

TD SP1

Ondes progressives

1 Exercices

Exercice 1 - Relation entre fréquence et longueur d'onde

- Calculer la longueur d'onde de l'onde électromagnétique qui existe dans un four micro-onde sachant que sa fréquence est $f = 2,45$ GHz et que la célérité des ondes électromagnétiques est $v = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹.
- La vitesse du son dans l'air dépend de la température T selon la formule :

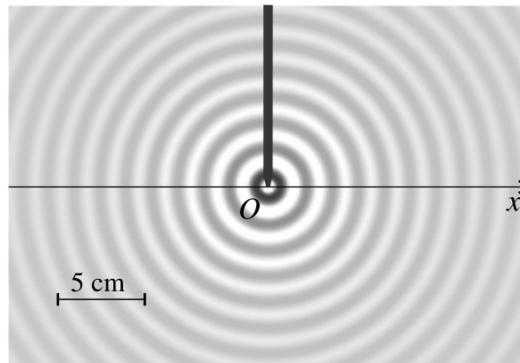
$$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M_{air}}}$$

où $\gamma = 1,4$, $R = 8,314$ J.K⁻¹.mol⁻¹ et $M_{air} = 29 \times 10^{-3}$ kg.mol⁻¹.

Calculer la longueur d'onde λ d'un son de fréquence 300 Hz lorsque la température vaut $T = 290$ K.

Exercice 2 - Cuve à ondes

La figure représente la surface d'une cuve à onde éclairée en éclairage stroboscopique. L'onde est engendrée par un vibreur de fréquence $f = 18$ Hz. L'image est claire là où la surface de l'eau est convexe (en bosse), foncée là où elle est concave (en creux).



- En mesurant sur la figure, déterminer la longueur d'onde.
- En déduire la célérité de l'onde.
- On suppose l'onde sinusoïdale, d'amplitude A constante et de phase initiale nulle en O . Écrire le signal $s(x, t)$ pour $x > 0$ et pour $x < 0$.
- Expliquer pourquoi A n'est pas, en fait, constante.

Exercice 3 - Spectre d'un produit de fonctions sinusoïdales

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.

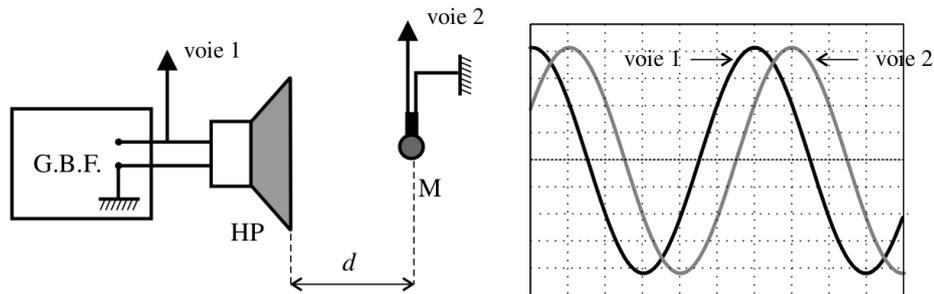
- En utilisant la formule de trigonométrie $\cos a \cos b = \frac{1}{2}(\cos(a + b) + \cos(a - b))$, déterminer les fréquences contenues dans $s(t)$. Représenter son spectre d'amplitude et de phase.
- Examiner le cas où $f_1 = f_2$.

Exercice 4 - Onde progressive sinusoïdale

- Donner la période, la fréquence, la pulsation, la longueur d'onde, le nombre d'onde et le vecteur d'onde de l'onde : $s(x, t) = 5 \sin(2,0 \times 10^3 \pi t - 2,0 \pi x + 0,2 \pi)$ où x et t sont exprimés respectivement en mètres et en secondes. Quelle est sa vitesse de propagation ?
- Une onde sinusoïdale se propage dans la direction de l'axe (Ox) dans le sens positif avec la célérité c . L'expression du signal de l'onde au point d'abscisse $x = 0$ est $s_1(0, t) = A \cos(\omega t)$. Déterminer l'expression de $s_1(x, t)$. Représenter $s_1(x, 0)$ en fonction de x .
- Une onde sinusoïdale se propage dans la direction de l'axe (Ox) dans le sens négatif avec la célérité c . On donne : $s_2(0, t) = A \sin(\omega t)$. Déterminer l'expression de $s_2(x, t)$. Représenter graphiquement $s_2(\lambda/4, t)$ et $s_2(\lambda/2, t)$ en fonction de t .

Exercice 5 - Étude expérimentale d'une onde progressive sinusoïdale

Un haut-parleur (HP) est mis en vibration à l'aide d'un générateur de basses fréquences GBF réglé sur la fréquence $f = 1500\text{ Hz}$. L'onde sonore ainsi créée se propage dans l'air à la célérité $v = 342\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Un microphone M placé à distance d du haut-parleur reçoit le signal sonore et le transforme en un signal électrique. Les signaux du GBF et du microphone sont envoyés respectivement sur les voies 1 et 2 d'un oscilloscope.



1. Pour une certaine position de M et un réglage adéquat de l'oscilloscope, l'écran a l'aspect représenté sur la figure ci-dessus. Quel est le déphasage des signaux visualisés ?
2. L'oscilloscope étant synchronisé sur la voie 1, comment évolue la courbe de la voie 2 lorsqu'on éloigne M de HP ?
3. De combien doit-on augmenter d pour voir les deux signaux en phase ? Quel est le meilleur moyen pour savoir si deux signaux sont en phase ?

Exercice 6 - Effet Doppler

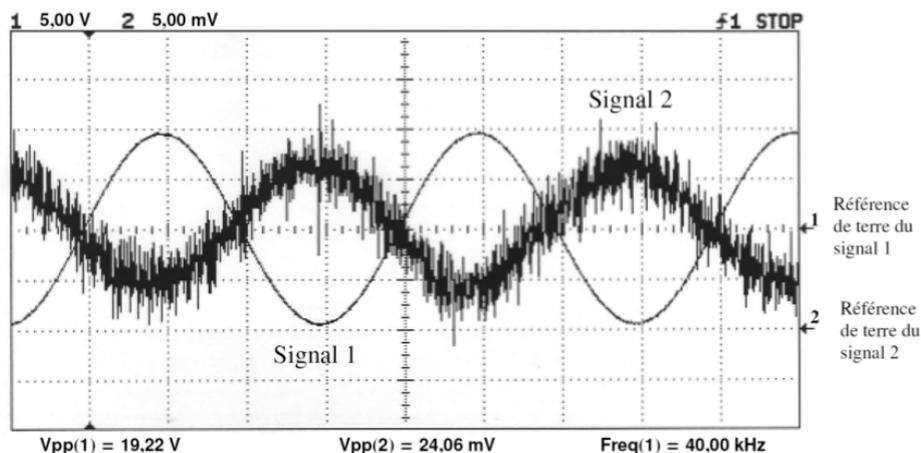
Une onde sinusoïdale de fréquence f se propage dans la direction de (Ox) dans le sens positif de (Ox) avec la célérité v . Un observateur se déplace avec une vitesse $\vec{v}_{O'} = v_{O'}\vec{u}_x$ parallèle à (Ox) .

1. Écrire le signal $s(x, t)$ de l'onde en définissant les notations nécessaires.
2. Pour l'observateur en mouvement, le point d'abscisse x est repéré par une abscisse le long d'un axe $(O'x')$ qui lui est lié telle que $x' = x - v_{O'}t$. Exprimer $s(x', t)$.
3. En déduire l'expression de la fréquence f' pour l'observateur en mouvement. Comparer f' et f suivant le signe de $v_{O'}$.

2 Résolution de problèmes

Télémetrie

Un émetteur à ultrasons émet une onde sinusoïdale (signal 1), qui est envoyée sur un obstacle. Un capteur à ultrasons est positionné à côté de l'émetteur et on visualise à l'oscilloscope le signal reçu (signal 2).



Déterminer la distance qui sépare l'émetteur de l'obstacle, sachant que les signaux se sont retrouvés 50 fois en phase durant l'éloignement de l'obstacle de l'émetteur.