

TD S6.1 - Propagation d'un signal

Table des matières

1 Point commun entre un piano et un four à micro-ondes	1
2 Une voix de canard	1
3 Sonar	2
4 Évolution temporelle d'une onde	2
5 Mesure d'une vitesse de propagation	3
6 Cuve à onde	4
7 Ondes progressives sinusoïdales	4
8 Battements	5

1 Point commun entre un piano et un four à micro-ondes

1.1 Calculer la longueur d'onde λ_1 dans l'air de l'onde sonore correspondant à la touche fa_7 du piano de fréquence $f_1 = 2794$ Hz. On rappelle la valeur de la célérité des ondes sonores dans l'air : $c_1 = 340$ m/s.

1.2 Faire de même pour les ondes d'un four à micro-ondes de fréquence $f_2 = 2,45$ GHz et de célérité $c_2 = 3 \times 10^8$ m/s.

1.3 Conclure.

2 Une voix de canard

La vitesse du son dans un gaz est donnée par la formule :

$$c = \sqrt{\frac{\gamma RT_0}{M}}$$

où γ est le coefficient adiabatique du gaz, $R = 8,314$ J/(K mol) la constante des gaz parfaits, T_0 la température ambiante et M la masse molaire du gaz.

On donne la masse molaire de l'air

$$M_{\text{air}} = 29 \text{ g/mol} \quad \text{et son coefficient adiabatique} \quad \gamma_{\text{air}} = 1,4,$$

ainsi que la masse molaire de l'hélium

$$M_{\text{He}} = 4 \text{ g/mol} \quad \text{et son coefficient adiabatique} \quad \gamma_{\text{He}} = 1,66.$$

La longueur d'onde du son émis par un individu dépend de la structure des caisses de résonance.

2.1 Calculer la vitesse c_1 du son dans l'air à 20°C .

2.2 Expliquer pourquoi après avoir respiré de l'hélium notre voix ressemble à celle d'un canard (est plus aiguë).

3 Sonar

Avant de plonger, le commandant d'un sous-marin équipé d'un dispositif émetteur-récepteur de signaux ultrasonores (sonar), désire connaître la profondeur du fond océanique situé à la verticale du sous-marin. Pour cela il fait envoyer par un technicien un signal ultrasonore vers le fond océanique. Ce signal se réfléchit et l'écho est détecté par le récepteur au bout d'un temps $t_1 = 4,00$ s.

Une fois en situation de plongée, le sous-marin, afin de repérer sa profondeur h_1 , fait envoyer un signal ultrasonore se propageant vers le bas. On donne la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau :

$$v = 1,5 \times 10^3 \text{ m/s.}$$

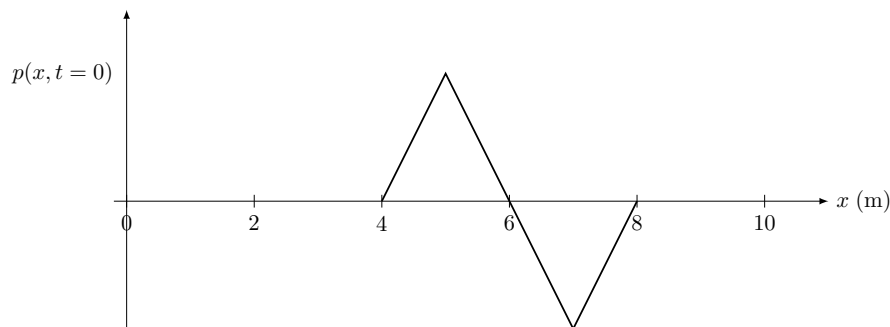
Le récepteur perçoit l'écho à $t_2 = 1,60$ s.

3.1 Quelle est la profondeur h_1 du fond océanique ?

3.2 Quelle est la profondeur h_2 du sous-marin en situation de plongée ?

4 Évolution temporelle d'une onde

On considère une onde progressive se propageant à la vitesse $c = 2$ m/s dans le sens des x croissants sans atténuation, pour laquelle on donne la représentation graphique $p(x, t = 0)$ ci-dessous.



4.1 Quelle est la longueur L de l'impulsion correspondant à cette onde ?

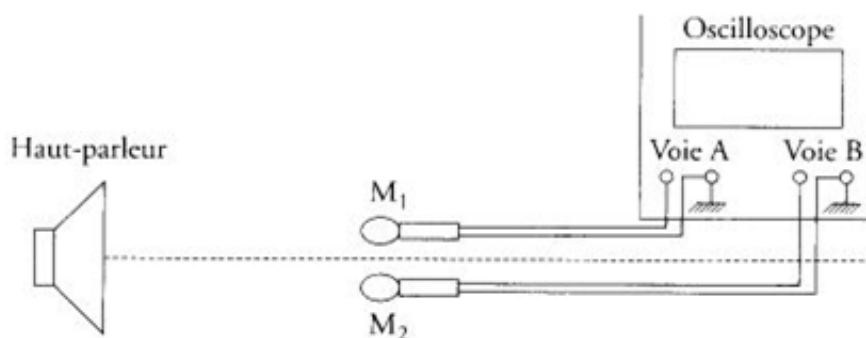
4.2 Pendant quelle durée τ un point M quelconque est-il affecté par le passage de l'onde ?

4.3 Représenter $p(x, t_2 = 2 \text{ s})$.

4.4 À quel instant t_1 l'onde arrive-t-elle au point d'abscisse $x_0 = 10$ m ?

4.5 Représenter $p(x_0 = 10 \text{ m}, t)$, qui correspond à l'évolution de l'onde en fonction du temps en $x_0 = 10$ m.

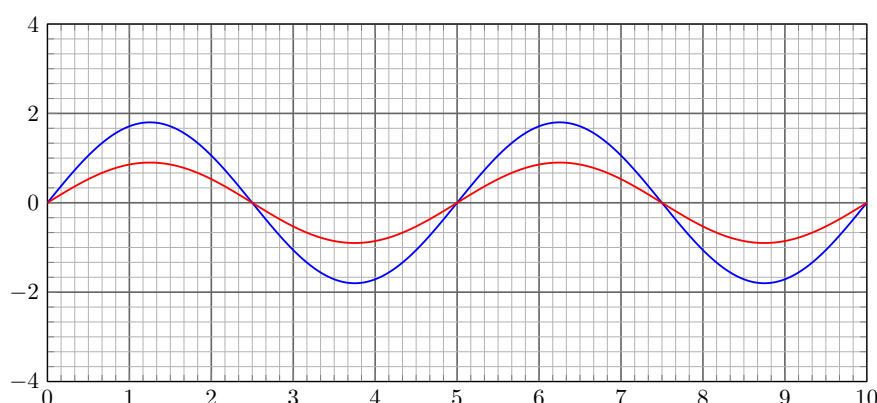
5 Mesure d'une vitesse de propagation



Un signal électrique sinusoïdal est amplifié puis transformé en onde sonore par le haut-parleur. Pour mesurer la vitesse du son émis par le haut-parleur à la température de la salle, on réalise l'expérience schématisée sur la figure ci-dessus.

On place côte à côte face au haut-parleur deux microphones M_1 et M_2 , branchés sur les voies A et B d'un oscilloscope.

Les courbes observées sur l'écran de l'oscilloscope sont représentées ci-dessous, les deux voies de l'oscilloscope n'étant pas réglées avec la même déviation verticale.



5.1 Quelle est la nature de l'onde émise par le haut-parleur ?

5.2 Cette onde sonore est dite longitudinale. Expliquer cette appellation.

Les courbes observées sur l'écran de l'oscilloscope sont en phase. On laisse le microphone M_1 en place et on déplace lentement, et parallèlement à l'axe du haut-parleur, le microphone M_2 jusqu'à obtenir à nouveau les deux courbes en phase. La distance qui sépare les deux microphones dans cette nouvelle position est

$$d = 1,50 \text{ m.}$$

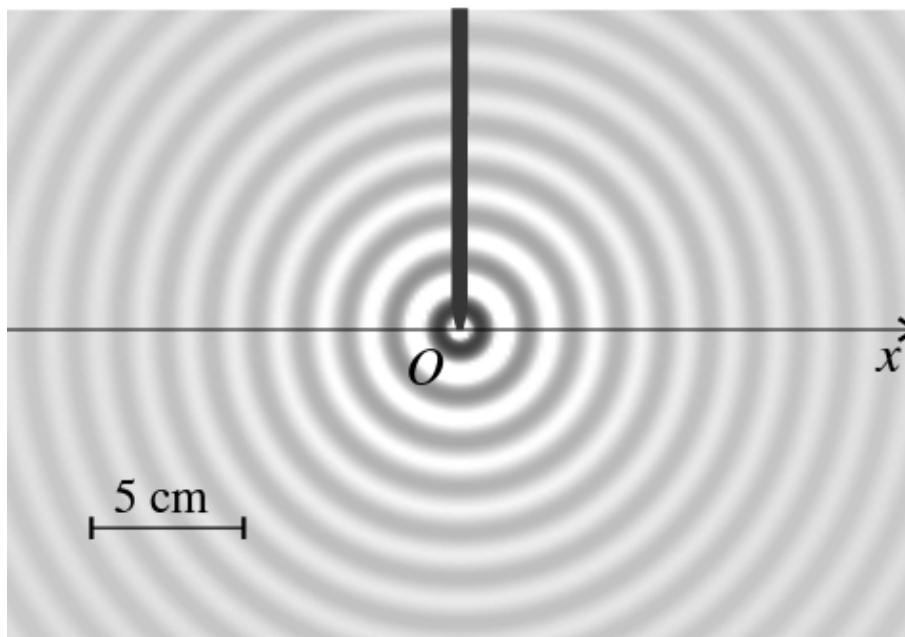
5.3 Définir la longueur d'onde d'une onde sinusoïdale.

5.4 Que représente alors la distance d dans cette expérience ?

5.5 Comment pourrait-on améliorer cette mesure ?

5.6 Sachant que la fréquence de l'onde sonore émise par le haut-parleur est $f = 225 \text{ Hz}$, calculer la vitesse de propagation du son dans l'air.

6 Cuve à onde



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

6.1 En mesurant sur la figure, déterminer la longueur d'onde.

6.2 En déduire la célérité de l'onde.

On suppose l'onde sinusoïdale, d'amplitude A constante et de phase initiale nulle en O :

$$s(0, t) = A \cos(\omega t).$$

6.3 Écrire le signal $s(x, t)$ pour $x > 0$ et pour $x < 0$.

6.4 Expliquer pourquoi A n'est en pratique pas constante.

7 Ondes progressives sinusoïdales

7.1 Donner la période, la fréquence, la pulsation, la longueur d'onde, le nombre d'onde et le vecteur d'onde de l'onde :

$$s(x, t) = 5 \sin(2,4 \times 10^3 \pi t - 7,0 \pi x + 0,7 \pi)$$

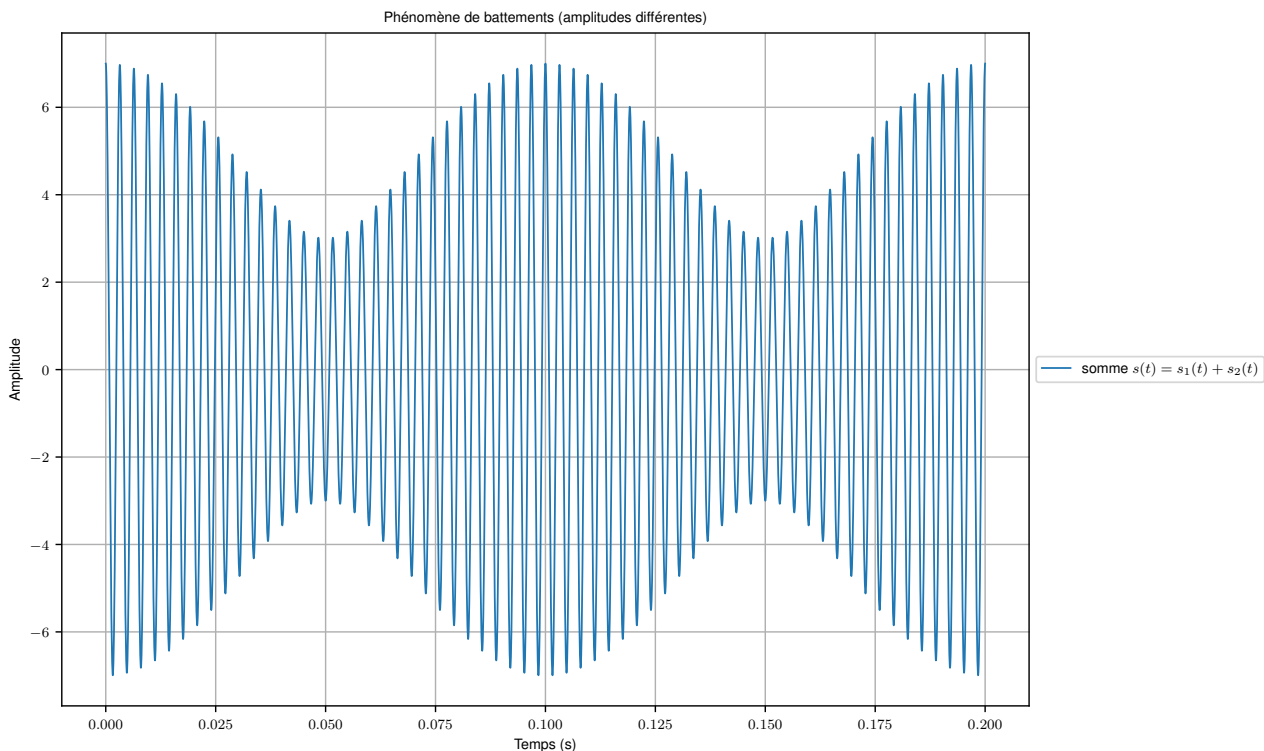
où x et t sont exprimés respectivement en mètres et en secondes. Quelle est sa vitesse de propagation ?

7.2 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_1 est $s_1(x_1, t) = A \cos(\omega t)$. Déterminer l'expression de $s_1(x, t)$. Représenter $s(x, 0)$ en fonction de x (on fera apparaître A , x_1 et λ sur le graphe).

7.3 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 $s_2\left(\frac{\lambda}{4}, t\right)$ et $s_2\left(\frac{\lambda}{2}, t\right)$ en fonction de t .

8 Battements

La figure ci-dessous montre l'enregistrement, en fonction du temps, d'un signal $s(t)$ obtenu par superposition de deux signaux sinusoïdaux fournis par deux générateurs de basses fréquences. On observe un phénomène de battements.



On demande de déterminer :

8.1 les fréquences des deux signaux sinusoïdaux ;

8.2 les amplitudes de ces deux signaux.