

Semaine 17

Ondes stationnaires, battements.

Question de cours.

Définir un **milieu dispersif** et un **milieu non dispersif**. Donner la conséquence de la dispersion sur la propagation d'un signal non-sinusoidal.

Exercices.

Exercice 1

On considère une corde de Melde. La corde est fixée en $x = L$ et est excitée par une vibration $s(t)$ imposée par un vibreur en $x = 0$.

$$s(t) = A \cos(\omega t)$$

On note $y(x, t)$ le déplacement transversale de la corde en x à l'instant t .

1. Exprimer les conditions aux limites de la vibration $y(x, t)$ en $x = 0$ et $x = L$.

On cherche des solutions de la forme $y(x, t) = Y \cos(\omega t - \phi) \cos(kx - \psi)$ avec ψ, ϕ des phases à l'origine.

2. Montrer que la solution s'écrit :

$$y(x, t) = \frac{A}{\sin(kL)} \cos(\omega t) \sin(k(L - x))$$

3. Que se passe-t-il si $\omega = \omega_n = \frac{n\pi c}{L}$ avec n un entier naturel? Comment appelle-t-on ce phénomène?
4. La divergence prédite n'est en réalité pas observée. Proposer une explication.

Exercice 2 — Onde progressive sinusoïdale.

On considère une onde à une dimension dont le signal s'exprime selon :

$$s(x, t) = 3 \cos(2,4 \times 10^3 \pi t - 7,0 \pi x + 0,3 \pi)$$

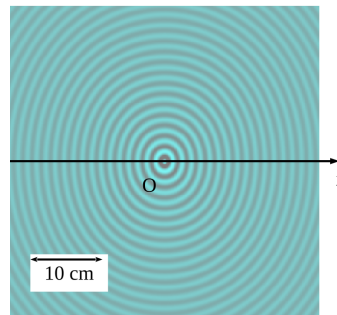
avec t en secondes et x en mètres.

1. Quelle est la fréquence, la pulsation, le vecteur d'onde et la longueur d'onde de cette onde /
2. Dans quel sens se propage-t-elle?
3. Quelle est sa vitesse de propagation?
4. Exprimer la différence de phase entre deux points situés aux abscisses x et $x + d$.
5. Pour quelles valeurs de d les deux ondes sont en phase? En opposition de phase? En quadrature de phase?
6. Au vu de sa fréquence et de sa vitesse de propagation, de quel type d'onde pourrait-t-il s'agir?

Exercice 3 — Cuve à ondes.

L'image ci-contre représente la surface d'une cuve à onde éclairée en éclairage stroboscopique. L'onde est générée par un vibreur de fréquence $f = 18 \text{ Hz}$. L'image est claire où la surface de l'eau est haute et foncée là où elle est basse.

1. Est-ce une onde unidimensionnelle? Justifier.
2. En mesurant sur la figure, déterminer la longueur d'onde du signal.



On réalise une série de mesure en faisant varier la fréquence du vibreur. On mesure pour chaque fréquence la longueur d'onde λ associée.

f (Hz)	10	15	20	25	30	40	50	60	70
λ (mm)	24	16	10	8	7	6.5	6.3	6.3	6.4

3. Rappeler le lien entre fréquence et longueur d'onde.
4. Quel graphe faut-il pour vérifier expérimentalement cette loi? Réaliser le tracé.
5. Le milieu est-il dispersif? On pourra distinguer deux cas de figure.
6. Dans la partie non-dispersive, donner la vitesse de l'onde.
7. Le mouvement du vibreur modifie la hauteur d'eau au niveau de l'origine du repère : $h_0(t) = z_0 + A \cos(2\pi ft)$. Écrire le signal $s(r, t)$ de l'onde en un point situé à une distance r de la source.

Semaine 17

Ondes stationnaires, battements.

Question de cours.

Représenter le montage de l'expérience des trous d'Young. Donner l'expression du chemin optique, et trouver l'expression de la différence de chemin d'optique en un point M de l'écran.

Exercices.

Exercice 1 — Somme et produit de deux signaux.

Considérons les deux signaux suivants.

$$s_1(t) = S \cos(2\pi f_1 t) \quad s_2(t) = S \sin(2\pi f_2 t)$$

avec $S > 0$ et $f_2 = 3f_1$.

1. Donner l'amplitude, la fréquence et la phase de chacun des deux signaux.
2. Dresser les spectres en amplitude et en phase.
3. On réalise un signal égal à la somme $s(t) = s_1(t) + s_2(t)$. Est-ce un signal sinusoïdal? Est-ce un signal périodique? Dresser son spectre en amplitude.
4. On réalise un signal proportionnel au produit des deux signaux $p(t) = K s_1(t) s_2(t)$. K est une constante. Quelle est son unité par rapport à celle de S ?
5. On donne $\sin a \cos b = \frac{1}{2} [\sin(a+b) + \sin(a-b)]$. p est-il un signal sinusoïdal? Est-il périodique? Dresser ses spectres en amplitude et en phase.

Exercice 2 — Onde progressive sinusoïdale.

On considère une onde à une dimension dont le signal s'exprime selon :

$$s(x, t) = 3 \cos(2,4 \times 10^3 \pi t - 7,0 \pi x + 0,3 \pi)$$

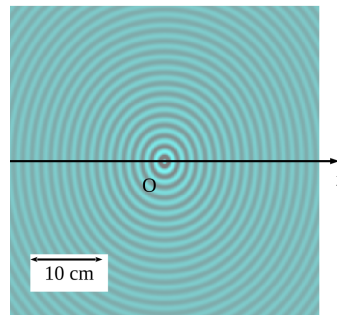
avec t en secondes et x en mètres.

1. Quelle est la fréquence, la pulsation, le vecteur d'onde et la longueur d'onde de cette onde /
2. Dans quel sens se propage-t-elle?
3. Quelle est sa vitesse de propagation?
4. Exprimer la différence de phase entre deux points situés aux abscisses x et $x + d$.
5. Pour quelles valeurs de d les deux ondes sont en phase? En opposition de phase? En quadrature de phase?
6. Au vu de sa fréquence et de sa vitesse de propagation, de quel type d'onde pourrait-il s'agir?

Exercice 3 — Cuve à ondes.

L'image ci-contre représente la surface d'une cuve à onde éclairée en éclairage stroboscopique. L'onde est générée par un vibreur de fréquence $f = 18 \text{ Hz}$. L'image est claire où la surface de l'eau est haute et foncée là où elle est basse.

1. Est-ce une onde unidimensionnelle? Justifier.
2. En mesurant sur la figure, déterminer la longueur d'onde du signal.



On réalise une série de mesure en faisant varier la fréquence du vibreur. On mesure pour chaque fréquence la longueur d'onde λ associée.

f (Hz)	10	15	20	25	30	40	50	60	70
λ (mm)	24	16	10	8	7	6.5	6.3	6.3	6.4

3. Rappeler le lien entre fréquence et longueur d'onde.
4. Quel graphe faut-il pour vérifier expérimentalement cette loi? Réaliser le tracé.
5. Le milieu est-il dispersif? On pourra distinguer deux cas de figure.
6. Dans la partie non-dispersive, donner la vitesse de l'onde.
7. Le mouvement du vibreur modifie la hauteur d'eau au niveau de l'origine du repère : $h_0(t) = z_0 + A \cos(2\pi ft)$.
Écrire le signal $s(r, t)$ de l'onde en un point situé à une distance r de la source.

Semaine 17

Ondes stationnaires, battements.

Question de cours.

On considère une corde horizontale de longueur L fixée à ses deux extrémités. Définir **noeud** et **ventre**. Établir l'expression des fréquences des modes propres de la corde.

Exercices.

Exercice 1 — Effet Doppler

Une onde sinusoïdale sonore est émise par une source qui délivre un signal

$$s(t) = A \cos(2\pi ft).$$

On appelle c la vitesse du son dans l'air. La source se déplace avec une vitesse v suivant les x croissants. Elle est initialement en O . On place un observateur en x_1 et, dans un premier temps, on suppose que la source mobile se trouve avant x_1 sur l'axe.

1. Donner la position $x_S(t)$ de la source au cours du temps.
2. Écrire le signal $s(x_1, t)$ perçu par l'observateur.
3. En déduire l'expression de la fréquence f' pour l'observateur. Comparer f' et f : le son paraît-il plus aigu ou plus grave ?
4. Reprendre les questions précédentes en supposant désormais que la source a dépassé l'observateur et s'en éloigne.
5. Vous marchez dans la rue et un camion de pompier, sirène en marche, arrive de derrière et vous dépasse. Qu'entendez-vous ?

Exercice 2 — Onde progressive sinusoïdale.

On considère une onde à une dimension dont le signal s'exprime selon :

$$s(x, t) = 3 \cos(2,4 \times 10^3 \pi t - 7,0 \pi x + 0,3 \pi)$$

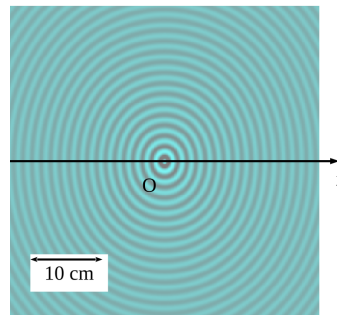
avec t en secondes et x en mètres.

1. Quelle est la fréquence, la pulsation, le vecteur d'onde et la longueur d'onde de cette onde ?
2. Dans quel sens se propage-t-elle ?
3. Quelle est sa vitesse de propagation ?
4. Exprimer la différence de phase entre deux points situés aux abscisses x et $x + d$.
5. Pour quelles valeurs de d les deux ondes sont en phase ? En opposition de phase ? En quadrature de phase ?
6. Au vu de sa fréquence et de sa vitesse de propagation, de quel type d'onde pourrait-il s'agir ?

Exercice 3 — Cuve à ondes.

L'image ci-contre représente la surface d'une cuve à onde éclairée en éclairage stroboscopique. L'onde est générée par un vibreur de fréquence $f = 18 \text{ Hz}$. L'image est claire où la surface de l'eau est haute et foncée là où elle est basse.

1. Est-ce une onde unidimensionnelle? Justifier.
2. En mesurant sur la figure, déterminer la longueur d'onde du signal.



On réalise une série de mesure en faisant varier la fréquence du vibreur. On mesure pour chaque fréquence la longueur d'onde λ associée.

f (Hz)	10	15	20	25	30	40	50	60	70
λ (mm)	24	16	10	8	7	6.5	6.3	6.3	6.4

3. Rappeler le lien entre fréquence et longueur d'onde.
4. Quel graphe faut-il pour vérifier expérimentalement cette loi? Réaliser le tracé.
5. Le milieu est-il dispersif? On pourra distinguer deux cas de figure.
6. Dans la partie non-dispersive, donner la vitesse de l'onde.
7. Le mouvement du vibreur modifie la hauteur d'eau au niveau de l'origine du repère : $h_0(t) = z_0 + A \cos(2\pi ft)$.
Écrire le signal $s(r, t)$ de l'onde en un point situé à une distance r de la source.