lune

En 1969, les astronautes Neil Armstrong et Buzz Aldrin ont déposé sur la Lune un réflecteur de faisceau laser. Une impulsion laser émise depuis la Terre effectue un aller-retour en une durée qui peut être mesurée précisément.

Question 1 : À quel type d'onde correspond un faisceau laser ?

Question 2 : Quel est le milieu entre la Terre et la Lune ? À quelle vitesse la lumière se propage-t-elle dans ce milieu ?

Question 3 : La durée d'un aller-retour du faisceau laser est $\Delta t = 2,704046 \text{ s}$. En utilisant la valeur précise de la vitesse de la lumière $c = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$, calculer la distance Terre-Lune, notée d , le jour de la mesure.

2 Corrigé

2.1 Vrai ou faux

Question 1 : Vrai

Question 2 : Faux

Question 3 : Faux

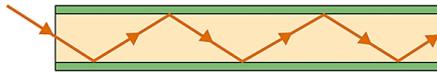
Question 4 : Faux

Question 5 : Faux

2.2 Fibroscopie

Un chirurgien utilise un endoscope au cours d'une opération de l'estomac. L'image est transmise grâce à une fibre optique dont l'indice du "cœur", dans lequel se propage l'onde électromagnétique, vaut $n = 1,56$.

Question 1 : La lumière est transmise par le cœur de la fibre optique.



Question 2 : L'indice de réfraction est le rapport entre la vitesse de propagation de la lumière dans le vide et celle de la lumière dans le milieu.

$$n = \frac{c}{v} \rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3,00 \times 10^8}{1,56} = \boxed{1,92 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}} \quad (1)$$

Question 3 : $v = \frac{d}{t} \rightarrow t = \frac{d}{v} = \frac{2,5}{1,92 \times 10^8} = 1,3 \times 10^{-8} = \boxed{13 \text{ ns}}$

Question 4 : Le chirurgien reçoit la lumière 13 ns après son émission, ce qui est largement inférieur à son temps de réaction. On peut donc considérer qu'il le voit instantanément.

2.3 Orage

Question 1 : Le promeneur verra l'éclair au bout de : $t = \frac{d}{c} = \frac{5 \times 10^3}{3,00 \times 10^8} = 1,7 \times 10^{-5} = \boxed{17 \mu\text{s}}$. Il l'entendra au bout de $t = \frac{d}{c} = \frac{5 \times 10^3}{340} = \boxed{14,7 \text{ s}}$

Question 2 : La lumière est reçue presque instantanément, alors que le tonnerre parcourt 1 km toutes les $t = \frac{d}{v} = \frac{1 \times 10^3}{340} = 2,9 \text{ s}$, soit à peu près 3 s. Compter les secondes entre éclair et tonnerre et les diviser par 3 permet donc d'obtenir la distance (en kilomètres)

2.4 Echographie

Question 1 : Il s'agit d'ondes ultrasonores. Les ondes lumineuses ne peuvent pas traverser la peau et ne sont donc pas utilisables ici.

Question 2 : L'échographie est basée sur la réflexion des ondes ultrasonores. L'émetteur placé dans la sonde émet des ondes

vers le fœtus. Elle sont ensuite réfléchiées et reçues par le récepteur lui-aussi placé dans la sonde.

Question 3 : Les deux échos correspondent à la réflexion sur la partie avant de la tête du fœtus et le deuxième correspond aux réflexions sur l'arrière de la tête.

Question 4 : Soit l la largeur de la tête. Vu que les ondes qui vont jusqu'à l'arrière de la tête parcourent une distance de $2l$ (aller-retour), $v = \frac{2l}{\Delta t} \rightarrow l = \frac{v \Delta t}{2} = \frac{800 \times 6 \times 10^{-5}}{2} = \boxed{2,4 \text{ cm}}$

2.5 Concert

Question 1 : Quentin peut voir le batteur frappant la cymbale et entendre le son qu'elle produit car les ondes sonores et lumineuses se propagent dans l'air.

Question 2 : Quentin perçoit un écart entre la vision de l'impact et la perception du son car le son se propage plus lentement que la lumière dans l'air. ($v_{\text{son}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ et $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$, soit 6 ordre de grandeur d'écart.

Question 3 : La lumière parvient à Jade au bout de : $t_{\text{lumière}} = \frac{d}{c} = \frac{100}{3,00 \times 10^8} = 3,3 \times 10^{-7} \text{ s} = \boxed{330 \text{ ns}}$. Elle perçoit le son au bout de $t_{\text{son}} = \frac{d}{v} = \frac{100}{340} = \boxed{0,3 \text{ s}}$

Question 4 : $\frac{t_{\text{son}}}{t_{\text{lumière}}} = \frac{0,3}{3,3 \times 10^{-7}} \approx 10^6$ Le son met environ 1 million de fois plus de temps à être perçu que la lumière. Le temps de trajet de la lumière dans ce cas est largement inférieur au temps de réaction (environ 1 s), la lumière est donc perçue quasiment instantanément par rapport au son.

Question 5 : L'énoncé a précisé que le concert doit être non sonorisé car la source du son est dans ce cas différente (enceintes au lieu de l'instrument) et la calcul ne serait pas à prendre en compte depuis le musicien.

2.6 Distance Terre-Lune

Question 1 : Un faisceau laser correspond à des ondes électromagnétiques.

Question 2 : Le milieu entre la Terre et la Lune est le vide. La lumière se propage dans ce milieu à $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Question 3 : Le faisceau laser effectue un aller-retour Terre-Lune entre son émission et sa réception. Il parcourt donc une distance $2d$.

$$c = \frac{2d}{\Delta t} \rightarrow d = \frac{c \Delta t}{2} = \frac{299792458 \times 2,704046}{2} \quad (2)$$
$$\rightarrow d = 4,053263 \times 10^8 \text{ m} = \boxed{405326 \text{ km}}$$