BURHAN

Ondes mécaniques progressives périodiques : exercices, entraînement

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

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

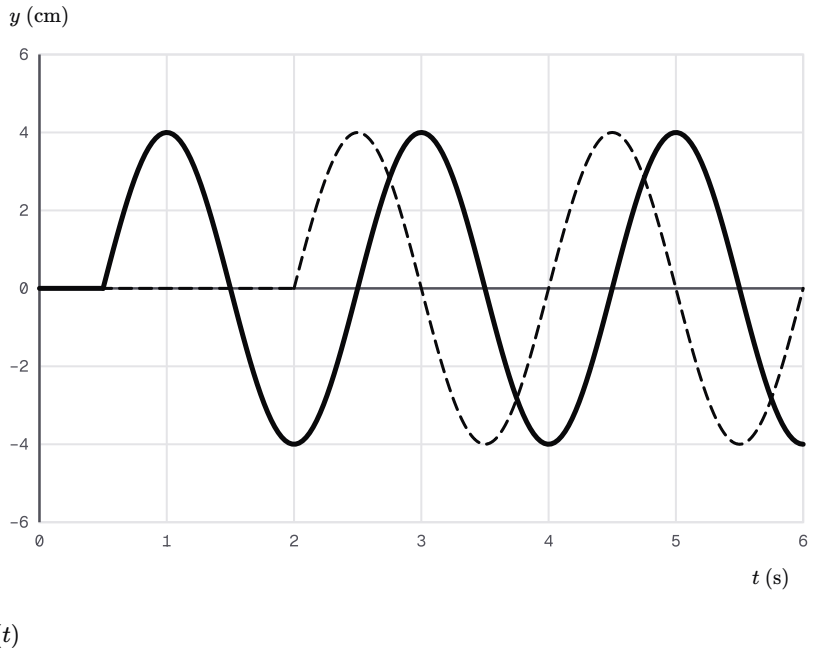
Chapitre	Palier	Exercices
Ondes mécaniques progressives périodiques	Entraînement	7

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.

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.

3.

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

INDICE

Outil : la relation entre retard, distance et célérité.

4.

Calculer la longueur d'onde λ.

INDICE

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

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

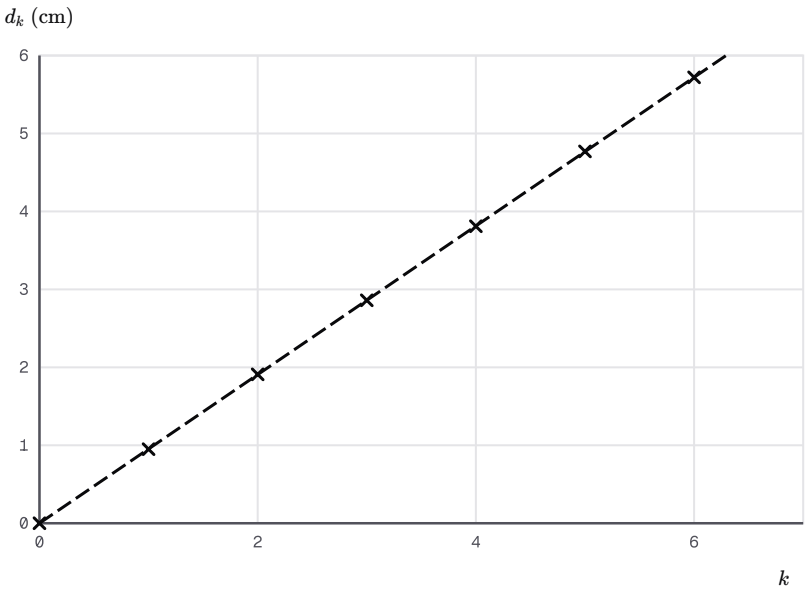
Début : calcule le rapport $\frac{AB}{\lambda}$. **Ensuite :** quelle est la plus petite distance qui donne une opposition de phase ?

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.

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 ?

3.

En déduire la longueur d'onde λ des ultrasons.

INDICE

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

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.

5.

Pourquoi exploiter six coïncidences plutôt qu'une seule ?

INDICE

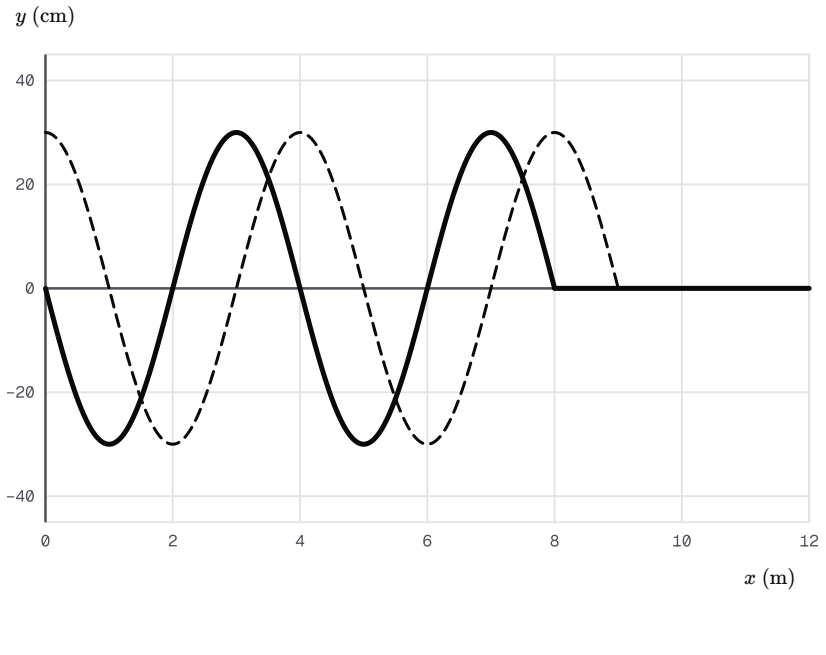
Outil : compare l'erreur de lecture d'une position à la distance mesurée.

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 $t_2 = t_1 + 0{,}10\,\text{s}$ (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.

2.

Calculer la célérité v de l'onde.

INDICE

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

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.

4.

Les points P et Q de la corde, d'abscisses $x_P = 1{,}0\,\text{m}$ et $x_Q = 7{,}0\,\text{m}$, 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 $\dfrac{PQ}{\lambda}$.

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.

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 ?

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 ?

3.

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

INDICE

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

4.

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

INDICE

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

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 ?

Exercice 5

Diffraction des ultrasons par une fente

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

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.

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.

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.

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

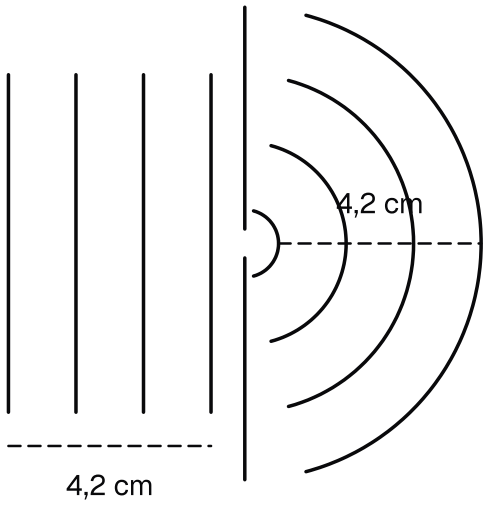
Outil : relie la largeur de l'ouverture à l'étalement de l'onde ; puis demande-toi qui impose la fréquence.

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.

2.

Calculer la célérité v des rides.

INDICE

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

3.

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

INDICE

Outil : la condition d'obtention de la diffraction.

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.

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.

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.

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
$0{,}500\,\mathrm{Hz}$	$6{,}24\,\mathrm{m}$
$0{,}800\,\mathrm{Hz}$	$2{,}44\,\mathrm{m}$
$1{,}00\,\mathrm{Hz}$	$1{,}56\,\mathrm{m}$
$1{,}50\,\mathrm{Hz}$	$0{,}693\,\mathrm{m}$

1.

Calculer la célérité v des vagues pour chaque mesure.

INDICE

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

2.

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

INDICE

Outil : la définition d'un milieu dispersif.

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.

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.