SUJET I : Célérité du son dans l'eau

1.

Les ondes ultrasonores sont des ondes mécaniques progressives longitudinales.

2.

La distance parcourue par l'onde entre émission et réception est celle d'un aller-retour, donc vaut deux fois la longueur de l'aquarium : $2L = 55 \times 2 = 110\ cm$.

3.

3.1.

τ est la durée séparant la réception du son par les deux récepteurs.

3.2.

Le son va plus vite dans l'eau que dans l'air, donc le signal reçu en premier (trace n°2) correspond au son ayant voyagé dans l'eau (voie B).

3.3.

La détermination graphique donne $\tau = 0{,}002\ 5\ s$.

4.

4.1.

La relation liant ces trois grandeurs est : $2L = v_{air}\ t_{air}$.

4.2.

De même pour l'eau : $2L = v_{eau}\ t_{eau}$.

4.3.

Comme le son se propage moins vite dans l'air que dans l'eau, $\tau = t_{air} - t_{eau}$.

5.

5.1.

D'après les trois questions précédentes : $\tau = \frac{2L}{v_{air}} - \frac{2L}{v_{eau}} = 2L\left(\frac{1}{v_{air}} - \frac{1}{v_{eau}}\right)$

On en déduit : $\frac{1}{v_{air}} - \frac{1}{v_{eau}} = \frac{\tau}{2L}$ puis $\frac{1}{v_{eau}} = \frac{1}{v_{air}} - \frac{\tau}{2L}$.

L'expression de la célérité du son dans l'eau est ainsi : $v_{eau} = \frac{1}{\frac{1}{v_{air}} - \frac{\tau}{2L}}$

qui peut encore s'écrire : $v_{eau} = \frac{2Lv_{air}}{2L - \tau v_{air}}$.

5.2.

Le calcul donne alors : $v_{eau} = \frac{2\times0{,}55\times340}{2\times0{,}55-0{,}0025\times340} = 1{,}5.10^3\ m.s^{-1}$

6. La valeur attendue est $1{,}6.10^3\ m.s^{-1}$.

6.1.

L'écart relatif est : $\frac{1{,}6.10^3 - 1{,}5.10^3}{1{,}6.10^3} = 0{,}06$ soit un écart de 6%.

6.2.

Les grandeurs L et v_{air} sont données sans leur incertitude absolue, donc celle-ci est considérée comme égale à une demi-unité du dernier chiffre significatif.

Pour $L = 0{,}55\ m,\ \Delta L = 0{,}005\ m$ donc $\frac{\Delta L}{L} = \frac{0{,}005}{0{,}55} = 0{,}01 = 1\%$.

Pour $v_{air} = 340\ m.s^{-1}, \frac{\Delta v_{air}}{v_{air}} = \frac{0{,}5}{340} = 0{,}001 = 0{,}1\%$.

Pour $\tau = 0{,}0025, \frac{\Delta\tau}{\tau} = \frac{0{,}0002}{0{,}0025} = 0{,}08 = 8\%$.

6.3.

L'incertitude relative sur τ est la plus grande des incertitudes relatives des trois paramètres entrant dans l'expression de v_{eau}.

C'est donc l'évaluation de τ qui est la source principale d'incertitude, en particulier dans le repérage des débuts de chaque slave.

Un moyen de diminuer cette incertitude consiste à refaire plusieurs fois cette mesure pour obtenir une valeur moyenne de τ. L'incertitude associée sera plus faible.

SUJET II – Relief du fond marin avec sondeur

I. Etude de l'onde ultrasonore dans l'eau de mer

1.

Une onde mécanique progressive est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel. Elle s'accompagne d'un transport d'énergie sans transport de matière.

2.

La lumière, contrairement aux ondes mécaniques, peut se propager dans le vide.
La lumière nous provenant du Soleil est un exemple de cette propagation.

II. Célérité des ondes ultrasonores dans l'eau

1.

Le son se propage plus vite dans l'eau que dans l'air donc le déclenchement doit se faire sur la voie recevant le signal en premier : la voie B.

2.

Le retard entre les réceptions est $\tau = t_{air} - t_{mer}$.

3.

La durée de propagation dans l'air est $t_{air} = \frac{d}{v_{air}}$

La durée de propagation dans la mer est $t_{mer} = \frac{d}{v_{mer}}$

4.

Donc $\tau = \frac{d}{v_{air}} - \frac{d}{v_{mer}} = d\left(\frac{1}{v_{air}} - \frac{1}{v_{mer}}\right)$

5.

L'expression précédente montre bien la proportionnalité entre τ et d ce qui correspond à la fonction linéaire modélisant les mesures effectuées.

6.

La droite passe par les points de coordonnées (0 ; 0) et (1,1 ; 2,5) ce qui donne pour coefficient directeur $a = \frac{2{,}5.10^{-3}}{1{,}1} = 2{,}3.10^{-3}\ s.m^{-1}$.

Ce coefficient directeur s'écrit aussi $a = \left(\frac{1}{v_{air}} - \frac{1}{v_{mer}}\right)$ donc $v_{mer} = \left(\frac{1}{v_{air}} - a\right)^{-1} = 1{,}6.10^3$.

III. Détermination du relief des fonds marins

1.

1.1.

La réception de l'écho se fait après l'émission donc la voie 1 correspond au signal émis et la voie 2 au signal reçu après écho.

1.2.

Le retard est $\tau = 25\ ms$.

1.3.

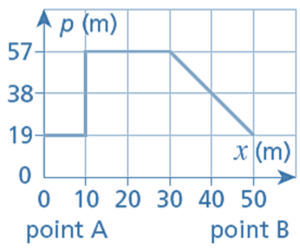
Un carreau correspond donc à 25 ms.

2.

Le signal faisant un aller-retour entre l'émission et la réception, la relation est $p = v_{mer} \times \frac{\tau}{2}$

3.

Pour $\tau = 25\ ms$, on a donc : $p = 1{,}5.10^3 \times \frac{25.10^{-3}}{2} = 19\ m$.



4.

Pour $p = 360\ m, \tau = \frac{2p}{v_{mer}} = \frac{360 \times 2}{1{,}5.10^3} = 0{,}48\ s$.

Une période supérieure à $0{,}48\ s$ ($0{,}50\ s$ par exemple) semble donc adapté pour éviter le chevauchement.

SUJET III – Guitare classique ou folk ?

1.

Ces deux sons sont complexes car les deux signaux enregistrés sont périodiques mais non sinusoïdaux. Il y a plusieurs pics de fréquence sur chaque spectre, conséquence d'un son complexe.
Un son pur ne laisserait apparaître qu'un pic unique.

2.

A partir des signaux temporels, la mesure donne pour les deux guitares : $7T = 3{,}5.10^{-2}\ s$ soit : $T = 5{,}0.10^{-3} s$.
La fréquence correspondante est : $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5{,}0.10^{-3}} = 2{,}0.10^{2}\ Hz$.

3.

Pour chaque son, la fréquence correspondante sur le spectre est celle du premier pic.
Elle est appelée *fréquence fondamentale.*

4.

Les deux sons possèdent donc la même fréquence. Leur caractéristique physiologique commune est leur hauteur. Ceci est cohérent avec le fait que les deux guitares jouent la même note, définie par sa hauteur.

5.

Les deux signaux temporels n'ont pas la même forme. Ils n'ont donc pas le même timbre. L'énoncé nous renseigne sur cette différence :
« une même note jouée par chaque instrument seul est ressentie différemment par un être humain ».

6.

Sur chaque spectre en fréquences, le nombre de pics et l'amplitude relative de chaque pic ne sont pas les mêmes pour les deux sons.

7.

Le son le plus riche en harmoniques est celui issu de la guitare folk car son spectre possède davantage de pics de fréquences. L'énoncé nous dit :
« un son métallique est plus riche en harmoniques qu'un son obtenu avec une corde en nylon ».
Or, toute les cordes de la guitare folk sont en métal.

8.

Par définition, les niveaux sonores s'écrivent :

$$L_1 = 10.log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) \text{ et } L_2 = 10.log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) \text{ avec } I_0 = 10^{-12}\ W.m^{-2}$$

Les intensités sonores correspondantes sont donc :
$I_1 = I_0 \times 10^{(L_1/10)} = 10^{-12} \times 10^{5{,}9} = 7{,}9.10^{-7}\ W.m^{-2}$
$I_2 = I_0 \times 10^{(L_2/10)} = 10^{-12} \times 10^{5{,}2} = 1{,}6.10^{-7}\ W.m^{-2}$

9.

L'intensité sonore totale serait dans ce cas :
$I = I_1 + I_2 = 9{,}5.10^{-7}\ W.m^{-2}$
Le niveau sonore correspondant serait donc :
$L = 10.log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10.log\left(\frac{9{,}5.10^{-7}}{10^{-12}}\right) = 60\ dB$

SUJET IV – Célérité d'une onde sonore

1. Mesures de la célérité des ondes sonores

1.1.

La lecture de quatre période donne $4T = 9{,}2\ ms$.

Donc, la période vaut $T = \frac{9{,}2}{4} = 2{,}3\ ms$.

La fréquence f associée vaut :

$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2{,}3.10^{-3}} = 4{,}3.10^2\ Hz$

(c'est certainement en réalité un la_3 de $440\ Hz$).

1.2.

La longueur d'onde λ d'une onde progressive périodique est la distance minimale séparant deux points du milieu qui vibrent en phase. La distance D est égale à cinq longueurs d'onde.

Donc : $\lambda = \frac{D}{5} = \frac{3{,}86}{5} = 0{,}77\ m$.

1.3.

En comptant plusieurs positions pour lesquelles les courbes sont en phase, les incertitudes sont plus petites.

1.4.

La célérité v de l'onde vaut :

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0{,}77}{2{,}3.10^{-3}} = 3{,}3.10^2\ m.s^{-1}.$$

1.5.

La célérité est identique à celle de la question précédente, aux erreurs expérimentales près. Elle ne dépend donc pas de la fréquence de l'onde sonore. L'air n'est pas un milieu dispersif pour les ondes sonores.

2. Timbre et hauteur d'un son

2.1.

Le signal temporel associe au diapason est sinusoïdal donc il produit un son pur.

2.2.

Le spectre en fréquence ne fait apparaitre qu'un seul pic (fréquence fondamentale).

2.3.

La fréquence fondamentale est la même pour les deux instruments : la hauteur n'est pas modifiée. Seul le timbre diffère entre les deux sons.

2.4.

Le timbre n'a pas d'influence sur la célérité du son dans l'air (l'air n'étant pas un milieu dispersif).

SUJET V – La lumière : une onde

I – Diffraction de la lumière :

1 – Expérience de Fresnel

1.

La lumière blanche du Soleil est polychromatique, constitué d'une infinité de radiations de longueurs d'onde différentes.

2.

Le diamètre du fil a une importance pour observer la diffraction : plus il est faible et plus le phénomène de diffraction est prononcé, c'est-à-dire plus la demi-ouverture angulaire de la figure de diffraction est grande.

Le diamètre du fil doit être proche de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde pour que la diffraction soit à prendre en compte.

2 – Mesure de longueur d'onde par diffraction

1.

D'après le montage donné, $\tan\theta = \frac{L/2}{D}$.Avec l'approximation proposée $\tan\theta \approx \theta$, cela donne $\theta = \frac{L}{2D}$.

2.

La relation est $\theta = \frac{\lambda}{a}$, avec θ en radian et λ en mètre et a en mètre.

3.

La courbe $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ est une droite passant par l'origine.

D'après la relation précédente, θ et $\frac{1}{a}$ sont proportionnels : le tracé est donc bien en accord avec la relation obtenue en **I – 2 – b)**.

4.

Le coefficient directeur de la droite $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ est égal à la longueur d'onde λ.

5.

Le coefficient directeur de la droite se calcule en utilisant un point de la droite, de coordonnées $\frac{1}{a} = 5{,}0.10^4$ et $\theta = 2{,}8.10^{-2}\ rad$.

Cela donne un coefficient directeur :
$\lambda = 2{,}8.10^{-2} \times \frac{1}{5{,}0.10^4} = 5{,}6.10^{-7}\ m$

La longueur d'onde de la lumière est donc $\lambda = 560\ nm$.

6.

La figure de diffraction est identique en remplaçant un fil par une fente dont la largeur est égale à l'épaisseur du fil.

II – Mesure de longueur d'onde par interférences :

1.

La lumière est diffractée par les fentes : elle ressort de celles-ci dans de multiples directions, ce qui lui permet d'arriver en différents points de l'écran. Seule la partie de l'écran située dans la tache centrale de diffraction reçoit de la lumière de façon significative, donc, contient des franges.

2.

Les interférences sont constructives si la différence de marche est un multiple de la longueur d'onde : $\delta = k\lambda$ avec k entier. Elles sont destructives si la relation entre la différence de marche et la longueur d'onde est de la forme : $\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$

Selon la valeur de y, les deux ondes lumineuses ne parcourent pas le même chemin, donc arrivent en un point de l'écran avec une différence de marche variable, donc l'interférence est parfois constructive, parfois destructive, parfois intermédiaire. En $y = 0$, les deux ondes parcourent exactement le même chemin, donc leur différence de marche est nulle : l'interférence est constructive, donc, un maximum de lumière est observé au centre de l'écran.

3.

La largeur de six interfrange est $6i = 25\ mm$, ce qui donne $i = 4{,}2\ mm$. La longueur d'onde est donc :
$\lambda = \frac{ai}{D} = \frac{4{,}0.10^{-4} \times 4{,}2.10^{-3}}{3{,}0} = 5{,}6.10^{-7}\ m = 560\ nm.$

En mesurant six frange au lieu d'une permet d' obtenir une meilleur précision.