



Capacités exigibles :

- Caractériser un signal sinusoïdal en utilisant les notions d'amplitude, de phase, de période de fréquence et de pulsation ω .
- Prévoir dans le cas d'une onde progressive, l'évolution temporelle à position fixée, et prévoir la forme à différents instants $\bullet$.
- Établir la relation entre la fréquence la longueur d'onde et la célérité v .

Exercice 1 Étude de la propagation d'une impulsion le long d'une corde vibrante $\bullet$

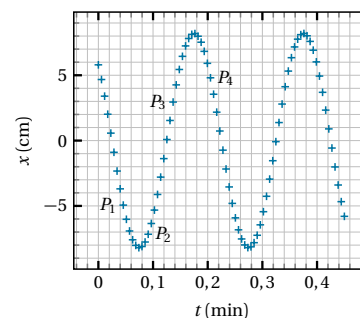
On crée à l'extrémité S d'une corde horizontale tendue une perturbation verticale. On soulève S de 2 cm en 0,1 s puis on le ramène à sa position initiale en 0,2 s. Ce signal génère une onde mécanique progressive le long de la corde dont la célérité est $c = 1,0 \text{ m.s}^{-1}$. La fonction d'onde est l'altitude $y(x, t)$ du point M d'abscisse x à la date t .

1. Tracer l'histoire du point S d'abscisse 0.
2. Tracer les histoires des points $A(x_A = 0,10 \text{ m})$, $B(x_B = 0,20 \text{ m})$, $C(x_C = 0,30 \text{ m})$ et $D(x_D = 0,40 \text{ m})$.
3. Tracer la photographie de la corde aux dates $t = 0$ et $t = 0,3 \text{ s}$.
4. Commenter la dissemblance entre la forme des courbes temporelles et spatiales.

Exercice 2 Approche expérimentale ω

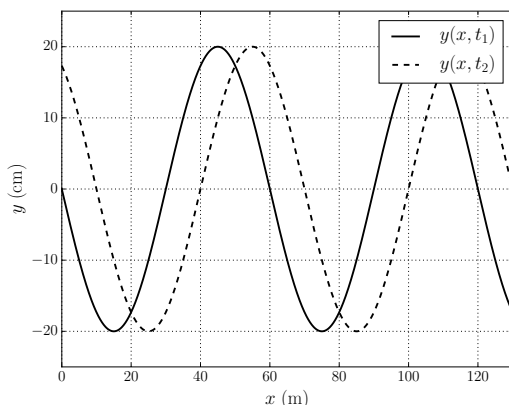
Un dispositif a réalisé l'acquisition d'une hauteur d'eau au cours du temps. Les résultats sont présentés graphiquement dans la figure ci-contre.

1. On cherche à exprimer cette hauteur d'eau sous la forme $x(t) = A \sin(2\pi f_0 t + \phi)$. Déterminer graphiquement les valeurs numériques de A , f_0 et ϕ .



Exercice 3 Emportées par la houle*** $\bullet \omega \omega$

La houle est un mouvement ondulatoire de la surface de la mer formé par un vent lointain.



Nous l'assimilerons ici pour simplifier à une onde harmonique se propageant le long d'un axe Ox .

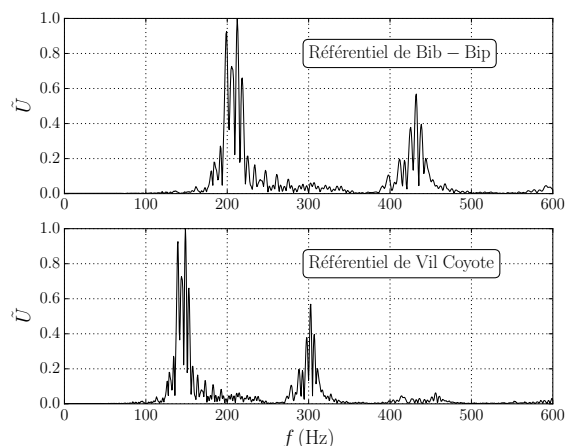
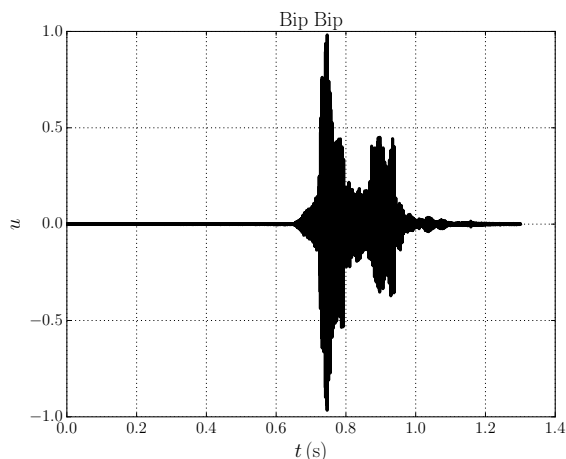
Nous notons $y(x, t)$ l'ordonnée du point de la surface qui se trouve en x à l'instant t . La fonction $y(x, t)$ est représentée sur la figure à deux instants différents $t_1 = 0,0 \text{ s}$ et $t_2 = 1,0 \text{ s}$.

Nous admettons que t_2 est inférieur à la période T de l'onde.

1. Dans quel sens se propage l'onde ?
2. Déterminer sa longueur d'onde λ , sa période et sa vitesse de propagation c .
3. Proposer une écriture de $y(x, t)$.
4. Emportées par la houle qui les traîne et les entraîne, deux mouettes rieuses se trouvent aux abscisses $x_1 = 0,0 \text{ m}$ et $x_2 = 5,0 \text{ m}$ à la surface de l'eau. Peut-on dire que la houle les éloigne l'une de l'autre ? Représenter sur le même graphe l'évolution de l'ordonnée des deux mouettes (assimilées à deux points sur la surface de l'eau) en fonction du temps.

Exercice 4 Bip Bip et Vil Coyote ❶❷

Bip Bip est un Grand Géocoucou dont l'extrême rapidité à la course permet de déjouer les pièges de son ennemi Vil Coyote. Son cri de victoire « bip-bip » ressemble à un klaxon et lui vaut son surnom.



Bip Bip se déplace à grande vitesse sur une route en ligne droite lorsqu'il émet son cri tandis que Vil Coyote est immobile sur le bord de la route. Les deux protagonistes sont dotés d'un micro permettant l'enregistrement du « bip-bip ». La représentation temporelle du signal est donnée sur la figure ci-dessus (enregistrée à l'aide du micro de « bip-bip ») ainsi que les spectres du signal enregistrés à l'aide des deux micros, c'est-à-dire dans les référentiels de Bip Bip et de Vil coyote. Nous noterons c la célérité des ondes sonores dans l'air.

Dans les conditions de l'expérience, $c = 340 \text{ m s}^{-1}$.

1. Comparer les deux spectres.
2. Pour interpréter le phénomène, nous considérons le modèle suivant : une source sonore mobile S émet une succession périodique de « claps » sonores très brefs reçus par un récepteur immobile en O . La période d'émission et la vitesse de S sont respectivement T et $\vec{v} = v\vec{u}_x$ avec $v > 0$.



- a) À l'instant $t = 0$, S se trouve à la distance D de O et émet un « clap ». Déterminer t_1 , l'instant de réception en O de ce « clap ».
 - b) Déterminer de même l'instant t_2 de réception du « clap » émis à l'instant T .
 - c) Exprimer alors la période T' du signal reçu en O en fonction de T , v et c . En déduire la fréquence f' du signal reçu en fonction de la fréquence f du signal émis, v et c . Comparer f' et f . Cet effet est connu sous le nom d'effet Doppler.
 - d) Que se passe-t-il lorsque la source S s'éloigne de O ?
3. À quelle vitesse se déplace Bip Bip lorsqu'il émet son cri ? Se rapproche-t-il ou s'éloigne-t-il alors de Vil Coyote ?

Exercice 5 Spectre d'un produit de fonctions sinusoïdales ❸❹

On considère le signal $s(t) = A \cos(2\pi f_1 t) \cos(2\pi f_2 t + \varphi)$ où A et φ sont des constantes. En utilisant les formules de trigonométrie $\cos(a+b)$ et $\cos(a-b)$ déterminer les fréquences contenues dans $s(t)$.

1. Représenter son spectre d'amplitude.
2. Examiner le cas où $f_1 = f_2$.

Solutions des exercices

³Réponses : 2) $\lambda = 60 \text{ m}$, $c = 10 \text{ m s}^{-1}$, $T = 6,0 \text{ s}$; 4) $y_1(t) = 20 \sin(\omega t)$ et $y_2(t) = 20 \sin(\omega t - 0,52)$.

⁴Réponses : 2a) $t_1 = \frac{D}{c}$; 2c) $T' = T \left(1 - \frac{v}{c}\right)$ 3) $v \approx 150 \text{ m s}^{-1}$

⁵Réponses : 1) $f_1 - f_2$ et $f_1 + f_2$