

Devoir n°2: sons et ultrasons

Pour tous les exercices:

On rappelle la définition du niveau sonore: $L=10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$, avec L en dB et $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$.

On donne les célérités des sons et ultrasons suivantes:

dans l'air : $c_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$; dans l'acier : $c_a = 5,0 \text{ km.s}^{-1}$; dans le pétrole : $c_p = 1,3 \text{ km.s}^{-1}$.

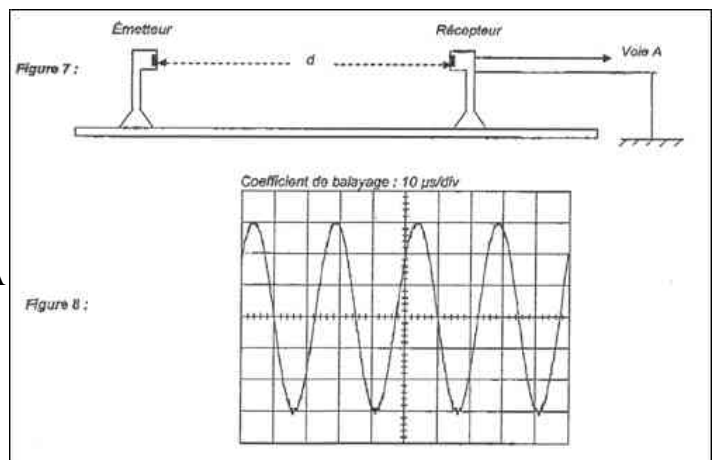
Exercice 1: onde ultrasonore produite par une céramique piézoélectrique (4 points)

Lorsqu'on applique une tension sinusoïdale d'amplitude suffisante et de fréquence appropriée entre les deux faces métallisées et opposées d'une céramique piézoélectrique, elle se met à vibrer. Lorsque la céramique entre en résonance, elle émet des ultrasons.

La fréquence des ultrasons émis est égale à la fréquence de vibration de la céramique émettrice.

On réalise le montage schématisé figure 7 ci-contre. Le récepteur, constitué d'une céramique réceptrice, est placé à une distance d, face à la céramique émettrice.

Une tension de même fréquence que les ultrasons reçus apparaît aux bornes de la céramique réceptrice. On visualise cette tension sur la voie A d'un oscilloscope. L'oscillogramme obtenu est représenté sur la figure 8 ci-contre. Le coefficient de balayage est égal à $10 \mu\text{s/div}$ et la sensibilité verticale à $0,2 \text{ V/div}$.



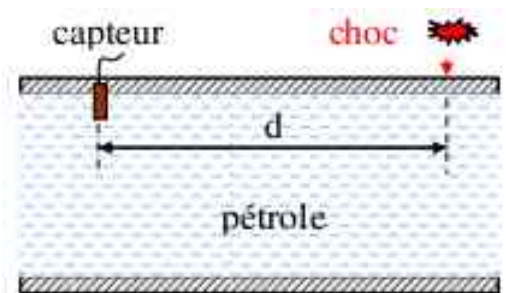
- 1- **Déterminez** la période T et la fréquence f de la tension observée à l'oscilloscope.
- 2- **En déduire** la fréquence f_u des ultrasons. **Justifiez**.
- 3- **Donnez** l'expression littérale puis la valeur de la longueur d'onde λ des ultrasons dans l'air.

Exercice 2: vitesse du son dans un oléoduc (4 points)

Un oléoduc est une canalisation d'acier utilisée pour transporter du pétrole. L'oléoduc reçoit un choc (instant $t = 0$) à une distance d d'un capteur.

Celui-ci détecte, quelques instants plus tard, deux signaux sonores brefs séparés par une durée $\Delta t = 1,9 \text{ s}$.

- 1- **Donnez** les expressions des instants t_a et t_p où les signaux sonores parviennent au capteur après s'être propagés dans l'acier (pour t_a) ou dans le pétrole (pour t_p).
- 2- **En déduire** l'expression de Δt en fonction de d, c_a et c_p .
- 3- **Calculez** la distance d séparant le capteur de la zone de choc si $\Delta t = 1,9 \text{ s}$.



Exercice 3: calcul d'un niveau d'intensité acoustique (4 points)

Une source sonore émet une puissance de 1 mW se propageant dans toutes les directions de l'espace. On désire calculer le niveau acoustique perçu à 10 m de la source.

- 1- **Calculez** l'intensité acoustique I , exprimée en $W.m^{-2}$, à 10 m de la source. I est le rapport de la puissance émise par la surface d'une sphère de 10 m de rayon.
- 2- **A quoi correspond** l'intensité acoustique $I_0 = 10^{-12} W.m^{-2}$?
- 3- **Déterminez** le niveau d'intensité acoustique.
- 4- **Déterminez** à partir de quelle distance le son émis par la source sera-t-il inaudible.

Rappel: surface d'une sphère de rayon R : $S = 4\pi.R^2$.

Exercice 4: sirène d'une ambulance (6 points)

Une sirène S émet des « bips » très brefs à intervalles de temps réguliers T . Chaque « bip » donne naissance à un signal sonore qui se déplace dans l'air à la célérité $c = 340 m.s^{-1}$. La sirène équipe une ambulance qui roule sur une route rectiligne en se dirigeant à la vitesse constante v vers un observateur immobile O .

- 1.1- A la date $t = 0$, la sirène est en S_1 , à la distance d_1 de l'observateur, lorsqu'elle émet son premier « bip ». **A quelle date** t_1 , ce premier signal est-il perçu par l'observateur ?
- 1.2- **A quelle date** t_2 l'observateur perçoit-il le second « bip » ?
- 1.3- **Montrez** que la période T_0 qui sépare deux « bips » consécutifs pour l'observateur a pour expression $T_0 = T \left(\frac{c-v}{c} \right)$.
2. En fait, la sirène n'émet pas des « bips » mais une onde sonore de fréquence $f = 400 Hz$.
- 2.1- **Déduire** de l'étude précédente la fréquence f_0 de réception des signaux en fonction de la fréquence f de leur émission, de v et de c .
- 2.2- **Quelle est** la fréquence f_0 du son perçu par l'observateur lorsque l'ambulance roule vers lui à la vitesse $v = 50 km.h^{-1}$?
- 2.3- Le son **paraît-il** plus aigu ou plus grave que le son émis par la sirène immobile ? **Justifiez**.
- 2.4- De quel phénomène **s'agit-il** ?

Exercice 5: audibilité (2 points)

Indiquer si les sons du tableau suivant sont audibles. Sinon, **dire** pourquoi.

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Fréquence (Hz)	25000	5000	10	40
Intensité ($W.m^{-2}$)	10^{-8}	10^{-6}	10^{-4}	10^{-14}