

Série N°1 : Les ondes mécaniques progressives

Niveau : Terminale : SM A et B

Exercice 1 – Vrai ou Faux Niveau : ★

Indiquer si chaque affirmation est vraie ou fausse, puis justifier.

1. Une onde mécanique transporte de la matière.
2. Une onde sonore est une onde longitudinale.
3. Une onde mécanique peut se propager dans le vide.
4. La célérité d'une onde dépend du milieu de propagation.
5. Deux ondes qui se croisent disparaissent après leur rencontre.
6. Une onde à la surface de l'eau est une onde à deux dimensions.
7. Une onde sur une corde est une onde à une dimension.
8. Dans un même milieu et dans des conditions fixées, la célérité reste constante.

Exercice 2 – Direction de propagation Niveau : ★

Pour chacune des situations suivantes :

- préciser la direction de propagation ;
 - préciser la direction de la perturbation ;
 - indiquer si l'onde est transversale ou longitudinale.
1. Une corde horizontale est agitée verticalement.
 2. Quelques spires d'un ressort horizontal sont comprimées puis libérées.
 3. Une onde sonore se propage dans l'air.
 4. Une pierre tombe à la surface d'une eau calme et crée des rides circulaires.

Exercice 3 – Onde sur une corde Niveau : ★

Une impulsion est créée à l'extrémité d'une corde tendue.

1. La matière est-elle transportée avec l'onde ?
2. Chaque point de la corde effectue-t-il le même mouvement ?

Exercice 3 Suite

3. La corde se déplace-t-elle entièrement dans le sens de propagation ?
4. Expliquer la différence entre le déplacement de la perturbation et le mouvement d'un point de la corde.

Exercice 4 – Onde à la surface de l'eau Niveau : ★

Une perturbation est créée au point O à la surface d'un bassin.

1. Pourquoi parle-t-on d'une onde à deux dimensions ?
2. Décrire le mouvement d'un petit flotteur placé à la surface de l'eau.
3. Le flotteur est-il entraîné horizontalement avec les rides ?
4. Pourquoi les rides observées sont-elles circulaires si le milieu est homogène ?

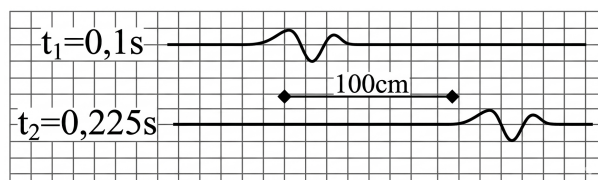
Exercice 5 – Calcul direct d'une célérité Niveau : ★

Une onde parcourt une distance de 12 m pendant une durée de 0,40 s.

1. Calculer sa célérité. Convertir la célérité en km h^{-1} .
2. Calculer la distance parcourue en 3,0 s.
3. Calculer la durée nécessaire pour parcourir 48 m.

Exercice 6 – Onde sur une corde tendue Niveau : ★★

A) La figure montre deux images d'une déformation qui se propage sur une corde.



1. Quelle est la nature de l'onde qui se propage sur la corde ? justifie la réponse.
2. Calculer la vitesse de propagation de l'onde sur la corde.

B) La célérité d'une onde sur une corde tendue est donnée par $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$, où F est la tension de la corde et μ sa masse linéique.

On donne : $F = 45 \text{ N}$, $\mu = 5,0 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-1}$.

1. Vérifier l'homogénéité de la relation.
2. Calculer la célérité de l'onde.
3. Calculer la durée nécessaire pour parcourir 12 m.

C) La tension d'une corde est multipliée par 9, tandis que sa masse linéique ne change pas.

1. Écrire l'expression de la nouvelle célérité v' .
2. Déterminer le rapport $\frac{v'}{v}$.

Exercice 6 – Suite

3. Conclure sur l'évolution de la célérité.

D) La masse linéique d'une corde est multipliée par 4, tandis que la tension reste constante.

1. Écrire l'expression de la nouvelle célérité v' en fonction de v

2. Conclure sur l'évolution de la célérité.

Exercice 7 – Célérité du son dans l'air Niveau : **

Ahmed et Rachid souhaitent déterminer expérimentalement la célérité du son dans l'air en utilisant la réflexion des ondes sonores sur la façade d'un grand immeuble.

Ils se placent à une distance $L = 610$ m de l'immeuble (distance considérée comme exacte).

Ahmed produit une onde sonore en faisant exploser un pétard. Au même instant, Rachid déclenche un chronomètre. Il l'arrête dès qu'il perçoit l'écho du son sur l'immeuble.

La durée mesurée est $\Delta t = 3,62$ s. L'incertitude absolue sur cette mesure est 0,05 s.

1. Déterminer la célérité du son dans l'air.

2. Déterminer l'intervalle de valeurs possible de la durée de propagation. En déduire l'encadrement de la célérité du son. On donnera 3 chiffres significatifs.

3. Comparer le résultat obtenu à la valeur usuelle $v_{\text{son}} \approx 340 \text{ m s}^{-1}$ et conclure sur la qualité de la mesure.

Exercice 8 – Relation entre deux élongations Niveau : **

Une onde se propage de A vers B avec la célérité : $v = 5,0 \text{ m s}^{-1}$. Les points A et B sont séparés par : $AB = 2,5$ m..

1. Calculer le retard τ .

2. Interpréter physiquement ce retard.

3. Écrire les deux relations possible entre $y_A(t)$ et $y_B(t)$.

Exercice 9 – Représentation graphique Niveau : **

À l'instant t_1 , une impulsion de forme triangulaire est centrée au point d'abscisse $x = 2,0$ m. Elle se propage vers la droite à la célérité $2,5 \text{ m s}^{-1}$.

1. Déterminer la position de son centre à l'instant $t_2 = t_1 + 0,80$ s.

2. Représenter qualitativement l'aspect du milieu aux instants t_1 et t_2 .

3. La forme et l'amplitude de l'impulsion changent-elles dans un milieu non dispersif ?

Exercice 9 – Suite**Exercice 10 – Propagation dans un tuyau métallique Niveau : ****

Afin de comparer la propagation du son dans différents milieux, on utilise un tuyau de canalisation en cuivre, rectiligne, de longueur $L = 375 \text{ m}$.

Une personne A , placée à une extrémité du tuyau, frappe celui-ci avec un marteau.

Une seconde personne B , située à l'autre extrémité, perçoit successivement deux sons séparés par une durée $\tau = 1,0 \text{ s}$.

On donne : $v_{\text{air}} = 340 \text{ m s}^{-1}$.

On néglige le temps de réaction de l'observateur ainsi que les pertes d'énergie lors de la propagation.

1. Expliquer pourquoi la personne B entend deux sons distincts.
2. Déterminer la durée de propagation du son dans l'air.
3. En déduire la durée de propagation du son dans le cuivre.
4. Calculer la célérité du son dans le cuivre.
5. Comparer les célérités du son dans l'air et dans le cuivre, puis conclure sur l'influence du milieu de propagation.

Exercice 11 – Superposition Niveau : **

Deux impulsions de même amplitude positive se rencontrent.

1. Quelle est l'amplitude de la déformation résultante lorsque leurs sommets coïncident ?
2. Expliquer pourquoi les deux impulsions retrouvent leur forme initiale après le croisement.
3. Que se passerait-il si l'une des deux impulsions était dirigée vers le bas ?

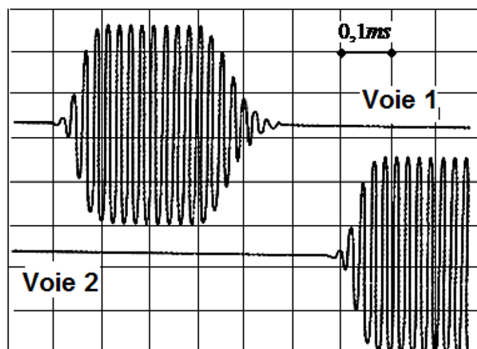
Exercice 12 – Oscilloscope et ultrasons Niveau : *****Partie 1 :**

On met dans l'air et sur la même ligne un émetteur d'ultrason et deux récepteurs R_1 et R_2 , distant de $d = 204 \text{ mm}$. On relie les deux récepteurs respectivement aux voies 1 et 2 d'un oscilloscope bicourbe. Le graphe ci-dessous représente ce qu'on observe sur l'écran de l'oscilloscope.

1. Proposer un schéma simple de cette expérience.

Exercice 12 – Suite

2. Déterminer le retard temporel entre les deux récepteurs. 3. En déduire la célérité des ondes ultrasons dans l'air

**Partie 2 :**

La célérité du son dans l'air ou dans un gaz diatomique est donnée par la relation. suivante :

$V = \sqrt{\frac{1,4 \times R \times T}{M}}$; où R est la constante des gaz parfaits, T est la température en Kelvin et M la masse molaire du gaz exprimée en $kg.mol^{-1}$.

1. Déterminer la masse molaire de l'air en g/mol.
2. Calculer les célérités du son dans l'air et dans le dihydrogène à 20°C..

Données :

$$M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1} \quad M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1} ;$$

$$M(N) = 14 \text{ g/mol} ; R = 8,314 \text{ SI.}$$

Exercice 13 – Séisme Niveau : ★★★

Trois stations A, B et C enregistrent des relevés sismographiques. Chaque relevé, établi à partir de 11h26 min, fait apparaître trois régimes : une phase de pré-séisme, exempte de vibrations (pas de vibration), puis une deuxième partie correspondant à l'arrivée des ondes les plus rapides (P) et enfin une dernière partie relative à la superposition des ondes les plus rapides et des autres ondes (S) ; (voir tableau ci-dessous).

Station	Heure d'apparition des ondes les plus rapides	Heure d'apparition des autres ondes
A	11 h 26 min 49,0 s	11 h 27 min 20,0 s
B	11 h 27 min 32,0 s	11 h 29 min 28,4 s
C	11 h 27 min 30,0 s	11 h 28 min 18,6 s

1. Déterminer la distance séparant l'épicentre du séisme (source du séisme) de chacune des trois stations.
2. Déterminer l'heure à laquelle s'est produit le séisme.

Données : Célérité des ondes : $V_P = 5,0 \text{ km.s}^{-1}$; $V_S = 3,5 \text{ km.s}^{-1}$.

– Problèmes de synthèse

Problème 1 – Propagation le long d'une corde Niveau : ★★

Une impulsion est créée à l'extrémité S d'une corde de longueur 15 m. Elle se propage avec la célérité : $v = 5,0 \text{ m s}^{-1}$.

Les points A , B et C sont situés respectivement à 3,0 m, 8,0 m et 12,0 m de la source.

1. Calculer le temps d'arrivée de l'onde en A , B et C .
2. Déterminer le retard entre A et C .
3. Écrire les relations entre les élongations $y_A(t)$ et $y_C(t)$.
4. À l'instant $t = 1,2 \text{ s}$, quels points ont déjà été atteints par l'onde ?
5. Représenter qualitativement la position de l'impulsion aux instants :

$$t = 0,40 \text{ s}, \quad t = 1,20 \text{ s}, \quad t = 2,50 \text{ s}.$$

Problème 2 – Exploitation de photographies successives Niveau : ★★★

Une onde est produite à l'extrémité d'une corde. Une photographie de la corde est prise toutes les 0,20 s.

Entre deux prises de vue successives, le sommet de l'impulsion se déplace de 1,60 m.

1. Calculer la célérité de l'onde.
2. Déterminer le retard entre deux points distants de 6,0 m.
3. Déterminer la distance parcourue pendant 1,5 s.
4. Déterminer la position du sommet de l'impulsion à $t = 2,0 \text{ s}$, sachant qu'il se trouvait à $x = 1,0 \text{ m}$ à $t = 0$.
5. Écrire la relation entre les élongations de deux points M_1 et M_2 , séparés par 4,0 m, lorsque l'onde se propage de M_1 vers M_2 .

Problème 3 – Corde tendue Niveau : ★★★

Une corde homogène de longueur 20 m possède une masse de 0,10 kg. Elle est tendue par une force $F = 50 \text{ N}$.

1. Calculer la masse linéique μ de la corde.
2. Sachant que la célérité de l'onde est fonction de F et μ tel que $v = F^\alpha \times \mu^\beta$.
Déterminer par analyse dimensionnelle les valeurs de α et β ; en déduire l'expression de la célérité de l'onde. Calculer la célérité d'une onde le long de cette corde.
3. Calculer le temps mis par l'onde pour atteindre l'autre extrémité.
4. On double la tension de la corde. Calculer la nouvelle célérité.
5. Par quel facteur faudrait-il multiplier la tension pour doubler la célérité ?