

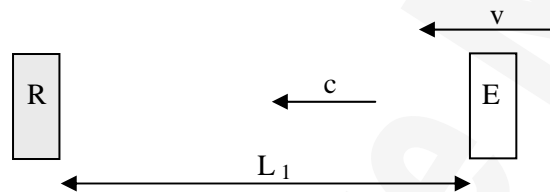
■ **CONTRÔLE 2 (50 min ; 20 points)** ■

**Exercice n° 1 (8 / 20) : DTS Imagerie médicale 2005**

1. Quelle est la nature des ultrasons ?
2. Quelle est la gamme de fréquences des ultrasons ?
3. Qu'appelle-t-on impédance acoustique  $Z$  d'un milieu ? Quelle est son unité ?
4. Effet Doppler : La fréquence reçue par un récepteur est différente de la fréquence émise par un émetteur quand émetteur et récepteur sont en mouvement relatif. Nous vous proposons de retrouver ce résultat par un calcul simple.

Soit un émetteur de « bips » ultrasonores  $E$  qui se rapproche à la vitesse  $v$  d'un récepteur  $R$  immobile. Soit  $T$  et  $f$  la période et la fréquence d'émission des « bips ».

Les « bips » se propagent à la célérité  $c$  dans le milieu élastique qui sépare  $R$  de  $E$ .



A l'instant  $t_1 = 0$ ,  $E$  est à la distance  $L_1$  de  $R$  et émet le premier « bip » (voir figure ci-dessus).

- a) Exprimer  $\Delta t_1$ , temps mis par ce « bip » pour arriver en  $R$ .
- b) A quel instant  $\tau_1$  arrivera-t-il en  $R$  ? (On rappelle que l'instant d'arrivée est égal à l'instant de départ plus le temps de parcours).
- c) Le deuxième « bip » est émis à l'instant  $t_2 = T$ . A cet instant, à quelle distance  $L_2$ ,  $E$  se trouve-t-il de  $R$  ?
- d) Combien de temps  $\Delta t_2$  mettra ce deuxième « bip » pour arriver en  $R$  ?
- e) A quel instant  $\tau_2$  arrivera-t-il en  $R$  ?
- f) Le troisième « bip » est émis à l'instant  $t_3 = 2T$ . A cet instant, à quelle distance  $L_3$ ,  $E$  se trouve-t-il de  $R$  ?
- g) Combien de temps  $\Delta t_3$  mettra ce troisième « bip » pour arriver en  $R$  ?
- h) A quel instant  $\tau_3$  arrivera-t-il en  $R$  ?
- i) Calculer  $\Delta\tau_1 = \tau_2 - \tau_1$  puis  $\Delta\tau_2 = \tau_3 - \tau_2$  et conclure.

**Exercice 2 (12 / 20) : DTS Imagerie Médicale 2002**

**A - Fréquence**

Quel est le domaine des fréquences des sons audibles par l'oreille humaine ? A partir de quelle fréquence le domaine des ultra-sons commence-t-il ?

**B - Vitesse de propagation**

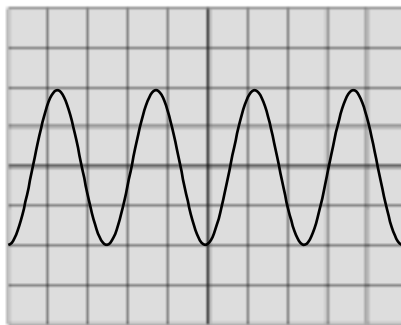
1. La vitesse de propagation des ondes sonores ou ultra-sonores dans un milieu donné dépend-elle de la fréquence de l'onde ?
2. Quelle est la valeur de la célérité des sons et des ultra-sons dans l'air sec à température ambiante ?

3. On se propose de retrouver expérimentalement cette valeur

a) indirectement à partir de la mesure de la longueur d'onde :

Un GBF relié à un émetteur E et à un oscilloscope émet un signal sinusoïdal de fréquence  $f$ .

On observe l'oscillogramme reproduit ci-dessous :



Sachant que la base de temps de l'oscilloscope est réglée à  $10 \mu\text{s} / \text{division}$ , retrouver la fréquence de l'onde émise par E.

Un récepteur R, placé en face de E, est relié à la deuxième voie de l'oscilloscope sur laquelle on observe une sinusoïde de même période mais d'amplitude plus faible. Pourquoi ?

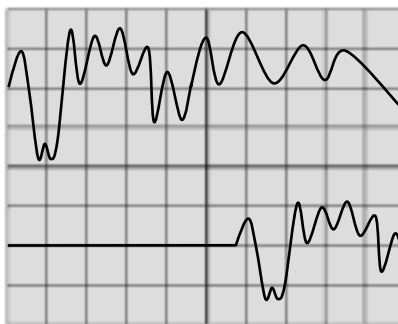
On éloigne R de E : la deuxième sinusoïde se déplace par rapport à la première. On repère une première coïncidence et on constate que la onzième coïncidence se produit quand on a éloigné R de E de 8,6 cm.

Déterminer la vitesse de propagation de l'onde émise par E sachant que l'on retrouve des signaux en phase à chaque fois que la distance entre E et R augmente d'une longueur d'onde.

b) directement :

Deux microphones  $M_1$  et  $M_2$  distants de 1 mètre sont reliés respectivement aux deux voies A et B d'un oscilloscope à mémoire ; l'appareil enregistre sur la voie A le signal sonore obtenu en frappant des mains devant  $M_1$  et sur la voie B le signal reçu par  $M_2$ .

On observe l'oscillogramme ci-contre :



Sachant que la base de temps de l'oscilloscope est réglée à  $0,5 \text{ ms} / \text{division}$ , retrouver la vitesse de propagation du son dans l'air dans les conditions de l'expérience.

### **C - Réflexion et transmission d'une onde ultra-sonore à la surface de séparation de deux milieux d'impédance acoustique différente.**

1. Rappeler l'expression de l'impédance acoustique  $Z$  d'un milieu en fonction de la masse volumique du milieu et de la célérité de l'onde acoustique dans ce milieu. Quelle est l'unité utilisée ?

2. Si une onde ultrasonore arrive perpendiculairement à la surface de séparation de deux milieux d'impédance acoustique respective  $Z_1$  et  $Z_2$ , on rappelle que les coefficients de réflexion et de transmission sont donnés par :

$$\alpha_r = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2} \text{ et } \alpha_t = \frac{4 Z_1 Z_2}{(Z_2 + Z_1)^2}$$

On considère une interface graisse-muscle ; on connaît :

- ♦ la masse volumique du muscle :  $\rho_m = 1,04 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- ♦ la masse volumique de la graisse :  $\rho_g = 0,92 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- ♦ la célérité du son dans le muscle :  $c_m = 1,58 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$
- ♦ la célérité du son dans la graisse :  $c_g \approx 1,45 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$

Calculer les impédances acoustiques du muscle et de la graisse, les coefficients de réflexion et de transmission à une interface muscle-graisse et expliquer l'avantage d'un examen échographique sur un examen radiologique dans ce cas.