BURHAN

Ondes mécaniques progressives : exercices, niveau examen

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

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

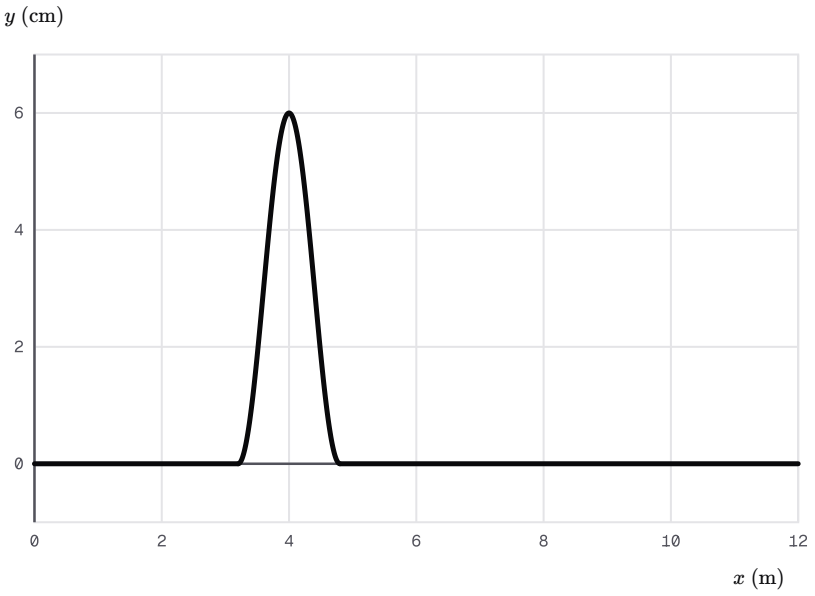
Chapitre	Palier	Exercices
Ondes mécaniques progressives	Niveau examen	5

Exercice 1 — 6 pts

Corde de gymnase : aspect, célérité et mouvement d'un point

Lors d'un entraînement, une corde de gymnase est tendue entre deux espaliers, de l'extrémité S à l'extrémité fixe B, avec $SB = 12\,\text{m}$. À la date $t = 0$, un entraîneur donne à l'extrémité S une brève secousse verticale. On néglige tout amortissement.

Document 1. Aspect de la corde à la date $t_1 = 0{,}60\,\text{s}$; x est la distance à S.



Aspect de la corde à la date t1 = 0,60 s

A.1. — 0,5 pts

Partie A : aspect de la corde à une date

L'onde qui parcourt la corde est-elle transversale ou longitudinale ? Justifie.

INDICE

Outil : compare la direction du déplacement des points de la corde à celle de la propagation.

A.2. — 0,75 pts

Lis sur le document 1 la position x_F du front d'onde à la date t_1. Déduis-en la célérité v de l'onde.

INDICE

Outil : le front est l'extrémité de la bosse la plus éloignée de S ; il est parti de S à $t = 0$.

A.3. — 0,75 pts

Lis la longueur ℓ de corde occupée par la perturbation, puis calcule la durée Δt_e de la secousse.

INDICE

Outil : une perturbation de durée Δt_e occupe la longueur $\ell = v\,\Delta t_e$.

A.4. 0,75 pts

Un point P de la corde est à $6{,}4\,\mathrm{m}$ de S. À quelle date P commence-t-il à bouger ? À quelle date retrouve-t-il le repos ?

INDICE

Début : calcule le retard de P sur S. **Ensuite :** P bouge pendant la même durée que S.

B.1. 0,5 pts

Partie B : mouvement d'un point de la corde

L'entraîneur tend davantage la corde ; la célérité augmente et vaut maintenant $v' = 12\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$. Il reproduit le même geste : S bouge de $t = 0$ à $t = 0{,}20\,\mathrm{s}$, en une bosse symétrique d'amplitude $6{,}0\,\mathrm{cm}$, maximale à $t = 0{,}10\,\mathrm{s}$. Un point M est à $SM = 3{,}0\,\mathrm{m}$ de S.

Le changement de célérité est-il cohérent avec ce que l'entraîneur a modifié ? Justifie.

INDICE

Outil : de quoi dépend la célérité sur une corde ?

B.2. 1,25 pts

Montre que le retard de M sur S vaut $\tau = 0{,}25\,\mathrm{s}$. Déduis-en, avec la relation $y_M(t) = y_S(t-\tau)$, l'intervalle de temps pendant lequel M est en mouvement.

INDICE

Début : la relation $d = v\cdot\tau$, avec la nouvelle célérité. **Ensuite :** $y_M(t)$ n'est pas nulle quand $t-\tau$ est dans l'intervalle où S bouge.

B.3. 0,75 pts

À quelle date l'élongation de M est-elle maximale ? Quelle est alors sa valeur ?

INDICE

Outil : M atteint son maximum avec le retard τ sur celui de S.

B.4. 0,75 pts

À la date $t = 0{,}35\,\mathrm{s}$, détermine la portion de corde en mouvement. Vérifie que M en occupe le milieu.

INDICE

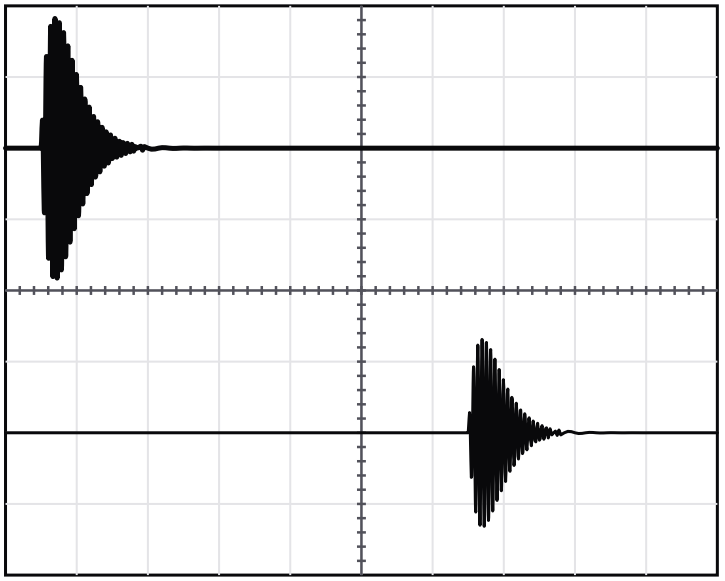
Début : place le front, puis la fin de la perturbation, $v'\,\Delta t_e$ en arrière.

Exercice 2 6 pts

Télémètre de recul : écho, balayage et précision

Le télémètre de recul d'une voiture contient un émetteur et un récepteur d'ultrasons, côte à côte dans le pare-chocs. L'émetteur envoie une salve ; le récepteur capte l'écho renvoyé par un obstacle. On prend la célérité des ultrasons dans l'air $v = 346\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$.

Document 1. Oscillogramme : voie Y_1, salve émise ; voie Y_2, écho reçu ; balayage $b = 0{,}50\,\mathrm{ms/div}$.



Voie Y_1 : 0,1 V/div, zéro 2 divisions au-dessus du centre

Voie Y_2 : 0,1 V/div, zéro 2 divisions au-dessous du centre Balayage : 0,5 ms/div

Salve émise et écho reçu ; balayage de 0,50 ms par division

A.1. 0,5 pts

Partie A : distance d'un obstacle

Les ultrasons sont-ils une onde mécanique ? Sont-ils une onde transversale ou longitudinale ? Le télémètre fonctionnerait-il dans le vide ?

INDICE

Outil : les ultrasons sont des sons que l'oreille ne perçoit pas.

A.2. 0,5 pts

Lis sur le document 1 la durée Δt entre l'émission de la salve et la réception de l'écho.

INDICE

Outil : compte les divisions entre les débuts des deux salves, puis multiplie par b.

A.3. 0,5 pts

Montre que la distance d entre le pare-chocs et l'obstacle vérifie $2d = v\,\Delta t$.

INDICE

Outil : combien de fois la salve parcourt-elle la distance d pendant Δt ?

A.4. 1 pts

Calcule d.

INDICE

Point délicat : convertis Δt en secondes.

B.1. 0,75 pts

Partie B : réglage et précision

Le constructeur veut détecter un obstacle jusqu'à $d_{\max} = 2{,}5\,\text{m}$. L'écran de l'oscilloscope compte 10 divisions horizontales ; on garde $v = 346\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Calcule la durée $\Delta t_{\max}$ de l'aller et retour pour un obstacle à $d_{\max}$.

INDICE

Outil : même relation, $\Delta t = \dfrac{2d}{v}$.

B.2. 0,5 pts

Parmi les balayages $0{,}5$; 1 ; 2 et $5\,\text{ms/div}$, choisis le plus petit qui garde l'écho à l'écran pour tout obstacle jusqu'à $d_{\max}$. Justifie.

INDICE

Outil : l'écran affiche une durée de $10 \times b$.

B.3. 1 pts

La durée Δt lue sur l'écran est connue à $0{,}2\,\text{div}$ près. Calcule l'incertitude sur la distance avec ce balayage, puis avec $0{,}50\,\text{ms/div}$. Conclus.

INDICE

Début : une erreur de lecture δt sur la durée donne une erreur $\dfrac{v\,\delta t}{2}$ sur la distance.

B.4. 1,25 pts

Le télémètre calcule toujours la distance avec $346\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Un matin d'hiver, l'air est à $0\,^{\circ}\text{C}$ et la célérité réelle vaut $v_r = 331\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Un obstacle est réellement à $d_r = 1{,}20\,\text{m}$.

Montre que la distance affichée vaut $d_a = d_r\,\dfrac{346}{331}$, puis calcule-la.

INDICE

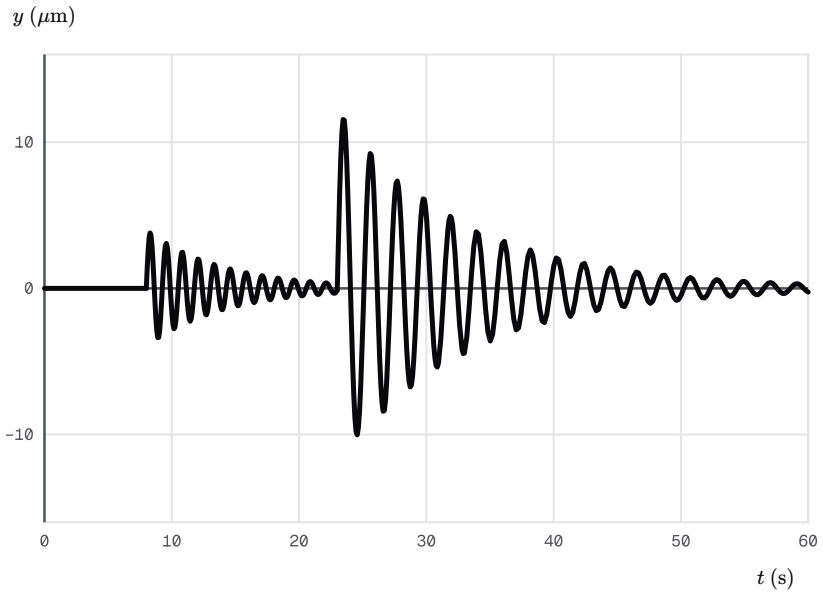
Début : la durée de l'écho vient de la célérité réelle. **Ensuite :** le télémètre convertit cette durée avec $346\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Exercice 3 — 6 pts

Séisme : distance d'une station et date du séisme

Le foyer d'un séisme émet, à la même date, deux sortes d'ondes qui traversent les roches : les ondes P, puis, plus lentes, les ondes S.

Document 1. Enregistrement d'une station sismique ; l'origine des temps est le début de l'enregistrement.



Enregistrement de la station sismique ; temps compté depuis le début de l'enregistrement

A.1. — 0,75 pts

Partie A : distance du foyer à une station

Sous la station, l'arrivée des ondes P comprime puis dilate les roches le long du trajet de l'onde ; celle des ondes S les fait bouger en travers de ce trajet.

Les ondes sismiques sont-elles des ondes mécaniques ? Indique si les ondes P, puis les ondes S, sont transversales ou longitudinales.

INDICE

Outil : une onde mécanique se propage dans un milieu matériel ; compare ensuite les directions.

A.2. — 0,75 pts

Lis sur le document 1 les dates d'arrivée t_P des ondes P et t_S des ondes S, puis l'écart $\Delta t = t_S - t_P$.

INDICE

Outil : les ondes P, les plus rapides, donnent les premières oscillations ; les ondes S, les plus amples, arrivent ensuite.

A.3. 0,75 pts

Les ondes P ont la célérité v_P et les ondes S la célérité v_S. Montre que la distance d du foyer à la station vérifie $d = \dfrac{\Delta t \, v_P \, v_S}{v_P - v_S}$.

INDICE

Début : les deux ondes partent ensemble et parcourent la même distance. **Ensuite :** écris Δt comme une différence de durées.

A.4. 0,75 pts

Dans la croûte terrestre, on prend $v_P = 6{,}4\,\mathrm{km\cdot s^{-1}}$ et $v_S = 3{,}7\,\mathrm{km\cdot s^{-1}}$. Calcule d.

INDICE

Outil : les célérités sont en $\mathrm{km\cdot s^{-1}}$ et Δt en secondes : d sort en kilomètres.

B.1. 0,75 pts

Partie B : dater un autre séisme

Un autre séisme est enregistré par deux stations S_1 et S_2. Les dates sont comptées à partir de 4 h 15 min 00 s.

Document 2. Arrivée des ondes P aux deux stations.

Station	Distance au foyer	Arrivée des ondes P
S_1	$d_1 = 120\,\mathrm{km}$	$t_1 = 26\,\mathrm{s}$
S_2	$d_2 = 300\,\mathrm{km}$	$t_2 = 56\,\mathrm{s}$

On note t_0 la date du séisme. Montre que la célérité des ondes P vérifie $v_P = \dfrac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$.

INDICE

Début : écris la date d'arrivée à chaque station, $t_i = t_0 + \dfrac{d_i}{v_P}$. **Ensuite :** fais la différence.

B.2. 0,5 pts

Calcule v_P.

INDICE

Outil : remplace avec les valeurs du document 2.

B.3. 0,75 pts

Détermine l'heure du séisme.

INDICE

Outil : les ondes P ont voyagé pendant $\dfrac{d_1}{v_P}$ avant d'atteindre S_1 à la date t_1.

B.4. 1 pts

Les ondes S, de célérité $v_S = 3{,}7\,\mathrm{km}\cdot\mathrm{s}^{-1}$, partent du foyer à la même date que les ondes P. À quelle heure atteignent-elles la station S_2 ?

INDICE

Outil : ajoute à t_0 la durée du trajet des ondes S jusqu'à S_2.

Exercice 4 6 pts

Tsunami : durée de parcours et célérité mesurée par des bouées

Un séisme sous-marin provoque un tsunami, une onde qui se propage à la surface de l'océan. Au large, sa célérité est donnée par $v = \sqrt{g\,h}$, où h est la profondeur de l'océan et $g = 9{,}80\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$. On admet que la profondeur est constante sur chaque trajet étudié.

Document 1. Passage du front du tsunami au-dessus de deux bouées de mesure, utile à la partie B.

Bouée	Date de passage du front
B_1	3 h 12 min
B_2	3 h 25 min

A.1. 0,5 pts

Partie A : du large à la côte

Le tsunami est-il une onde progressive à une, deux ou trois dimensions ? Au large, transporte-t-il l'eau de l'épicentre jusqu'à la côte ? Justifie.

INDICE

Outil : l'onde se propage à la surface de l'océan ; une onde mécanique transporte de l'énergie.

A.2. 0,75 pts

Au-dessus d'une zone de profondeur $h = 4{,}00\,\mathrm{km}$, montre que $v \approx 198\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

INDICE

Point délicat : convertis h en mètres avant de remplacer.

A.3. 1,5 pts

La côte est à $1\,200\,\mathrm{km}$ de l'épicentre, sur un trajet de profondeur $4{,}00\,\mathrm{km}$. L'alerte est donnée $10\,\mathrm{min}$ après le séisme. De combien de temps les habitants disposent-ils, après l'alerte, avant l'arrivée de la vague ?

INDICE

Début : calcule la durée du parcours jusqu'à la côte. **Ensuite :** retire le délai de l'alerte.

B.1. 0,75 pts

Partie B : célérité mesurée par deux bouées

Deux bouées B_1 et B_2 sont alignées avec la propagation, distantes de $d = 150\,\mathrm{km}$, B_2 étant la plus éloignée de l'épicentre. Le document 1 donne les dates de passage du front.

Détermine le retard τ de B_2 sur B_1, en secondes.

INDICE

Outil : fais la différence des deux dates, puis convertis les minutes en secondes.

B.2. 0,5 pts

Calcule la célérité v' du tsunami entre les deux bouées.

INDICE

Outil : la relation $d = v \cdot \tau$.

B.3. 1,25 pts

Montre que la profondeur de l'océan entre les bouées vérifie $h' = \dfrac{v'^2}{g}$, puis calcule-la.

INDICE

Début : élève au carré la relation $v' = \sqrt{g\,h'}$. **Point délicat :** garde la valeur non arrondie de v'.

B.4. 0,75 pts

Une troisième bouée B_3 est $240\,\mathrm{km}$ plus loin que B_2, sur la même ligne et à la même profondeur. À quelle heure le front y passe-t-il ?

INDICE

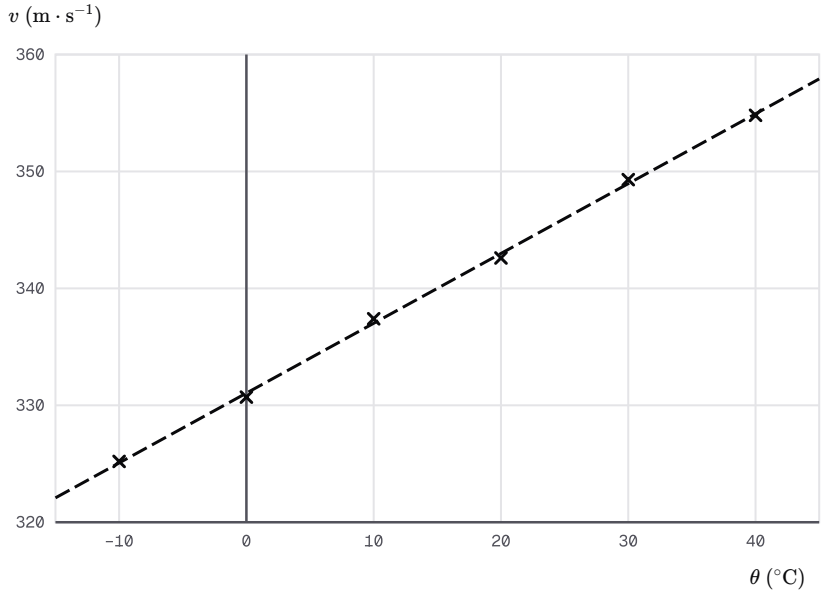
Outil : calcule le retard de B_3 sur B_2 avec la célérité v'.

Exercice 5 — 6 pts

Célérité du son : mesure à deux microphones et effet de la température

Deux élèves veulent mesurer la célérité du son dans l'air de leur laboratoire. Ils disposent de deux microphones, d'une interface d'acquisition reliée à un ordinateur, d'un claquoir qui produit un son bref et d'un mètre ruban.

Document 1. Célérité du son mesurée dans l'air à plusieurs températures, utile à la partie B.



× Points de mesure — — Droite de modélisation

Célérité du son dans l'air en fonction de la température

A.1. — 1 pts

Partie A : mesure à deux microphones

Propose le montage, décrit sous forme de liste (éléments, positions, branchements), puis le protocole de mesure du retard.

INDICE

Outil : quelles grandeurs faut-il mesurer pour obtenir une célérité ?

A.2. — 0,5 pts

Le son est-il une onde transversale ou longitudinale ? Pourquoi la mesure serait-elle impossible dans une enceinte où l'on a fait le vide ?

INDICE

Outil : dans l'air, les tranches d'air bougent dans la direction de propagation.

A.3. 0,5 pts

Les microphones sont à $d = 2{,}00\,\mathrm{m}$ l'un de l'autre ; le retard mesuré vaut $\tau = 5{,}80\,\mathrm{ms}$. Montre que $v \approx 345\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

INDICE

Point délicat : convertis le retard en secondes.

A.4. 1 pts

Le retard est lu à $0{,}05\,\mathrm{ms}$ près. Compare l'incertitude relative sur τ pour $d = 2{,}00\,\mathrm{m}$ et pour $d = 6{,}00\,\mathrm{m}$. Quelle distance choisir ?

INDICE

Début : à $6{,}00\,\mathrm{m}$, le retard est trois fois plus grand. **Ensuite :** l'incertitude relative est le quotient de $0{,}05\,\mathrm{ms}$ par le retard.

B.1. 0,5 pts

Partie B : influence de la température

Le document 1 rassemble des mesures de la célérité v du son dans l'air pour des températures θ de -10 à $40\,^{\circ}\mathrm{C}$, avec la droite de modélisation.

Décris l'évolution de v avec la température.

INDICE

Outil : observe le sens de variation et la forme de la droite.

B.2. 1 pts

Lis sur la droite de modélisation la célérité v_0 à $0\,^{\circ}\mathrm{C}$ et la célérité à $40\,^{\circ}\mathrm{C}$. Déduis-en le coefficient directeur a de la droite, puis l'expression de v en fonction de θ.

INDICE

Outil : $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta \theta}$ entre deux points de la droite, jamais entre deux mesures.

B.3. 0,75 pts

Dans une salle, on mesure $v = 340\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$. Estime la température de la salle.

INDICE

Outil : résous $0{,}60\,\theta + 331 = 340$.

B.4. 0,75 pts

Un élève propose de crier plus fort pour que le son atteigne plus vite le second microphone. Que lui réponds-tu ?

INDICE

Outil : de quoi dépend la célérité d'une onde ?