BURHAN

Ondes mécaniques progressives périodiques : exercices, niveau examen

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

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

Chapitre	Palier	Exercices
Ondes mécaniques progressives périodiques	Niveau examen	5

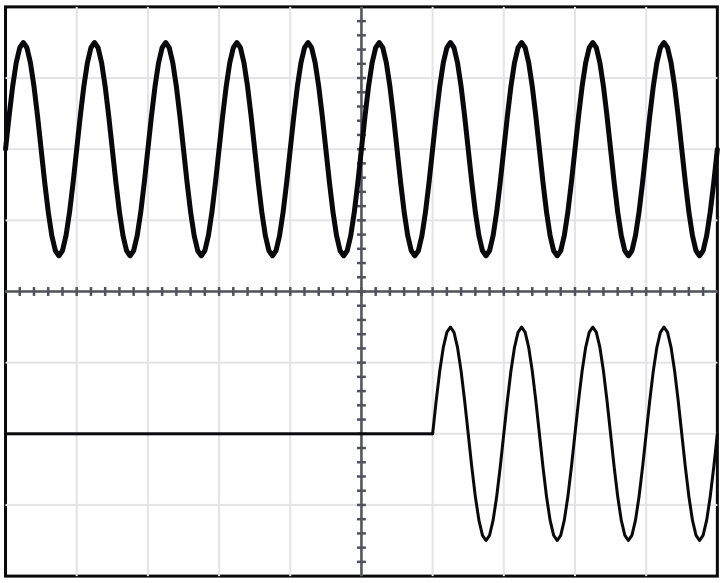
Exercice 1 6 pts

Sonde d'échographie : période, retard et finesse de l'image

Une sonde d'échographie émet des ultrasons dans un gel qui imite les tissus mous du corps humain ; ils s'y propagent à $v = 1{,}54 \times 10^{3}\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Pour tester la sonde, on place un petit récepteur dans le gel, face à elle.

L'oscilloscope est déclenché quand la sonde commence à émettre. La voie Y_1 montre la tension appliquée à la sonde, la voie Y_2 celle du récepteur.

Document. Oscillogramme ; balayage $0{,}5\ \mu\mathrm{s/div}$; voie Y_1 : $2\ \mathrm{V/div}$; voie Y_2 : $100\ \mathrm{mV/div}$.



Voie Y_1 : 2 V/div, zéro 2 divisions au-dessus du centre

Voie Y_2 : 100 mV/div, zéro 2 divisions au-dessous du centre Balayage : 0,5 μs/div

Signal émis (voie Y1, 2 V/div) et signal reçu (voie Y2, 100 mV/div) ; balayage 0,5 microseconde par division

A.1. 1 pts

Partie A : exploitation de l'oscillogramme.

Déterminer la période T des ultrasons en exploitant dix périodes, puis calculer leur fréquence N.

INDICE

Outil : compte les motifs de la voie Y_1 sur toute la largeur de l'écran, puis convertis avec le balayage.

A.2. 0,5 pts

Un son de fréquence supérieure à $20\ \mathrm{kHz}$ est un ultrason. Justifier que la sonde émet des ultrasons.

INDICE

Outil : compare les deux fréquences dans la même unité.

A.3. 0,5 pts

Déterminer le retard τ du signal reçu sur le début de l'émission.

INDICE

Outil : repère, sur la voie Y_2, la division où la trace cesse d'être plate.

A.4. 1 pts

En déduire la distance d entre la sonde et le récepteur.

INDICE

Outil : la relation entre retard, distance et célérité, en unités du système international.

B.1. 1 pts

Partie B : longueur d'onde et finesse de l'image. On admet que les ultrasons ont une fréquence $N = 2{,}0\,\mathrm{MHz}$ et se propagent dans le gel à $v = 1{,}54 \times 10^{3}\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

À partir de la définition de la longueur d'onde et de la relation entre retard, distance et célérité, montrer que

$$\lambda = v\,T$$

INDICE

Outil : la longueur d'onde est une distance parcourue pendant une durée bien précise ; laquelle ?

B.2. 0,5 pts

Calculer la longueur d'onde λ des ultrasons dans le gel.

INDICE

Outil : $T = \dfrac{1}{N}$, donc $\lambda = \dfrac{v}{N}$.

B.3. 0,75 pts

Deux points du gel, sur l'axe de la sonde, sont distants de $3{,}85\,\mathrm{mm}$; deux autres, de $2{,}70\,\mathrm{mm}$. Comparer l'état vibratoire des points de chaque paire.

INDICE

Outil : le rapport de la distance à la longueur d'onde, avec $\lambda = 0{,}77\,\mathrm{mm}$.

B.4. 0,75 pts

Une image d'échographie ne distingue que des détails de taille supérieure à une longueur d'onde environ. Montrer qu'il faut une fréquence d'au moins $5\,\mathrm{MHz}$ environ pour distinguer un détail de $0{,}30\,\mathrm{mm}$.

INDICE

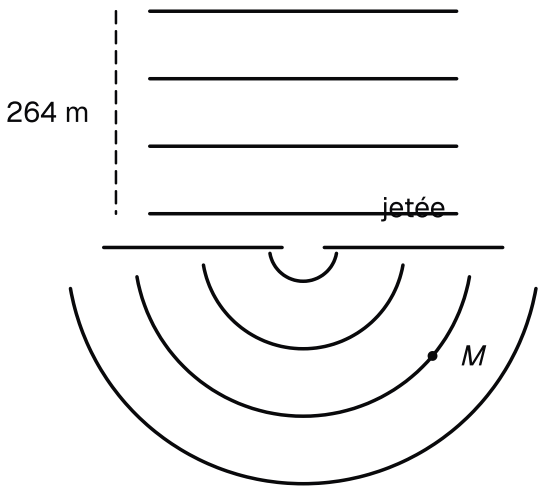
Début : traduis la condition par $\lambda \leq 0{,}30\,\mathrm{mm}$. **Ensuite :** relie λ à N avec la célérité du gel.

Exercice 2 6 pts

Houle à l'entrée d'un port : mesures et diffraction

À l'entrée d'un port, une jetée percée d'une passe de largeur $a = 55\,\mathrm{m}$ protège le bassin. La houle arrive du large. Une bouée ancrée devant la jetée effectue 10 oscillations complètes en $75\,\mathrm{s}$.

Document. Vue de dessus de l'entrée du port, d'après une photographie aérienne ; les longueurs affichées sont les longueurs réelles. Le point M marque un voilier au mouillage dans le port.



Crêtes de la houle devant la jetée et dans le port

A.1. 0,75 pts

Partie A : la houle au large.

Calculer la période T de la houle, puis sa fréquence N.

INDICE

Outil : une oscillation complète de la bouée dure une période.

A.2. 1 pts

Déterminer la longueur d'onde λ de la houle à l'aide du document.

INDICE

Outil : le trait pointillé, à côté des crêtes du large ; compte les intervalles qu'il couvre.

A.3. 0,75 pts

Montrer que la houle avance à une célérité d'environ $12\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

INDICE

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

B.1. 0,75 pts

Partie B : la houle dans le port. On admet que la houle a une longueur d'onde $\lambda = 88\,\mathrm{m}$, une période $T = 7{,}5\,\mathrm{s}$ et une célérité $v = 12\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$.

Justifier que la houle est nettement diffractée par la passe.

INDICE

Outil : la condition d'obtention de la diffraction.

B.2. 1,25 pts

Décrire les vagues dans le port : forme des crêtes, longueur d'onde, période, célérité et amplitude.

INDICE

Outil : les caractéristiques de l'onde diffractée ; regarde aussi la forme des crêtes sur le document.

B.3. 0,75 pts

Le voilier M n'est pas dans l'axe de la passe. Est-il secoué par la houle ? Justifier à l'aide du document.

INDICE

Outil : suis les arcs de crête jusqu'à la position du voilier.

B.4. 0,75 pts

Pour accueillir de plus grands navires, on propose d'élargir la passe à $250\,\mathrm{m}$. Discuter l'effet de ce projet sur l'agitation du port.

INDICE

Début : compare la nouvelle largeur à λ. **Point délicat :** relis les mots exacts de la condition de diffraction.

Exercice 3 — 6 pts

Fil d'acier éclairé au stroboscope : fréquence et opposition de phase

Un fil d'acier horizontal est tendu entre une lame vibrante, entretenue par un électroaimant, et un dispositif qui absorbe les ondes à l'autre extrémité. La lame impose au point S du fil un mouvement sinusoïdal transversal. On éclaire le fil avec un stroboscope de fréquence N_e réglable.

Document. Observations, en partant d'une fréquence élevée.

N_e	**Aspect du fil**
$200\,\text{Hz}$	immobile, deux aspects superposés
$101\,\text{Hz}$	ondule lentement vers la lame
$100\,\text{Hz}$	immobile, aspect unique
$99\,\text{Hz}$	ondule lentement vers l'absorbeur
$50\,\text{Hz}$	immobile, aspect unique

Sur l'aspect immobile obtenu à $100\,\text{Hz}$, cinq longueurs d'onde occupent $1{,}20\,\text{m}$.

A.1. — 0,5 pts

Partie A : stroboscopie du fil.

Déterminer la fréquence N de l'onde à partir du document. Justifier.

INDICE

Outil : que se passe-t-il pour chaque point du fil entre deux éclairs, pour chaque valeur de N_e ?

A.2. — 0,5 pts

Expliquer pourquoi le fil paraît aussi immobile à $50\,\text{Hz}$.

INDICE

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

A.3. — 0,75 pts

Interpréter les observations faites à $99\,\text{Hz}$ et à $101\,\text{Hz}$. Pourquoi les sens de déplacement apparents sont-ils opposés ?

INDICE

Début : compare, dans chaque cas, la durée entre deux éclairs à T. **Ensuite :** de combien l'onde a-t-elle avancé entre deux éclairs ?

A.4. 0,75 pts

Calculer la longueur d'onde λ, puis la célérité v de l'onde le long du fil.

INDICE

Début : exploite la longueur mesurée sur l'aspect immobile. **Ensuite :** la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence.

B.1. 0,75 pts

Partie B : mouvement d'un point du fil. On admet que l'onde a une fréquence $N = 100\,\mathrm{Hz}$ et se propage le long du fil à $v = 24{,}0\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$, sans amortissement. L'élongation de S s'écrit

$$y_S(t) = Y_m \cos\left(\frac{2\pi}{T}\,t\right)$$

avec $Y_m = 2{,}0\,\mathrm{mm}$ et $T = \dfrac{1}{N}$.

Calculer la longueur d'onde λ.

INDICE

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

B.2. 1 pts

Le point M du fil est à la distance $SM = 0{,}360\,\mathrm{m}$ de S. Calculer le retard τ du mouvement de M sur celui de S. En comparant τ à la période T, montrer que M vibre en opposition de phase avec S une fois atteint par l'onde.

INDICE

Début : la relation entre retard, distance et célérité. **Ensuite :** combien de périodes le retard contient-il ?

B.3. 0,75 pts

Retrouver ce résultat à l'aide du rapport $\dfrac{SM}{\lambda}$.

INDICE

Outil : l'état vibratoire de deux points d'une même direction de propagation.

B.4. 1 pts

Établir que, pour $t \geq \tau$, $y_M(t) = -y_S(t)$, puis écrire $y_M(t)$ avec les valeurs numériques.

INDICE

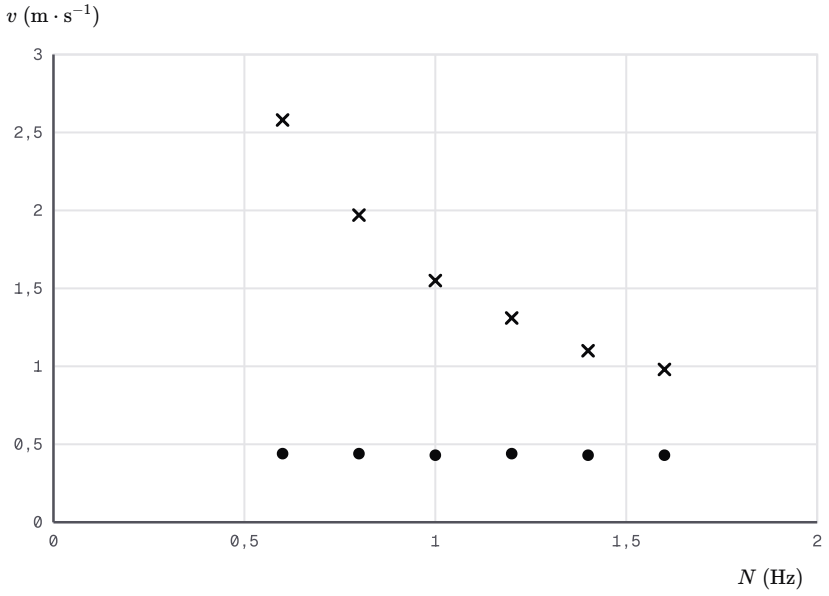
Début : exprime le retard en nombre de périodes. **Ensuite :** que devient le cosinus quand on retranche un multiple de π à son argument ?

Exercice 4 — 6 pts

Bassin à houle : dispersion, puis diffraction par des obstacles

Dans un grand bassin à houle de laboratoire, un batteur produit des vagues sinusoïdales de fréquence réglable. On mesure leur célérité dans deux zones : une zone profonde, et une zone où l'eau n'a que $2{,}0\,\mathrm{cm}$ de profondeur.

Document. Célérité v des vagues en fonction de leur fréquence N, dans les deux zones.



Célérité des vagues en fonction de la fréquence, dans les deux zones du bassin

A.1. — 0,75 pts

Partie A : deux zones du bassin.

Décrire, à l'aide du document, comment la célérité des vagues varie avec leur fréquence dans chaque zone, en citant deux valeurs pour chacune.

INDICE

Outil : suis chaque série de points de gauche à droite.

A.2. — 0,75 pts

En eau peu profonde, pour $N = 1{,}2\,\mathrm{Hz}$, on mesure $\lambda = 0{,}365\,\mathrm{m}$. Calculer la célérité et vérifier l'accord avec le document.

INDICE

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

A.3. 0,75 pts

Laquelle des deux zones se comporte comme un milieu dispersif dans ce domaine de fréquences ? Justifier.

INDICE

Outil : la définition d'un milieu dispersif.

A.4. 0,75 pts

Prévoir la longueur d'onde de vagues de fréquence $0{,}60\,\mathrm{Hz}$ en eau peu profonde.

INDICE

Début : lis la célérité dans cette zone. **Ensuite :** emploie la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence.

B.1. 1 pts

Partie B : vagues et obstacles en zone profonde. On admet qu'en zone profonde, une vague de fréquence $N = 0{,}70\,\mathrm{Hz}$ a une longueur d'onde $\lambda = 3{,}18\,\mathrm{m}$.

Elle rencontre un poteau cylindrique de diamètre $a = 0{,}50\,\mathrm{m}$. Comparer a et λ, puis dire ce que devient la vague derrière le poteau.

INDICE

Outil : la condition d'obtention de la diffraction s'applique aussi à un obstacle.

B.2. 0,75 pts

Montrer que, derrière le poteau, la vague avance encore à environ $2{,}2\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$.

INDICE

Début : que deviennent la fréquence et la longueur d'onde d'une onde diffractée ? **Ensuite :** la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence.

B.3. 1,25 pts

Plus loin, la vague traverse un passage de largeur $a' = 5{,}0\,\mathrm{m}$ entre deux caissons. Un élève affirme : « a' est plus grande que λ, donc la vague n'est pas du tout diffractée. » Discuter cette affirmation.

INDICE

Début : calcule le rapport $\dfrac{a'}{\lambda}$. **Point délicat :** relis les mots exacts de la condition de diffraction.

Exercice 5 6 pts

Chauve-souris : mesure de la longueur d'onde et chasse des insectes

Une chauve-souris chasse la nuit : elle émet des ultrasons et repère les insectes par leurs échos. Un insecte plus petit que la longueur d'onde est contourné par l'onde et renvoie peu d'écho ; un insecte plus grand renvoie un écho net.

Au laboratoire, un émetteur reproduit son cri à la fréquence $N = 45{,}0\,\mathrm{kHz}$.

Deux récepteurs, reliés à un oscilloscope, sont placés devant l'émetteur sur une même direction de propagation. Au départ, leurs signaux sont en phase. On éloigne l'un d'eux et l'on relève sa distance d_k à sa position de départ chaque fois que les signaux redeviennent en phase.

Document. Relevés.

Rang k	d_k (cm)
0	0
1	$0{,}76$
2	$1{,}52$
3	$2{,}27$
4	$3{,}03$
5	$3{,}79$

A.1. 0,5 pts

Partie A : mesure de la longueur d'onde.

Expliquer pourquoi, entre deux lignes consécutives du tableau, le récepteur a été déplacé d'une longueur d'onde.

INDICE

Outil : l'état vibratoire de deux points distants d'un nombre entier de longueurs d'onde.

A.2. 0,75 pts

Montrer que $\lambda \approx 0{,}758\,\mathrm{cm}$, en exploitant tout le tableau.

INDICE

Outil : que représente la dernière ligne du tableau par rapport au point de départ ?

A.3. 0,75 pts

En déduire 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.

A.4. 0,25 pts

La distance d_5 est connue à $0{,}05\,\text{cm}$ près. Estimer l'incertitude relative sur λ.

INDICE

Outil : $\lambda = \dfrac{d_5}{5}$: l'incertitude relative sur λ est celle sur d_5.

B.1. 1 pts

Partie B : diffraction et chasse. On admet que, dans l'air, ces ultrasons ont une longueur d'onde $\lambda = 7{,}6\,\text{mm}$ et une célérité $v = 340\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Faire le schéma annoté d'un montage qui met en évidence la diffraction de ces ultrasons par une fente, et indiquer le rôle de chaque élément. Préciser l'ordre de grandeur de la largeur de fente à choisir.

INDICE

Outil : il faut produire les ultrasons, les faire passer par une fente, puis chercher le signal reçu dans plusieurs directions.

B.2. 0,75 pts

Un moustique mesure environ $3\,\text{mm}$; un papillon de nuit, environ $3\,\text{cm}$. Lequel renvoie un écho net vers la chauve-souris ? Justifier à l'aide de la diffraction.

INDICE

Outil : compare chaque taille à λ, puis relis la présentation de la chasse.

B.3. 0,75 pts

Calculer la fréquence minimale d'un cri qui permettrait à la chauve-souris de repérer nettement un moustique de $3{,}0\,\text{mm}$.

INDICE

Début : traduis la condition d'écho net en une condition sur λ. **Ensuite :** relie λ à N dans l'air.

B.4. 1,25 pts

Synthèse. En quelques lignes, expliquer pourquoi une chauve-souris qui chasse de très petits insectes a intérêt à émettre des ultrasons de fréquence élevée. Mobiliser la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence, et la condition de diffraction.

INDICE

Début : pars de la taille de la proie et compare-la à λ. **Ensuite :** relie λ à N dans l'air.