BURHAN

Ondes mécaniques progressives périodiques : exercices, entraînement

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Version en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/ondes-mecaniques-progressives-periodiques/exercices/entrainement

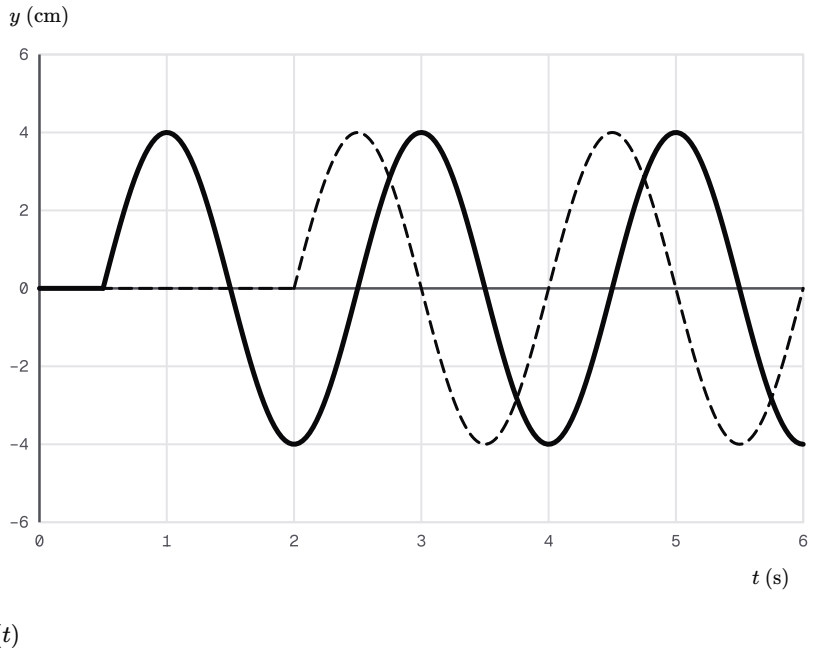
Chapitre	Palier	Exercices
Ondes mécaniques progressives périodiques	Entraînement	7

Exercice 1

Élongations de deux points de l'amarre d'un voilier

Un voilier amarré est secoué par le clapot ; il agite régulièrement son amarre, une longue corde tendue jusqu'au quai. Deux rubans A et B sont noués sur l'amarre, à la distance $AB = 9{,}0\,\text{m}$.

Document. Une vidéo analysée image par image donne les élongations $y_A(t)$ et $y_B(t)$ des deux rubans.



Élongations des rubans A et B de l'amarre

1.

Déterminer la période T de l'onde, en exploitant deux périodes de la courbe $y_A(t)$.

INDICE

Outil : repère deux dates où le ruban A repasse par zéro en montant, séparées de deux motifs complets.

CORRIGÉ

Lecture. Le ruban A quitte le repos à $0{,}50\,\text{s}$ en montant, et repasse par zéro en montant à $4{,}5\,\text{s}$, deux périodes plus tard : $2\,T \approx 4{,}0\,\text{s}$.

Conclusion. La période de l'onde vaut $T \approx 2{,}0\,\text{s}$.

2.

Quel ruban est atteint le premier par l'onde ? Déterminer le retard τ du second ruban sur le premier.

INDICE

Outil : compare les dates auxquelles chaque courbe cesse d'être nulle.

CORRIGÉ

Ordre. La courbe $y_A(t)$ démarre à $0{,}50\,\mathrm{s}$, la courbe $y_B(t)$ à $2{,}0\,\mathrm{s}$: l'onde atteint A en premier, puis B.

Retard. $\tau \approx 2{,}0\,\mathrm{s} - 0{,}50\,\mathrm{s} = 1{,}5\,\mathrm{s}$.

Conclusion. Le ruban A est atteint le premier ; B reproduit son mouvement avec un retard $\tau \approx 1{,}5\,\mathrm{s}$.

3.

Calculer la célérité v de l'onde le long de l'amarre.

INDICE

Outil : la relation entre retard, distance et célérité.

CORRIGÉ

Relation. L'onde parcourt AB pendant la durée τ :

$$\begin{aligned} v &= \frac{AB}{\tau} \\ v &= \frac{9{,}0\,\mathrm{m}}{1{,}5\,\mathrm{s}} \\ v &= 6{,}0\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \end{aligned}$$

Conclusion. L'onde se propage le long de l'amarre à $6{,}0\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

4.

Calculer la longueur d'onde λ.

INDICE

Outil : la relation entre longueur d'onde, célérité et période.

CORRIGÉ

Calcul.

$$\begin{aligned} \lambda &= v\,T \\ \lambda &= 6{,}0\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \\ &\quad \times 2{,}0\,\mathrm{s} \\ \lambda &= 12\,\mathrm{m} \end{aligned}$$

Conclusion. La longueur d'onde vaut $12\,\mathrm{m}$.

5.

Les rubans A et B vibrent-ils en phase ? Donner la distance minimale à A d'un point de l'amarre qui vibre en opposition de phase avec A.

INDICE

Début : calcule le rapport $\dfrac{AB}{\lambda}$. **Ensuite :** quelle est la plus petite distance qui donne une opposition de phase ?

CORRIGÉ

Rapport. $\dfrac{AB}{\lambda} = \dfrac{9{,}0\,\text{m}}{12\,\text{m}} = 0{,}75$: ni un entier, ni un entier plus un demi. Les rubans ne sont dans aucun des deux états particuliers.

Opposition de phase. La plus petite distance qui convient est $\dfrac{\lambda}{2} = 6{,}0\,\text{m}$.

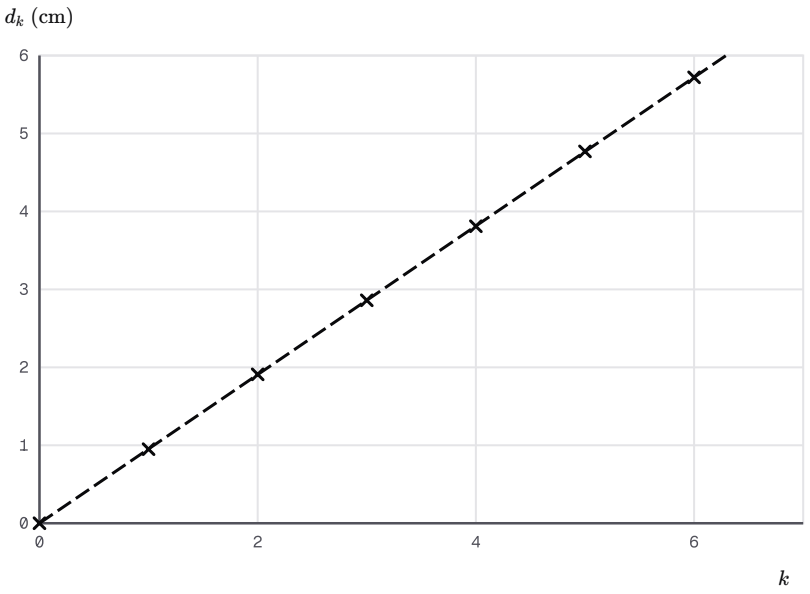
Conclusion. Les rubans ne vibrent pas en phase ; le point le plus proche de A en opposition de phase avec lui est à $6{,}0\,\text{m}$ de A.

Exercice 2

Longueur d'onde de l'émetteur d'un capteur de recul

Le capteur de recul d'une voiture contient un émetteur d'ultrasons de fréquence $N = 36{,}0\,\text{kHz}$. Au laboratoire, on dispose de cet émetteur, de deux récepteurs, d'un oscilloscope à deux voies et d'une règle graduée. On cherche à mesurer la longueur d'onde λ des ultrasons.

Document. Relevés d'un élève, exploités à partir de la question 2 : distances d_k en fonction d'un rang k, et droite de modélisation passant par l'origine, de pente $p \approx 0{,}953\,\text{cm}$.



Relevés de l'élève : distance d en fonction du rang k

1.

Proposer un protocole qui permet de mesurer λ avec ce matériel : montage, réglages, et ce que l'on observe à chaque relevé.

INDICE

Outil : pense à ce qui doit rester fixe, à ce que l'on déplace, et au critère lu sur l'écran.

CORRIGÉ

Montage. L'émetteur, alimenté à $36{,}0\,\text{kHz}$, est fixe. Les deux récepteurs sont posés sur la règle graduée, alignés avec l'émetteur ; l'un est relié à la voie 1, l'autre à la voie 2.

Départ. On place les récepteurs côte à côte, puis on déplace le second jusqu'à voir les deux sinusoïdes en phase.

Relevés. On éloigne lentement le second récepteur le long de la règle. À chaque nouvelle coïncidence des deux courbes, on relève son déplacement d_k depuis le départ : $k = 1, 2, \ldots$

Conclusion. On mesure λ en déplaçant un seul récepteur sur la direction de propagation et en notant les positions successives où les deux signaux sont en phase.

2.

L'élève a suivi ce protocole : d_k est le déplacement du second récepteur quand les signaux redeviennent en phase pour la k-ième fois. Justifier que les points du document sont alignés sur une droite qui passe par l'origine.

INDICE

Outil : entre deux coïncidences successives, de combien le second récepteur a-t-il été déplacé ?

CORRIGÉ

Entre deux coïncidences. Deux points qui vibrent en phase sont distants d'un nombre entier de longueurs d'onde. Entre deux coïncidences successives, le récepteur avance donc d'une longueur d'onde.

Relation. Après k coïncidences, $d_k = k\,\lambda$: d_k est proportionnelle à k.

Conclusion. Les points sont alignés sur une droite passant par l'origine, de pente λ.

3.

En déduire la longueur d'onde λ des ultrasons.

INDICE

Outil : la pente de la droite $d_k = k\,\lambda$.

CORRIGÉ

Pente. La pente de la droite de modélisation vaut $p \approx 0{,}953\,\text{cm}$, et $d_k = k\,\lambda$.

Conclusion. La longueur d'onde vaut $\lambda \approx 0{,}953\,\text{cm}$, soit $9{,}53\,\text{mm}$.

4.

Calculer la célérité v des ultrasons dans l'air du laboratoire.

INDICE

Outil : la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence, en unités du système international.

CORRIGÉ

Conversions. $\lambda = 9{,}53 \times 10^{-3}\,\text{m}$ et $N = 3{,}60 \times 10^{4}\,\text{Hz}$.

Célérité.

$$\begin{aligned} v &= \lambda\,N \\ v &= 9{,}53 \times 10^{-3}\,\text{m} \\ &\quad \times 3{,}60 \times 10^{4}\,\text{Hz} \\ v &\approx 343\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \end{aligned}$$

Conclusion. Les ultrasons se propagent dans l'air du laboratoire à environ $343\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

5.

Pourquoi exploiter six coïncidences plutôt qu'une seule ?

INDICE

Outil : compare l'erreur de lecture d'une position à la distance mesurée.

CORRIGÉ

Erreur de lecture. Une position se lit sur la règle à environ $0{,}05\ \text{cm}$ près. Sur une seule longueur d'onde, cette erreur pèse environ $5\ \%$; sur six longueurs d'onde, environ $1\ \%$.

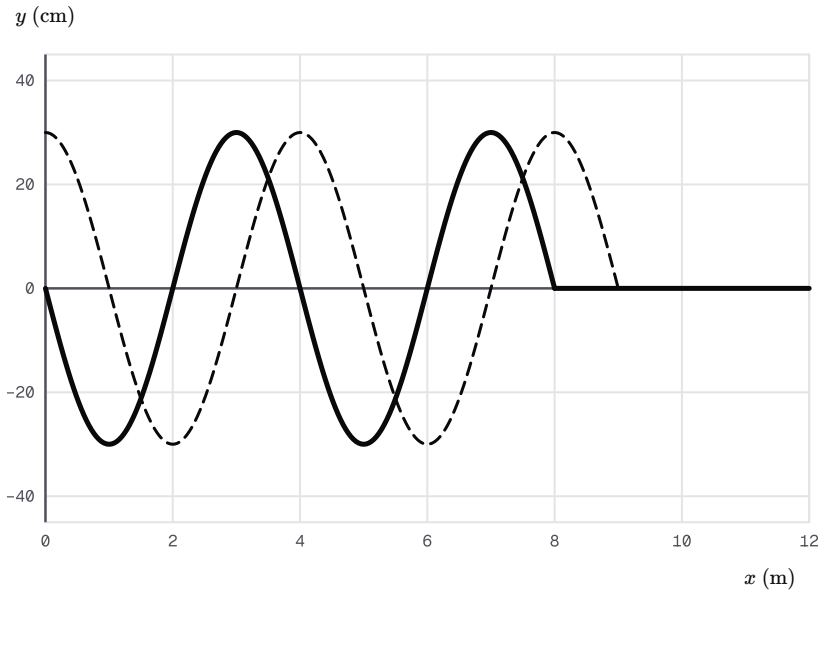
Conclusion. Mesurer sur plusieurs coïncidences, puis modéliser par une droite, réduit l'incertitude relative sur λ.

Exercice 3

Corde d'entraînement : aspect à deux instants

Dans une salle de sport, un sportif agite de façon régulière une extrémité d'une longue corde horizontale ; l'autre bout est attaché à un mur. Une onde sinusoïdale transversale se propage.

Document. Aspect de la corde aux instants t_1 (trait plein) et $t_2 = t_1 + 0{,}10\,\mathrm{s}$ (pointillés).



Aspect de la corde d'entraînement à deux instants voisins

1.

Dans quel sens l'onde se propage-t-elle ? Justifier à l'aide du front.

INDICE

Outil : repère, sur chaque courbe, l'abscisse au-delà de laquelle la corde est encore au repos.

CORRIGÉ

Front. À t_1, la corde est au repos au-delà de $x \approx 8\,\mathrm{m}$; à t_2, au-delà de $x \approx 9\,\mathrm{m}$.

Conclusion. Le front avance vers les x croissants : l'onde se propage de l'extrémité agitée, en $x = 0$, vers le mur.

2.

Calculer la célérité v de l'onde.

INDICE

Outil : le front a avancé de Δx pendant $\Delta t = t_2 - t_1$.

CORRIGÉ

Déplacement du front. $\Delta x \approx 9\,\mathrm{m} - 8\,\mathrm{m} = 1{,}0\,\mathrm{m}$ pendant $\Delta t = 0{,}10\,\mathrm{s}$.

Célérité.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$
$$v = \frac{1{,}0\,\mathrm{m}}{0{,}10\,\mathrm{s}}$$
$$v = 10\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$$

Conclusion. L'onde avance le long de la corde à environ $10\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$.

3.

Déterminer la longueur d'onde λ, puis la période T et la fréquence N du mouvement du sportif.

INDICE

Début : lis λ sur la courbe de l'instant t_1, sur plusieurs motifs. **Ensuite :** emploie la relation entre longueur d'onde, célérité et période.

CORRIGÉ

Longueur d'onde. À t_1, deux motifs complets occupent les $8\,\mathrm{m}$ entre l'extrémité agitée et le front : $2\,\lambda \approx 8{,}0\,\mathrm{m}$, donc $\lambda \approx 4{,}0\,\mathrm{m}$.

Période. $T = \dfrac{\lambda}{v} = \dfrac{4{,}0\,\mathrm{m}}{10\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}} = 0{,}40\,\mathrm{s}$.

Fréquence. $N = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{0{,}40\,\mathrm{s}} = 2{,}5\,\mathrm{Hz}$.

Conclusion. La longueur d'onde vaut environ $4{,}0\,\mathrm{m}$; le sportif agite la corde avec une période de $0{,}40\,\mathrm{s}$, soit $2{,}5\,\mathrm{Hz}$.

4.

Les points P et Q de la corde, d'abscisses $x_P = 1{,}0\,\mathrm{m}$ et $x_Q = 7{,}0\,\mathrm{m}$, sont atteints par l'onde à l'instant t_1. Comparer leurs états vibratoires, puis vérifier sur la courbe de l'instant t_1.

INDICE

Outil : le rapport $\dfrac{PQ}{\lambda}$.

CORRIGÉ

Rapport. $PQ = 7{,}0\,\mathrm{m} - 1{,}0\,\mathrm{m} = 6{,}0\,\mathrm{m}$, et $\dfrac{PQ}{\lambda} = \dfrac{6{,}0\,\mathrm{m}}{4{,}0\,\mathrm{m}} = 1{,}5$, un entier plus un demi.

Vérification. À t_1, la corde est au plus bas en $x = 1{,}0\,\mathrm{m}$ et au plus haut en $x = 7{,}0\,\mathrm{m}$: les élongations sont opposées.

Conclusion. Les points P et Q vibrent en opposition de phase.

5.

Le sportif double la fréquence de ses gestes ; la célérité ne change pas. Quelle est la nouvelle longueur d'onde ?

INDICE

Outil : la célérité dépend de la corde, la fréquence de la source.

CORRIGÉ

Nouvelle fréquence. $N' = 2 \times 2{,}5\,\mathrm{Hz} = 5{,}0\,\mathrm{Hz}$.

Longueur d'onde.

$$\lambda' = \frac{v}{N'}$$
$$\lambda' = \frac{10\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}}{5{,}0\,\mathrm{Hz}}$$
$$\lambda' = 2{,}0\,\mathrm{m}$$

Conclusion. La longueur d'onde est divisée par deux : elle vaut $2{,}0\,\mathrm{m}$.

Exercice 4

Stroboscopie des rides d'une cuve à ondes

Dans une cuve à ondes, une réglette entraînée par un moteur frappe la surface de l'eau à intervalles réguliers et produit des rides rectilignes. On éclaire la cuve avec un stroboscope de fréquence N_e, en partant d'une valeur élevée.

Document. Observations.

N_e	**Observation**
$72\,\text{Hz}$	rides immobiles, deux fois plus serrées
$36\,\text{Hz}$	rides immobiles, aspect unique
$35\,\text{Hz}$	rides qui avancent lentement
$18\,\text{Hz}$	rides immobiles, aspect unique
$12\,\text{Hz}$	rides immobiles, aspect unique

1.

Quelle est la fréquence N de l'onde ? Justifier.

INDICE

Outil : pour chaque valeur de N_e qui immobilise l'eau, combien d'oscillations un point fait-il entre deux éclairs ?

CORRIGÉ

Choix. Les fréquences 36, 18 et $12\,\text{Hz}$ donnent un aspect unique immobile ; seule la plus grande est égale à la fréquence de l'onde.

Conclusion. La fréquence de l'onde vaut $N = 36\,\text{Hz}$.

2.

Expliquer pourquoi l'eau paraît aussi immobile pour $N_e = 18\,\text{Hz}$ et $N_e = 12\,\text{Hz}$.

INDICE

Outil : combien de périodes de l'onde séparent deux éclairs ?

CORRIGÉ

Durées. $T = \dfrac{1}{36}\,\text{s}$. Deux éclairs sont séparés de $\dfrac{1}{18}\,\text{s} = 2\,T$, ou de $\dfrac{1}{12}\,\text{s} = 3\,T$.

Conclusion. Entre deux éclairs, chaque point fait deux ou trois oscillations complètes : il est éclairé dans la même position, et l'eau paraît immobile.

3.

Expliquer l'aspect observé pour $N_e = 72\,\mathrm{Hz}$.

INDICE

Outil : pendant une demi-période, de combien les rides avancent-elles ?

CORRIGÉ

Demi-période. Deux éclairs sont séparés de $\dfrac{T}{2}$: pendant cette durée, chaque ride avance de $\dfrac{\lambda}{2}$.

Deux aspects. Les éclairs montrent tour à tour deux aspects décalés d'une demi-longueur d'onde, qui se superposent à l'œil.

Conclusion. À $72\,\mathrm{Hz}$, on croit voir des rides immobiles deux fois plus serrées, alors que la longueur d'onde n'a pas changé.

4.

Expliquer l'observation faite pour $N_e = 35\,\mathrm{Hz}$.

INDICE

Outil : compare la durée entre deux éclairs à la période T.

CORRIGÉ

Entre deux éclairs. La durée $\dfrac{1}{35}\,\mathrm{s}$ dépasse un peu T : chaque ride avance d'un peu plus d'une longueur d'onde.

Conclusion. Les rides semblent avancer lentement, dans le sens réel de propagation : c'est un mouvement ralenti apparent.

5.

Sous éclairage à $36\,\mathrm{Hz}$, une photographie de la cuve à l'échelle 1 montre sept rides consécutives sur $4{,}5\,\mathrm{cm}$. Calculer la longueur d'onde, puis la célérité de l'onde.

INDICE

Point délicat : combien d'intervalles séparent sept rides consécutives ?

CORRIGÉ

Longueur d'onde. Sept rides délimitent six intervalles : $6\,\lambda = 4{,}5\,\mathrm{cm}$, donc $\lambda = 0{,}75\,\mathrm{cm}$.

Célérité. Avec $\lambda = 7{,}5\times10^{-3}\,\mathrm{m}$:

$$\begin{aligned} v &= \lambda\,N \\ v &= 7{,}5\times10^{-3}\,\mathrm{m} \\ &\quad\times 36\,\mathrm{Hz} \\ v &\approx 0{,}27\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \end{aligned}$$

Conclusion. La longueur d'onde vaut $0{,}75\,\mathrm{cm}$ et les rides avancent à environ $0{,}27\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

Exercice 5

Diffraction des ultrasons par une fente

On étudie des ultrasons de fréquence $N = 28{,}0\,\text{kHz}$, qui se propagent dans l'air à $v = 340\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Ils traversent une fente verticale de largeur $a = 2{,}0\,\text{cm}$, percée dans une plaque.

On relève l'amplitude U du signal reçu derrière la fente pour plusieurs directions, repérées par l'angle θ avec l'axe émetteur-fente.

Sans plaque, l'émetteur, muni d'un cornet directif, ne donne presque aucun signal au-delà de 10 degrés de son axe.

Document. Relevés.

θ (degrés)	U (mV)
0	240
10	209
20	133
30	49
35	14
40	13
50	44
60	52
70	49
80	44

1.

Faire le schéma annoté d'un montage qui permet d'obtenir ces relevés, puis indiquer le rôle de chaque élément et ses branchements.

INDICE

Outil : il faut produire les ultrasons, les faire passer par la fente, puis mesurer l'amplitude reçue dans chaque direction, dans les mêmes conditions.

CORRIGÉ

Schéma, vu de dessus. De gauche à droite : un générateur de signaux sinusoïdaux, l'émetteur sur l'axe, la plaque à fente perpendiculaire à cet axe, puis un arc de cercle centré sur la fente, sur lequel se place le récepteur. L'angle θ est marqué entre l'axe et la droite fente-récepteur.

Émission. Le générateur, réglé à $28{,}0\,\mathrm{kHz}$, alimente l'émetteur.

Réception. Le récepteur reste à distance fixe de la fente, par exemple sur un bras qui pivote autour d'elle. Il est relié à un oscilloscope, sur lequel on lit l'amplitude U.

Conclusion. Le schéma montre générateur, émetteur, plaque à fente, récepteur mobile à distance fixe et oscilloscope ; on relève U pour chaque angle θ.

2.

Calculer la longueur d'onde λ et la comparer, en ordre de grandeur, à la largeur de la fente. Une diffraction est-elle attendue ?

INDICE

Outil : la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence, puis la condition d'obtention de la diffraction.

CORRIGÉ

Longueur d'onde.

$$\lambda = \frac{v}{N}$$
$$\lambda = \frac{340\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}}{2{,}80\times10^{4}\,\mathrm{Hz}}$$
$$\lambda = 1{,}21\times10^{-2}\,\mathrm{m}$$

Comparaison. $\lambda = 1{,}21\,\mathrm{cm}$ et $a = 2{,}0\,\mathrm{cm}$: la fente vaut moins de deux longueurs d'onde, du même ordre de grandeur.

Conclusion. La comparaison de a et λ se fait en ordre de grandeur : la fente, proche de la longueur d'onde, doit nettement diffracter les ultrasons.

3.

Montrer, à partir des relevés, que les ultrasons sont diffractés par la fente.

INDICE

Outil : compare les directions où l'on reçoit un signal avec et sans la plaque.

CORRIGÉ

Relevés. Derrière la fente, le signal reste notable loin de l'axe : $U \approx 49\,\mathrm{mV}$ à 30 degrés, et plus de $40\,\mathrm{mV}$ entre 50 et 80 degrés.

Comparaison. Sans plaque, presque rien n'est reçu au-delà de 10 degrés.

Conclusion. Après la fente, les ultrasons se propagent dans des directions qu'ils n'avaient pas avant : ils sont diffractés.

4.

Décrire l'évolution de l'amplitude avec l'angle, en donnant l'angle et l'amplitude du maximum principal, puis la direction d'un minimum et de maxima moins intenses.

INDICE

Outil : repère dans le tableau la plus grande valeur, la plus petite, puis une remontée.

CORRIGÉ

Maximum principal. Il est dans l'axe, pour un angle nul, avec $U \approx 240\,\mathrm{mV}$.

Minimum. L'amplitude décroît jusqu'à environ $13\,\mathrm{mV}$ vers 40 degrés.

Remontée. Elle augmente ensuite jusqu'à environ $52\,\mathrm{mV}$ vers 60 degrés, bien moins que dans l'axe.

Conclusion. Le signal est maximal dans l'axe, minimal entre 35 et 40 degrés environ, puis présente des maxima plus faibles sur les côtés.

5.

On remplace la fente par une fente de largeur $1{,}0\,\mathrm{cm}$. Prévoir, sans calcul, l'effet sur la figure de diffraction et sur la fréquence du signal reçu.

INDICE

Outil : relie la largeur de l'ouverture à l'étalement de l'onde ; puis demande-toi qui impose la fréquence.

CORRIGÉ

Étalement. Une fente plus étroite que λ diffracte davantage : l'onde s'étale plus derrière la fente, le maximum principal s'élargit, avec un signal plus faible.

Fréquence. L'onde diffractée garde la fréquence de l'émetteur.

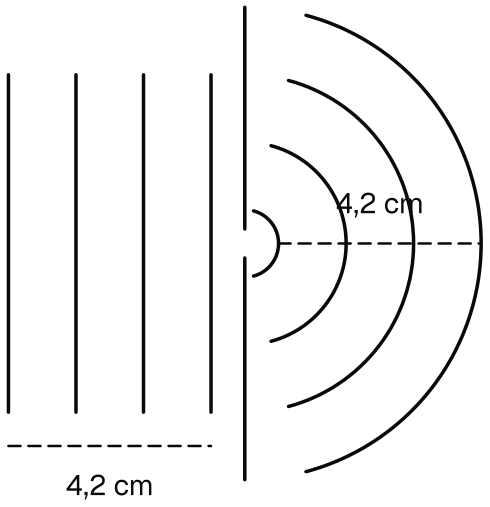
Conclusion. La diffraction est plus marquée avec la fente de $1{,}0\,\mathrm{cm}$, et le signal reçu a toujours une fréquence de $28{,}0\,\mathrm{kHz}$.

Exercice 6

Rides diffractées par une porte d'écluse entrouverte

Dans un laboratoire d'hydraulique, une maquette de canal reproduit une porte d'écluse entrouverte. Un batteur plan produit des rides rectilignes de fréquence $N = 17\,\mathrm{Hz}$. Elles arrivent sur la porte, qui ne laisse qu'un passage de largeur $a = 0{,}60\,\mathrm{cm}$.

Document. Vue de dessus de la maquette, éclairée par un stroboscope réglé pour l'immobilité apparente. Les longueurs affichées sont les longueurs réelles.



Rides incidentes et rides diffractées par le passage de la porte

1.

Déterminer la longueur d'onde λ des rides incidentes.

INDICE

Outil : le trait pointillé sous les rides incidentes couvre plusieurs intervalles ; compte-les.

CORRIGÉ

Lecture. Le trait pointillé va de la première à la quatrième ride incidente : il couvre trois intervalles, et sa longueur affichée vaut $4{,}2\,\mathrm{cm}$.

Calcul. $3\,\lambda = 4{,}2\,\mathrm{cm}$, donc $\lambda = 1{,}4\,\mathrm{cm}$.

Conclusion. Les rides incidentes ont une longueur d'onde de $1{,}4\,\mathrm{cm}$.

2.

Calculer la célérité v des rides.

INDICE

Outil : la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence, en unités du système international.

CORRIGÉ

Calcul. Avec $\lambda = 1{,}4 \times 10^{-2}\,\mathrm{m}$:

$$\begin{aligned} v &= \lambda\, N \\ v &= 1{,}4 \times 10^{-2}\,\mathrm{m} \\ &\quad \times 17\,\mathrm{Hz} \\ v &\approx 0{,}24\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \end{aligned}$$

Conclusion. Les rides avancent à environ $0{,}24\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

3.

Justifier que le passage de la porte diffracte nettement l'onde.

INDICE

Outil : la condition d'obtention de la diffraction.

CORRIGÉ

Comparaison. $a = 0{,}60\,\mathrm{cm}$ est inférieure à $\lambda = 1{,}4\,\mathrm{cm}$.

Conclusion. La condition $a \leq \lambda$ est remplie : la diffraction est nette, et les rides deviennent circulaires derrière la porte.

4.

Montrer, à l'aide du document, que l'onde diffractée a la même longueur d'onde que l'onde incidente. Que peut-on dire de sa fréquence et de sa célérité ?

INDICE

Outil : le second trait pointillé, le long des arcs. **Ensuite :** le milieu est le même des deux côtés de la porte.

CORRIGÉ

Lecture. Le second trait pointillé couvre trois intervalles entre arcs ; sa longueur affichée vaut aussi $4{,}2\,\mathrm{cm}$, donc l'écart entre arcs vaut $1{,}4\,\mathrm{cm}$.

Fréquence et célérité. La fréquence est imposée par le batteur ; l'eau est la même derrière la porte, donc la célérité aussi.

Conclusion. L'onde diffractée a la même longueur d'onde, $1{,}4\,\mathrm{cm}$, la même fréquence, $17\,\mathrm{Hz}$, et la même célérité que l'onde incidente.

5.

On ouvre la porte jusqu'à un passage $a' = 7{,}0\,\text{cm}$. Prévoir l'aspect des rides derrière la porte.

INDICE

Outil : compare la nouvelle largeur à la longueur d'onde.

CORRIGÉ

Comparaison. $a' = 7{,}0\,\text{cm}$ vaut cinq fois λ : l'ouverture est grande devant la longueur d'onde.

Conclusion. La diffraction devient faible : derrière la porte, les rides restent presque rectilignes, seulement courbées sur leurs bords.

6.

Plus loin dans le canal, un piquet de diamètre $0{,}30\,\text{cm}$ se dresse sur le trajet des rides. Les rides se propagent-elles derrière le piquet ? Justifier.

INDICE

Outil : la condition de diffraction s'applique aussi à un obstacle ; compare son diamètre à la longueur d'onde.

CORRIGÉ

Comparaison. Le diamètre du piquet, $0{,}30\,\text{cm}$, est petit devant $\lambda = 1{,}4\,\text{cm}$.

Diffraction. L'obstacle diffracte nettement l'onde : les rides le contournent et se referment derrière lui, avec la même longueur d'onde.

Conclusion. Les rides se propagent aussi derrière le piquet ; il ne laisse presque aucune zone d'eau calme.

Exercice 7

Mesures de célérité des vagues d'un lac profond

Sur un lac profond, des bouées de mesure enregistrent des trains de vagues de fréquences différentes et donnent leurs longueurs d'onde.

Document. Mesures.

Fréquence N	Longueur d'onde λ
$0{,}500\,\text{Hz}$	$6{,}24\,\text{m}$
$0{,}800\,\text{Hz}$	$2{,}44\,\text{m}$
$1{,}00\,\text{Hz}$	$1{,}56\,\text{m}$
$1{,}50\,\text{Hz}$	$0{,}693\,\text{m}$

1.

Calculer la célérité v des vagues pour chaque mesure.

INDICE

Outil : la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence.

CORRIGÉ

Calculs.

- $v_1 = 6{,}24\,\text{m} \times 0{,}500\,\text{Hz} = 3{,}12\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- $v_2 = 2{,}44\,\text{m} \times 0{,}800\,\text{Hz} \approx 1{,}95\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- $v_3 = 1{,}56\,\text{m} \times 1{,}00\,\text{Hz} = 1{,}56\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- $v_4 = 0{,}693\,\text{m} \times 1{,}50\,\text{Hz} \approx 1{,}04\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Conclusion. La célérité des vagues diminue quand leur fréquence augmente : de $3{,}12$ à $1{,}04\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

2.

La surface du lac est-elle un milieu dispersif pour ces vagues ? Justifier.

INDICE

Outil : la définition d'un milieu dispersif.

CORRIGÉ

Critère. Les célérités diffèrent nettement d'une fréquence à l'autre, bien au-delà des erreurs de mesure.

Conclusion. La célérité dépend de la fréquence : la surface du lac est un milieu dispersif pour ces vagues.

3.

Montrer que le produit $v\,N$ garde pratiquement la même valeur pour les quatre mesures.

INDICE

Outil : calcule $v\,N$ ligne par ligne, avec les valeurs non arrondies de v.

CORRIGÉ

Produits, en $\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ multipliés par des hertz, donc en $\mathrm{m\cdot s^{-2}}$:

- $3{,}12\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \times 0{,}500\,\mathrm{Hz} = 1{,}56\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$;
- $1{,}952\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \times 0{,}800\,\mathrm{Hz} \approx 1{,}56\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$;
- $1{,}56\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \times 1{,}00\,\mathrm{Hz} = 1{,}56\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$;
- $1{,}0395\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \times 1{,}50\,\mathrm{Hz} \approx 1{,}56\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

Conclusion. Aux arrondis près, le produit $v\,N$ vaut environ $1{,}56\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$ pour les quatre mesures.

4.

On admet ce résultat, propre à ces vagues et hors du programme. Prévoir la célérité puis la longueur d'onde de vagues de fréquence $1{,}20\,\mathrm{Hz}$ sur ce lac.

INDICE

Début : tire v du produit $v\,N$. **Ensuite :** emploie la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence.

CORRIGÉ

Célérité. $v = \dfrac{1{,}56\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}}{1{,}20\,\mathrm{Hz}} = 1{,}30\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

Longueur d'onde.

$$\lambda = \frac{v}{N}$$
$$\lambda = \frac{1{,}30\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}}{1{,}20\,\mathrm{Hz}}$$
$$\lambda \approx 1{,}08\,\mathrm{m}$$

Conclusion. Des vagues de $1{,}20\,\mathrm{Hz}$ avanceraient à environ $1{,}30\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$, avec une longueur d'onde d'environ $1{,}08\,\mathrm{m}$.