BURHAN

Ondes mécaniques progressives : exercices, application

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

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

Chapitre	Palier	Exercices
Ondes mécaniques progressives	Application	8

Exercice 1

Onde mécanique : vrai ou faux justifié

Pour chaque affirmation, dis si elle est vraie ou fausse, puis justifie ta réponse en une ou deux phrases.

1.

« Une explosion très forte à la surface du Soleil pourrait s'entendre depuis la Terre. »

INDICE

Outil : demande-toi ce qui sépare le Soleil de la Terre.

CORRIGÉ

Le son est une onde mécanique : il a besoin d'un milieu matériel pour se propager. Entre le Soleil et la Terre, l'espace est presque vide.

Conclusion. L'affirmation est fausse : le son de l'explosion ne peut pas traverser le vide jusqu'à la Terre.

2.

« Au large, une vague qui passe sous une mouette posée sur l'eau l'emporte avec elle vers la côte. »

INDICE

Outil : une onde transporte-t-elle de la matière ?

CORRIGÉ

Au passage de la vague, l'eau sous la mouette monte puis redescend autour de sa position de repos. La mouette suit ce mouvement sur place.

Conclusion. L'affirmation est fausse : une onde mécanique se propage sans transport de matière.

3.

« Une onde sismique peut fissurer un mur situé à des dizaines de kilomètres de l'épicentre, sans qu'aucune roche ne voyage de l'épicentre jusqu'au mur. »

INDICE

Outil : qu'est-ce qui voyage avec une onde mécanique ?

CORRIGÉ

Une onde mécanique transporte de l'énergie. Les roches ne font que vibrer autour de leur position de repos ; c'est l'énergie de l'onde qui atteint le mur et le fissure.

Conclusion. L'affirmation est vraie.

Exercice 2

Nature transversale ou longitudinale de quatre ondes

Pour chaque onde, précise si elle est transversale ou longitudinale, en comparant la direction de la perturbation à celle de la propagation.

1.

Une corde de gymnase pend verticalement du plafond. Un élève donne un coup sec, de côté, à son extrémité basse : une secousse monte le long de la corde.

INDICE

Outil : la secousse monte, mais dans quelle direction bougent les points de la corde ?

CORRIGÉ

La perturbation se propage verticalement, le long de la corde. Chaque point de la corde se déplace horizontalement, de côté.

Conclusion. Les deux directions sont perpendiculaires : l'onde est transversale.

2.

Le son d'un sifflet dans l'air ; la compression qui parcourt une barre d'acier frappée au marteau, dans l'axe de la barre.

INDICE

Outil : dans chaque cas, compare les deux directions.

CORRIGÉ

Son. Les tranches d'air avancent et reculent dans la direction de propagation du son.

Barre. Le choc comprime le métal le long de l'axe de la barre, qui est aussi la direction de propagation.

Conclusion. Ces deux ondes sont longitudinales.

3.

Au passage d'une onde sismique S, les roches sont déplacées de haut en bas ; l'onde avance horizontalement.

INDICE

Outil : compare les deux directions.

CORRIGÉ

Les roches bougent verticalement, alors que l'onde se propage horizontalement : la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation.

Conclusion. L'onde sismique S est une onde transversale.

Exercice 3

Orage : distance d'un éclair à partir du tonnerre

Pendant un orage, Salma voit un éclair, puis entend le tonnerre $\Delta t = 4{,}5\,\mathrm{s}$ plus tard. On donne la célérité du son dans l'air ce jour-là, $v = 343\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$, et celle de la lumière, $c = 3{,}00 \times 10^{8}\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

1.

On admet que l'éclair est vu à l'instant où il se produit. Calcule la distance d entre Salma et l'éclair.

INDICE

Outil : pendant Δt, le son parcourt la distance d à la célérité v.

CORRIGÉ

Le son parcourt la distance d pendant la durée Δt :

$$\begin{aligned} d &= v\,\Delta t \\ d &= 343\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \\ &\quad \times 4{,}5\,\mathrm{s} \\ d &\approx 1{,}5 \times 10^{3}\,\mathrm{m} \end{aligned}$$

Conclusion. L'éclair est à environ $1{,}5\,\mathrm{km}$ de Salma, avec deux chiffres significatifs comme Δt.

2.

Calcule la durée du trajet de la lumière sur cette distance, puis justifie l'hypothèse de la question 1.

INDICE

Outil : même relation, avec la célérité c de la lumière.

CORRIGÉ

Avec $d \approx 1{,}5 \times 10^{3}\,\mathrm{m}$:

$$\begin{aligned} t_L &= \frac{d}{c} \\ t_L &= \frac{1{,}5 \times 10^{3}\,\mathrm{m}}{3{,}00 \times 10^{8}\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}} \\ t_L &= 5{,}0 \times 10^{-6}\,\mathrm{s} \end{aligned}$$

Conclusion. Cette durée est près d'un million de fois plus petite que $4{,}5\,\mathrm{s}$: on peut la négliger.

3.

Un autre éclair frappe le sol à $2{,}4\,\mathrm{km}$ de Salma. Combien de temps après l'avoir vu entend-elle le tonnerre ?

INDICE

Outil : convertis la distance en mètres, puis utilise $\Delta t = \dfrac{d}{v}$.

CORRIGÉ

On convertit : $d' = 2{,}4 \times 10^{3}\,\mathrm{m}$.

$$\begin{aligned} \Delta t' &= \frac{d'}{v} \\ \Delta t' &= \frac{2{,}4 \times 10^{3}\,\mathrm{m}}{343\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}} \\ \Delta t' &\approx 7{,}0\,\mathrm{s} \end{aligned}$$

Conclusion. Salma entend le tonnerre environ $7{,}0\,\mathrm{s}$ après l'éclair.

Exercice 4

Retard entre deux points du câble d'un téléphérique

Un technicien frappe le câble porteur d'un téléphérique pour le contrôler. La secousse se propage le long du câble à la célérité $v = 45\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$. Des capteurs sont fixés en plusieurs points du câble.

1.

Le capteur M_2 est à la distance $M_1M_2 = 180\,\mathrm{m}$ du capteur M_1. Calcule le retard τ de M_2 sur M_1.

INDICE

Outil : la relation $d = v\cdot\tau$, écrite pour le retard.

CORRIGÉ

$$\tau = \frac{M_1M_2}{v}$$
$$\tau = \frac{180\,\mathrm{m}}{45\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}}$$
$$\tau = 4{,}0\,\mathrm{s}$$

Conclusion. M_2 est atteint $4{,}0\,\mathrm{s}$ après M_1.

2.

Le capteur M_3 détecte la secousse $1{,}6\,\mathrm{s}$ après M_1. Calcule la distance M_1M_3.

INDICE

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

CORRIGÉ

$$M_1M_3 = v\cdot\tau'$$
$$M_1M_3 = 45\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \times 1{,}6\,\mathrm{s}$$
$$M_1M_3 = 72\,\mathrm{m}$$

Conclusion. Le capteur M_3 est à $72\,\mathrm{m}$ de M_1.

3.

Exprime la célérité v en kilomètres par heure.

INDICE

Outil : $1\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ vaut $3{,}6\,\mathrm{km\cdot h^{-1}}$, car une heure dure $3\,600\,\mathrm{s}$.

CORRIGÉ

On a $1\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} = \dfrac{10^{-3}\,\mathrm{km}}{1/3\,600\,\mathrm{h}} = 3{,}6\,\mathrm{km\cdot h^{-1}}$.

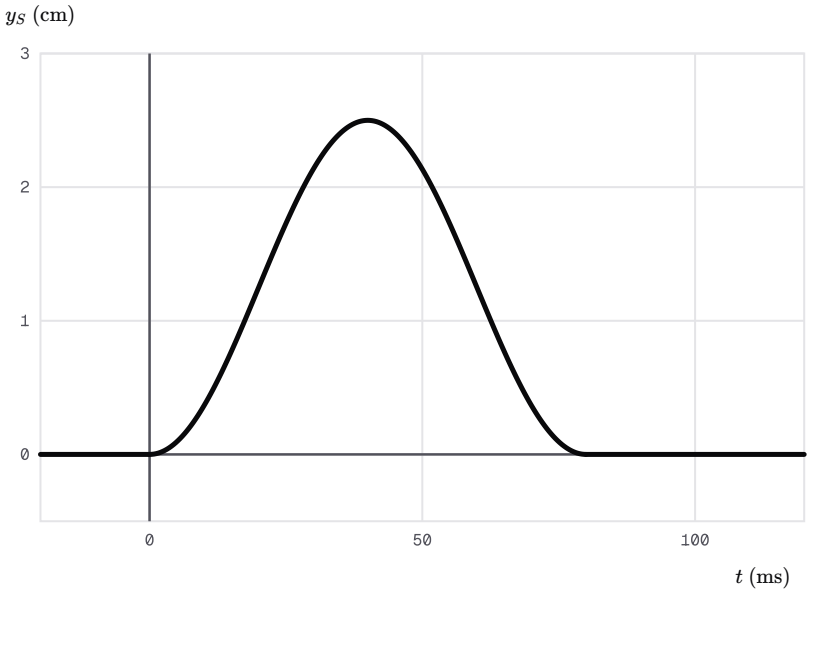
$$v = 45 \times 3{,}6\,\mathrm{km\cdot h^{-1}}$$
$$v \approx 1{,}6\times 10^{2}\,\mathrm{km\cdot h^{-1}}$$

Conclusion. La secousse avance à environ $160\,\mathrm{km\cdot h^{-1}}$, bien plus vite que la cabine.

Exercice 5

Ligne de vie : dates de mouvement d'un point

Sur un toit en chantier, une ligne de vie est un câble d'acier tendu, auquel les ouvriers s'accrochent. Un ouvrier frappe le câble en un point S, à la date $t = 0$. La secousse se propage à $v = 30\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$. Le document donne l'élongation $y_S(t)$ du point S.



Élongation de la source S en fonction du temps

1.

Lis sur le document les dates de début et de fin du mouvement de S. Déduis-en la durée Δt_e de l'ébranlement.

INDICE

Outil : repère où la courbe quitte l'axe des temps, puis où elle y revient.

CORRIGÉ

Par lecture graphique, la courbe quitte l'axe à $t = 0$ et y revient à $t \approx 80\,\mathrm{ms}$.

Conclusion. L'ébranlement dure $\Delta t_e \approx 80\,\mathrm{ms}$, soit $0{,}080\,\mathrm{s}$.

2.

Un point M du câble est à $SM = 3{,}6\,\mathrm{m}$ de S. Calcule son retard τ sur S.

INDICE

Outil : $\tau = \dfrac{SM}{v}$.

CORRIGÉ

$$\tau = \frac{SM}{v}$$
$$\tau = \frac{3{,}6\,\mathrm{m}}{30\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}}$$
$$\tau = 0{,}12\,\mathrm{s}$$

Conclusion. Le point M est atteint $0{,}12\,\mathrm{s}$ après le coup.

3.

Donne les dates de début et de fin du mouvement de M.

INDICE

Outil : M reproduit le mouvement de S, décalé du retard τ.

CORRIGÉ

D'après la relation $y_M(t) = y_S(t-\tau)$, toutes les dates du mouvement de S sont décalées de $\tau = 0{,}12\,\mathrm{s}$ pour M.

Début. $t_1 = 0\,\mathrm{s} + 0{,}12\,\mathrm{s} = 0{,}12\,\mathrm{s}$.

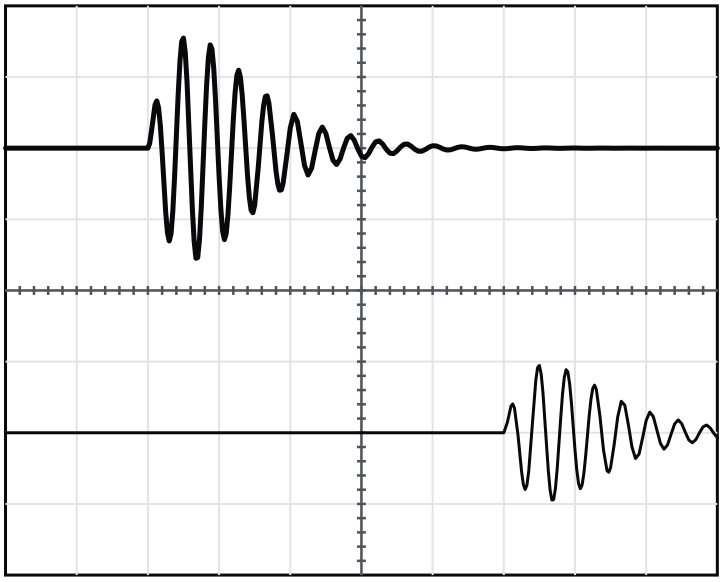
Fin. $t_2 = 0{,}080\,\mathrm{s} + 0{,}12\,\mathrm{s} = 0{,}20\,\mathrm{s}$.

Conclusion. Le point M bouge entre $0{,}12\,\mathrm{s}$ et $0{,}20\,\mathrm{s}$; il reste au repos avant et après.

Exercice 6

Deux microphones dans un couloir : retard et célérité

Dans un long couloir, deux microphones M_1 et M_2 sont alignés avec une élève qui frappe dans ses mains. Ils sont distants de $d = M_1M_2 = 1{,}70\,\text{m}$ et reliés aux voies Y_1 et Y_2 d'un oscilloscope. Le balayage vaut $b = 1{,}0\,\text{ms/div}$.



Voie Y_1 : 0,5 V/div, zéro 2 divisions au-dessus du centre
Voie Y_2 : 0,5 V/div, zéro 2 divisions au-dessous du centre Balayage : 1 ms/div

Signaux des deux microphones ; balayage de 1,0 ms par division

1.

Lis l'écart n, en divisions, entre les débuts des deux signaux. Déduis-en le retard τ de M_2 sur M_1.

INDICE

Outil : compte les divisions entre les deux débuts, puis $\tau = n \times b$.

CORRIGÉ

Par lecture, le signal de Y_1 commence à $2{,}0\,\text{div}$ et celui de Y_2 à $7{,}0\,\text{div}$: $n \approx 5{,}0\,\text{div}$.

$$\begin{aligned} \tau &= n \times b \\ \tau &= 5{,}0\,\text{div} \\ &\quad \times 1{,}0\,\text{ms/div} \\ \tau &\approx 5{,}0\,\text{ms} \end{aligned}$$

Conclusion. Le retard vaut environ $5{,}0\,\text{ms}$, soit $5{,}0 \times 10^{-3}\,\text{s}$.

2.

Calcule la célérité v du son dans le couloir.

INDICE

Outil : le retard correspond au seul trajet de M_1 à M_2.

CORRIGÉ

$$v = \frac{d}{\tau}$$
$$v = \frac{1{,}70\,\mathrm{m}}{5{,}0 \times 10^{-3}\,\mathrm{s}}$$
$$v \approx 3{,}4 \times 10^{2}\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

Conclusion. Le son se propage dans le couloir à environ $340\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$, deux chiffres significatifs comme le retard lu.

Exercice 7

Sonar d'un bateau : profondeur par l'écho

Le sonar d'un bateau émet vers le fond un signal sonore bref et capte son écho. Dans l'eau de mer, la célérité du son vaut $v = 1\,520\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$. L'écho revient $\Delta t = 0{,}250\,\mathrm{s}$ après l'émission.

1.

Montre que la profondeur d vérifie $2d = v\,\Delta t$.

INDICE

Outil : combien de fois le signal parcourt-il la profondeur d pendant Δt ?

CORRIGÉ

Pendant Δt, le signal parcourt l'aller, du bateau au fond, puis le retour, du fond au bateau. La distance totale vaut $2d$, parcourue à la célérité v.

Conclusion. On a bien $2d = v\,\Delta t$.

2.

Calcule la profondeur d.

INDICE

Outil : isole d, puis remplace.

CORRIGÉ

$$\begin{aligned} 2d &= v\,\Delta t \\ 2d &= 1\,520\,\mathrm{m\cdot s^{-1}} \\ &\quad \times 0{,}250\,\mathrm{s} \\ 2d &= 380\,\mathrm{m} \\ d &= 190\,\mathrm{m} \end{aligned}$$

Conclusion. Le fond est à $190\,\mathrm{m}$ sous le bateau.

3.

Plus loin, le bateau passe au-dessus d'une fosse profonde de $1{,}14\,\mathrm{km}$. Après quelle durée l'écho revient-il ?

INDICE

Point délicat : convertis en mètres et n'oublie pas l'aller et le retour.

CORRIGÉ

On convertit : $d' = 1\,140\,\mathrm{m}$. L'aller et le retour font $2d' = 2\,280\,\mathrm{m}$.

$$\begin{aligned} \Delta t' &= \frac{2d'}{v} \\ \Delta t' &= \frac{2\,280\,\mathrm{m}}{1\,520\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}} \\ \Delta t' &= 1{,}50\,\mathrm{s} \end{aligned}$$

Conclusion. L'écho revient $1{,}50\,\mathrm{s}$ après l'émission.

Exercice 8

Hauban et air : facteurs de la célérité

Un hauban est un câble tendu qui tient le mât d'un voilier. Un marin y envoie des secousses en frappant le câble.

1.

Le marin tend davantage le hauban. La célérité des secousses augmente-t-elle, diminue-t-elle ou reste-t-elle la même ?

INDICE

Outil : la célérité sur un câble dépend de sa tension.

CORRIGÉ

Sur un câble, la célérité augmente quand la tension augmente.

Conclusion. Les secousses parcourent le hauban plus tendu plus vite.

2.

Il envoie deux secousses, l'une de $2\,\mathrm{cm}$ d'amplitude, l'autre de $6\,\mathrm{cm}$. Laquelle atteint la première le haut du mât ?

INDICE

Outil : la célérité dépend-elle de l'amplitude ?

CORRIGÉ

Pour des perturbations faibles, la célérité dépend du milieu, pas de l'amplitude. Les deux secousses avancent donc à la même célérité sur le même hauban.

Conclusion. Elles atteignent le haut du mât en même temps, après la même durée.

3.

Sur le port, la célérité du son vaut $334\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ le matin, puis $349\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ l'après-midi. L'air est à $5\,^{\circ}\mathrm{C}$ à un moment de la journée et à $30\,^{\circ}\mathrm{C}$ à l'autre. Associe chaque célérité à sa température.

INDICE

Outil : dans l'air, comment la célérité du son varie-t-elle avec la température ?

CORRIGÉ

La célérité du son dans l'air croît quand la température monte. La plus grande célérité correspond donc à la température la plus haute.

Conclusion. $349\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ correspond à $30\,^{\circ}\mathrm{C}$, l'après-midi, et $334\,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ à $5\,^{\circ}\mathrm{C}$, le matin.