

Série N°2 : Les ondes mécaniques périodiques

Niveau : Terminale : SM A et B

Exercice 1 – Définitions Niveau : ★

Donner une définition précise de chacune des grandeurs ou notions suivantes :

1. période temporelle T ;
2. fréquence f ;
3. longueur d'onde λ ;
4. diffraction ;
5. milieu dispersif.

Exercice 2 – Vrai ou Faux Niveau : ★

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

1. La fréquence est l'inverse de la période.
2. Deux points séparés de $\frac{\lambda}{2}$ vibrent toujours en phase.
3. La longueur d'onde est une période spatiale.
4. La diffraction est importante lorsque la largeur de l'ouverture est de l'ordre de la longueur d'onde.
5. Une onde rectiligne devient circulaire après une fente très étroite.
6. Un stroboscope peut donner l'impression qu'un objet périodique est immobile.

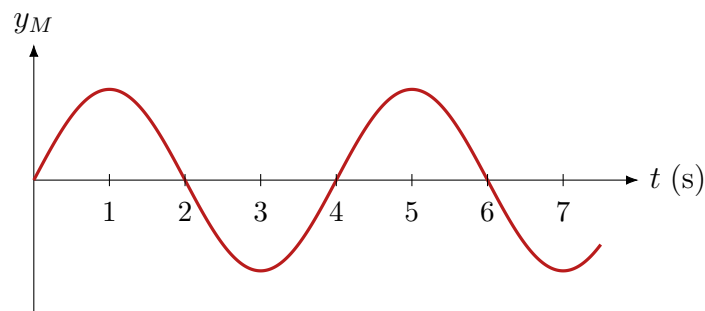
Exercice 3 – Grandeurs et unités Niveau : ★

Associer chaque grandeur à son symbole et à son unité.

Grandeur	Symbole	Unité
Période temporelle		
Fréquence		
Longueur d'onde		
Célérité		
Largeur d'une fente		

Exercice 4 – Détermination de la période Niveau : ★

A) Le graphe ci-dessous représente $y_M(t)$ l'élongation d'un point M en fonction du temps.



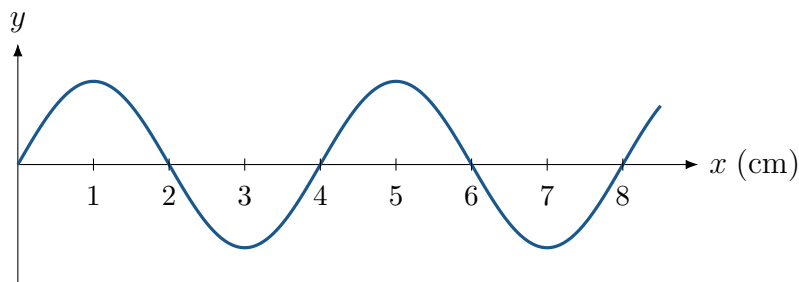
1. Déterminer la période T .
2. Calculer la fréquence f
3. Combien d'oscillations sont effectuées pendant 10 s ?

B) Un vibreur effectue 120 oscillations en 30 s.

1. Calculer sa fréquence.
2. Déterminer sa période.
3. Calculer le nombre d'oscillations effectuées en 2,5 min.

Exercice 5 – Longueur d'onde sur un profil spatial Niveau : **

A) Le profil spatial $y(x)$ d'une onde à un instant donné est représenté ci-dessous.



1. Déterminer la longueur d'onde λ .
2. Donner les abscisses de trois points qui sont sur le graphe et qui vibrent en phase.
3. Donner les abscisses de deux points qui vibrent en opposition de phase.
4. sachant que la fréquence de cette onde vaut : $f = 12 \text{ Hz}$. Calculer sa célérité.

B) Les points A , B , C , D et E sont placés sur la direction de propagation avec :

$$AB = 10 \text{ cm}, \quad AC = 14 \text{ cm}, \quad AD = 16 \text{ cm}, \quad AE = 20 \text{ cm}.$$

1. Quels points vibrent en phase avec A ?
2. Quels points vibrent en opposition de phase avec A ?

Exercice 6 – Onde périodique le long d'une corde Niveau : **

Une lame vibrante impose à l'extrémité S d'une corde horizontale un mouvement sinusoïdal transversal de fréquence $N = 50 \text{ Hz}$.

La célérité de propagation de l'onde le long de la corde est $v = 10 \text{ m s}^{-1}$.

On néglige tout amortissement.

1. Représenter l'aspect de la corde aux instants : $t_1 = 0,02 \text{ s}$ et $t_2 = 0,05 \text{ s}$,

sachant que le mouvement de l'extrémité S débute à l'instant $t = 0$ en se dirigeant vers le haut.

2. Les points M_1 et M_2 sont situés respectivement à $d_1 = 10 \text{ cm}$ et $d_2 = 40 \text{ cm}$

de la source S . Décrire l'état vibratoire de chacun de ces deux points par rapport à la source.

3. La corde est ensuite éclairée à l'aide d'un stroboscope dont la fréquence est réglée à

$N_e = 25 \text{ Hz}$. La corde apparaît-elle immobile ou en mouvement ralenti ? Justifier.

Exercice 7 – Plusieurs milieux Niveau : ★★

Un signal sonore de fréquence 500 Hz se propage successivement dans l'air et dans l'eau. On donne :

$$v_{\text{air}} = 340 \text{ m s}^{-1}, \quad v_{\text{eau}} = 1500 \text{ m s}^{-1}.$$

1. Calculer la longueur d'onde dans l'air.
2. Calculer la longueur d'onde dans l'eau.
3. Comparer les deux longueurs d'onde. Conclure.

Exercice 8 – Analyse dimensionnelle Niveau : ★★

On propose les relations suivantes : $v = \lambda f$, $v = \frac{\lambda}{T}$, $\lambda = vT$.

1. Donner la dimension de v , λ , f et T .
2. Vérifier l'homogénéité de chacune des relations.
3. Montrer que $\frac{\lambda}{T}$ a la dimension d'une vitesse.

Exercice 9 – Objet apparemment immobile Niveau : ★★

Un objet périodique a une fréquence : $f = 20 \text{ Hz}$. Le stroboscope émet des éclairs à la fréquence : $f_e = 10 \text{ Hz}$.

1. Calculer T et T_e .
2. Déterminer le nombre de périodes effectuées entre deux éclairs.
3. L'objet paraît-il immobile ? Justifier.

Exercice 10 – Ondes circulaires Niveau : ★

A) Une pointe vibrante crée des ondes circulaires à la surface de l'eau.

1. Deux crêtes successives sont distantes de 1,8 cm. Déterminer λ .
2. Un point M_2 est situé à 7,2 cm de M_1 . Les deux points vibrent-ils en phase ?

B) Une onde circulaire a une longueur d'onde : $\lambda = 2,5 \text{ cm}$.

Deux points M_1 et M_2 sont placés sur un même rayon.

1. Sont-ils en phase si $M_1M_2 = 5,0 \text{ cm}$? Justifier.
2. Sont-ils en phase si $M_1M_2 = 6,25 \text{ cm}$? Justifier.

C) Une lame rectiligne vibrante engendre des fronts d'onde parallèles.

1. Que représente la distance entre deux fronts de crête successifs ?
2. On mesure 6,0 cm pour quatre intervalles entre crêtes. Calculer λ .

Exercice 11 – Influence de la largeur de la fente Niveau : **

Une onde rectiligne de longueur d'onde $\lambda = 2,0 \text{ cm}$ rencontre une fente.

Étudier les trois cas : $a = 0,8 \text{ cm}$, $a = 2,0 \text{ cm}$, $a = 8,0 \text{ cm}$.

Pour chaque cas :

1. comparer a à λ ;
2. prévoir l'importance de la diffraction ;
3. décrire l'aspect des fronts d'onde après la fente.

Exercice 12 – Diffraction du son Niveau : **

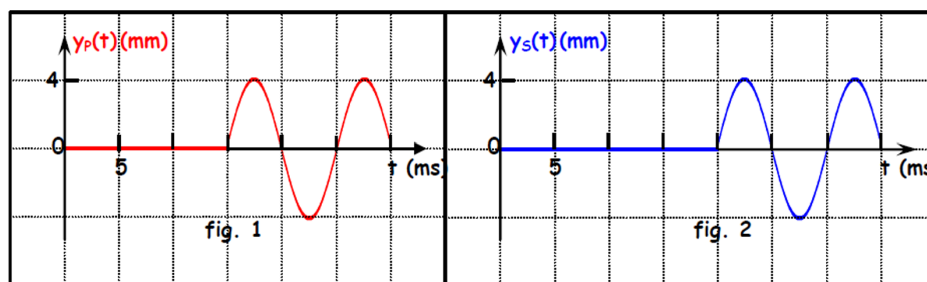
Une personne située dans un couloir entend une conversation provenant d'une pièce voisine, sans voir les personnes qui parlent.

1. Quel phénomène explique cette observation ?
2. Pourquoi les sons graves se diffractent-ils davantage que les sons aigus ?
3. Relier cette réponse à la longueur d'onde.

Exercice 13 – Corde + retard + stroboscope Niveau : ***

Une corde élastique est tendue horizontalement à l'aide d'un solide de masse M . Elle est reliée, en A , à une lame vibrante qui lui communique, à partir de l'instant $t = 0$, un mouvement sinusoïdal transversal de fréquence N .

Les figures 1 et 2 représentent les élongations des points P et S de la corde, séparés par une distance $PS = 5 \text{ cm}$.



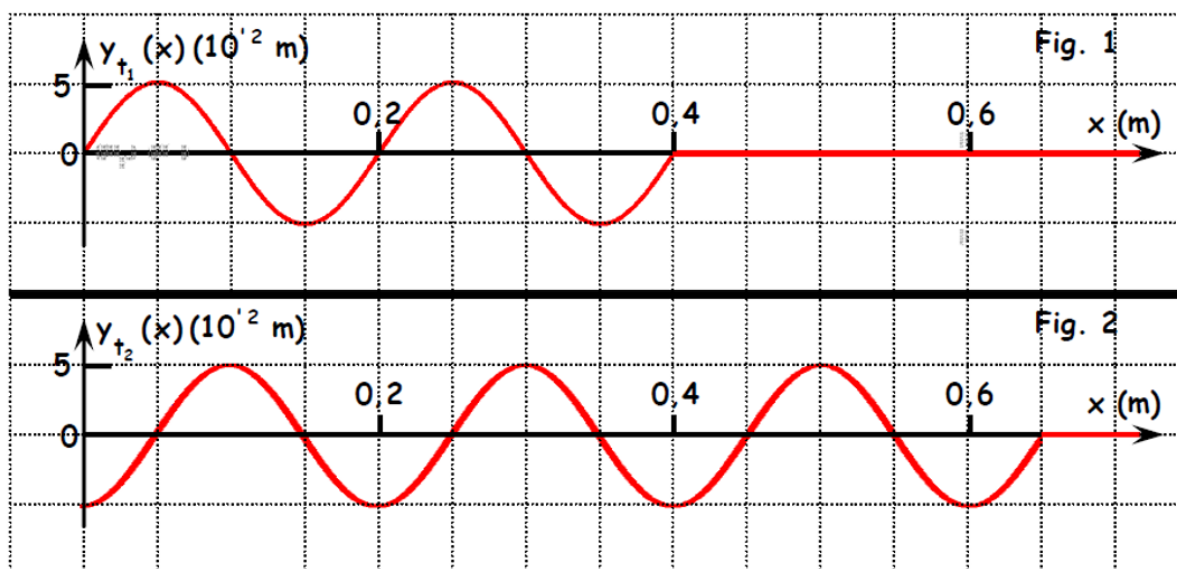
1. À partir des deux enregistrements, déterminer :
 - la célérité v de propagation de l'onde ;
 - les distances AS et AP .
2. La corde est éclairée par un stroboscope dont la fréquence est réglable. Décrire l'aspect observé lorsque la fréquence des éclairs vaut $N_e = 25 \text{ Hz}$. Justifier votre réponse.
3. Représenter l'aspect de la corde à l'instant $t_0 = 2,25 \times 10^{-2} \text{ s}$.
4. La lame vibrante s'arrête brusquement après avoir effectué deux oscillations et demie. Représenter l'aspect de la corde à la date $t_1 = 4,0 \times 10^{-2} \text{ s}$.

Exercice 14 – Exploitation de profils spatiaux Niveau : ***

À l'extrémité d'une lame vibrante animée d'un mouvement sinusoïdal de fréquence N , est attachée une corde élastique, supposée infinie et tendue horizontalement.

La corde est le siège d'une onde progressive sinusoïdale transversale, non amortie, se propageant avec une célérité v .

Les figures 1 et 2 représentent deux profils de la corde observés aux instants t_1 et t_2 , tels que $t_2 - t_1 = 5,0 \times 10^{-2}$ s.



1. À partir des deux profils représentés, déterminer graphiquement :

- la longueur d'onde λ ;
- la célérité de propagation v ;
- la fréquence N de la source vibrante.

2. Vérifier la cohérence des résultats obtenus en utilisant la relation $v = \lambda N$.

– Problèmes de synthèse

Problème 1 – Ondes circulaires à la surface de l'eau Niveau : ★★★

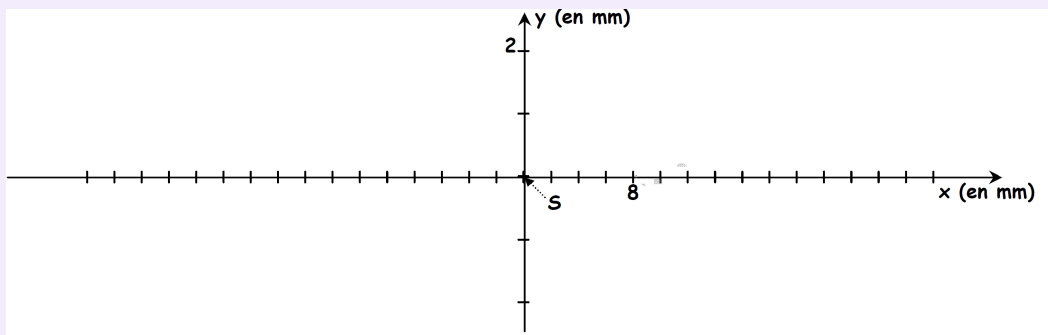
Une cuve à ondes contient un liquide au repos. Une pointe vibrante verticale, placée au point S , produit des vibrations sinusoïdales de fréquence $N = 100 \text{ Hz}$ d'amplitude $A = 2 \text{ mm}$ et de longueur d'onde est $\lambda = 8 \text{ mm}$.

Les ondes se propagent dans toutes les directions, sans amortissement ni réflexion sur les bords de la cuve.

1. Décrire l'aspect de la surface libre du liquide observée en lumière ordinaire.

Expliquer pourquoi cet aspect est particulièrement plus net au voisinage de la source S .

2. Représenter, sur la figure fournie, l'aspect de la coupe verticale de la surface du liquide suivant un plan passant par la source S , à l'instant $t = 3,0 \times 10^{-2} \text{ s}$, en sachant que la source commence son mouvement à l'instant $t = 0$ en se déplaçant vers le bas. Le tracé devra respecter l'échelle indiquée sur la figure.



Problème 2 – Cuve à ondes Niveau : ★★★

Une pointe vibrante de fréquence 15 Hz crée des ondes circulaires à la surface de l'eau. Sur une photographie, cinq longueurs d'onde occupent une distance de 12 cm .

1. Calculer la longueur d'onde.
2. Calculer la célérité des ondes.
3. Déterminer la période temporelle.
4. Deux points A et B sont distants de $7,2 \text{ cm}$. Vibrent-ils en phase ?
5. Une fente de largeur $2,0 \text{ cm}$ est placée sur le trajet de l'onde. Prévoir l'importance de la diffraction.
6. Représenter qualitativement les fronts d'onde avant et après la fente.

Problème 3 – Corde vibrante Niveau : ★★★

Une corde est excitée par un vibreur de fréquence 25 Hz. L'onde se propage à la célérité $5,0 \text{ m s}^{-1}$.

1. Calculer la période du vibreur.
2. Calculer la longueur d'onde.
3. Déterminer la distance parcourue par l'onde en trois périodes.
4. Deux points M_1 et M_2 sont séparés de 60 cm. Vibrent-ils en phase ?
5. On observe la corde avec un stroboscope. Donner deux valeurs de T_e pour lesquelles la corde paraît immobile.

Problème 4 – Stroboscopie, longueur d'onde et célérité Niveau : ★★★

A l'extrémité libre O d'une lame vibrant sinusoïdalement avec une fréquence $N = 100 \text{ Hz}$, on attache une corde élastique de longueur $L = 0,6 \text{ m}$. Etant tendue, celle-ci est le siège d'une onde progressive sinusoïdale transversale non amortie et de célérité $v = 12 \text{ m.s}^{-1}$.

1. L'élongation de la source S s'écrit : $y_S(t) = 5.10^{-3} \sin(2.\pi.N.t)$
 - a) Déterminer l'élongation $y_M(t)$ d'un point M de la corde situé à la position $SM = x$ de la source.
 - b) Comparer l'état vibratoire de M avec celui de la source si $x = 30 \text{ cm}$.
2. Déterminer le lieu et le nombre des points de la corde vibrant en opposition de phase par rapport à la source.
3. On éclaire la corde avec un stroboscope de fréquence N , variable. Quel est l'aspect observé de la corde lorsque N , vaut 25 Hz 99 Hz ? Justifier les réponses.