

# TP φ01 - Mesure de la célérité du son

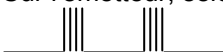
## I. Mesure du retard d'une salve d'ultrasons dans l'air

On dispose d'un émetteur et d'un récepteur d'ondes ultrasonores.

Le boîtier émetteur, noté E, délivre des salves d'ondes ultrasonores. Il doit pour cela être relié à un générateur de tension continue de 15 V.

Le récepteur, noté R, convertit les ondes ultrasonores qui l'atteignent en une tension variable que l'on peut mesurer entre ses bornes de sortie.

### 1) Mode opératoire

- Brancher le boîtier émetteur E au générateur de tension continue de 15V.
- Visualiser sur la voie 1 de l'oscilloscope, la tension  $u_E$  aux bornes de l'émetteur.
- Synchroniser (TRIGGER) le signal sur la voie 1.
- Sur l'émetteur, sélectionner la position 
- Placer l'émetteur E au zéro d'une règle graduée.
- Placer le récepteur R face à E.

a) Noter la distance d entre E et R

- Visualiser sur la voie 2 de l'oscilloscope la tension  $u_S$  délivrée par R.
- Afin que les deux signaux ne se superposent pas, décaler verticalement la voie 1 par rapport à la voie 2.  
Il est envisageable de décaler horizontalement les signaux afin que le début du signal 1 coïncide avec le début d'une division de l'écran de l'oscilloscope.

- Choisir la sensibilité horizontale donnant la meilleure précision possible.

b) Effectuer un schéma du montage.

c) Représenter sur papier, l'allure des signaux visualisés sur l'oscilloscope.

d) Expliquer comment l'on peut mesurer le retard  $\tau$  entre le signal 1 et le signal 2.

e) Effectuer la mesure du retard  $\tau$ .

### 2) Exploitation des résultats

a) A quel parcours des ultrasons ce retard  $\tau$  correspond-il ?

b) En déduire l'expression, puis la valeur de la célérité c des ultrasons dans l'air.

c) Une modélisation fournit la relation suivante pour calculer cette célérité :

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

avec  $\gamma = 1,4$  pour l'air, R la constante des gaz parfaits S.I.), T la température (K) et M la masse molaire de l'air ( $\text{kg.mol}^{-1}$ ).

Note : on a  $R = 8,314$  S.I.,  
et  $M = 29.10^{-3}$   $\text{kg.mol}^{-1}$ .

Comparer la valeur théorique à la valeur expérimentale (calculer la différence relative).

## II. Mesure du retard d'un clap sonore dans l'air

### 1) Mode opératoire

Atteint par une onde sonore, un microphone produit une tension électrique entre ses bornes de sortie.

On dispose de deux microphones  $M_1$  et  $M_2$ , séparés d'une distance  $d = 1,0$  m.

Pour visualiser les tensions aux bornes de  $M_1$  et  $M_2$  on peut procéder de deux manières :

- en utilisant un oscilloscope à mémoire,
- en utilisant un ordinateur muni d'une carte d'acquisition et d'un logiciel adéquat.

Après avoir effectué les réglages nécessaires, on produit devant  $M_1$  un son bref et suffisamment intense («clap sonore »).

a) Effectuer un schéma du montage

b) Pourquoi un oscilloscope traditionnel ne convient-il pas ?

c) Tracer l'allure des signaux obtenus.

d) Relever la valeur du retard  $\tau$  du clap sonore, égal à l'intervalle de temps séparant le premier pic notable sur le signal 1 du premier pic notable sur le signal 2.

### 2) Exploitation des résultats

a) A quel parcours des ultrasons ce retard  $\tau$  correspond-il ?

b) En déduire la célérité du clap sonore dans l'air.

c) En utilisant à nouveau la relation du I.c), comparer la valeur théorique à la valeur expérimentale (calculer la différence relative).

# TP φ01 - Mesure de la célérité du son – éléments de correction –

Suite à cette séance de travaux pratiques, voici ce qu'il faut savoir / savoir faire :

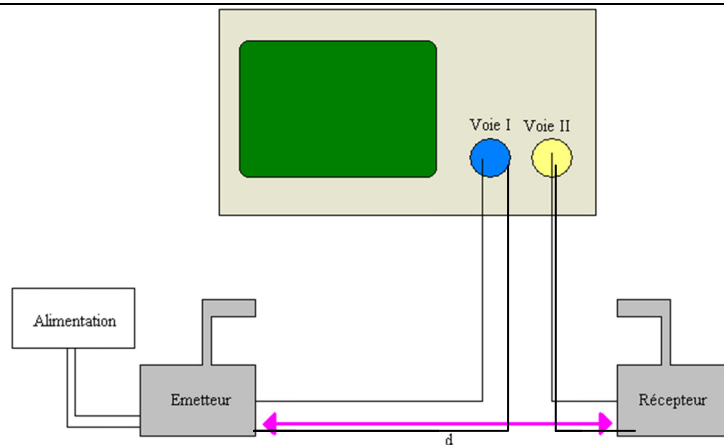
- Savoir utiliser un oscilloscope numérique afin de visualiser deux signaux, fournis par deux récepteurs US (ultrasons). Savoir modifier les sensibilités verticales, la sensibilité horizontale, savoir régler la position relative des deux signaux, savoir mesurer le retard entre ces deux signaux périodiques. Il est possible d'utiliser la « fiche méthode oscilloscope » pour cela.

- Savoir déduire des mesures effectuées, la valeur de la célérité du son.

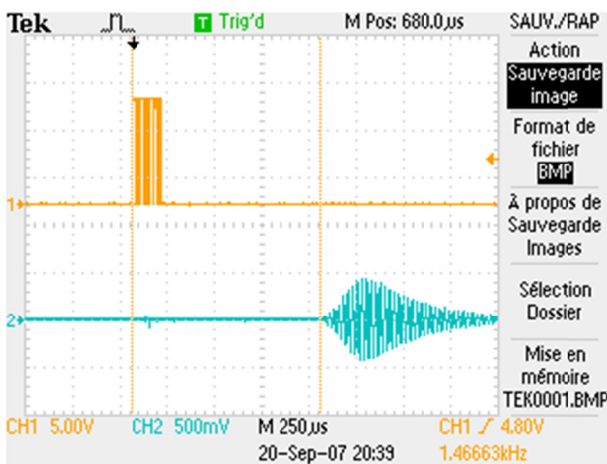
## I. Mesure du retard d'une salve d'ultrasons dans l'air

### 1) Mode opératoire

- La distance  $d$  entre E et R est  $d = 35 \text{ cm}$ .
- Voici un schéma du montage



c) Voici l'allure des signaux visualisés sur l'oscilloscope :



d) Afin de mesurer le retard  $\tau$  entre le signal 1 et le signal 2, nous pouvons procéder de deux façons (nous n'avons pas vu la seconde en classe, nous en reparlerons lors de la prochaine séance de TP) :

- compter le nombre de divisions (« carreaux ») et multiplier ce nombre par la sensibilité horizontale :

le retard correspond à 4,0 divisions ; la sensibilité horizontale est de  $250 \mu\text{s}/\text{div}$ .

Par conséquent,

$$\tau = 4,0 \times 250 \cdot 10^{-6} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}.$$

- nos oscilloscopes étant pourvus de curseurs

permettant de mesurer une durée (ce sont les traits jaunes verticaux sur la copie d'écran ci-dessus), il est possible de placer correctement ces curseurs, puis lire la valeur indiquée sur l'écran :  $\tau = 1,0 \mu\text{s}$ . Mais le jour de l'ECE (évaluation des capacités expérimentales), on attend de vous que vous sachiez compter les divisions et faire le calcul à l'aide de l'échelle sur l'écran.

e) Voir ci-dessus.

### 2) Exploitation des résultats

a) Pendant cette durée, les ultrasons ont parcouru la distance entre l'émetteur et le récepteur, c'est-à-dire la distance  $d$ .

b) Nous avons  $c = \frac{d}{\tau}$ .

$$\text{A.N. : } c = \frac{0,35}{1,0 \cdot 10^{-3}} = 3,5 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$$

La célérité des ultra-sons est de  $3,5 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$ .

c) Nous avons

$$c = \sqrt{\frac{1,4 \times 8,31 \times (25 + 273,15)}{29 \cdot 10^{-3}}} = 3,5 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}.$$

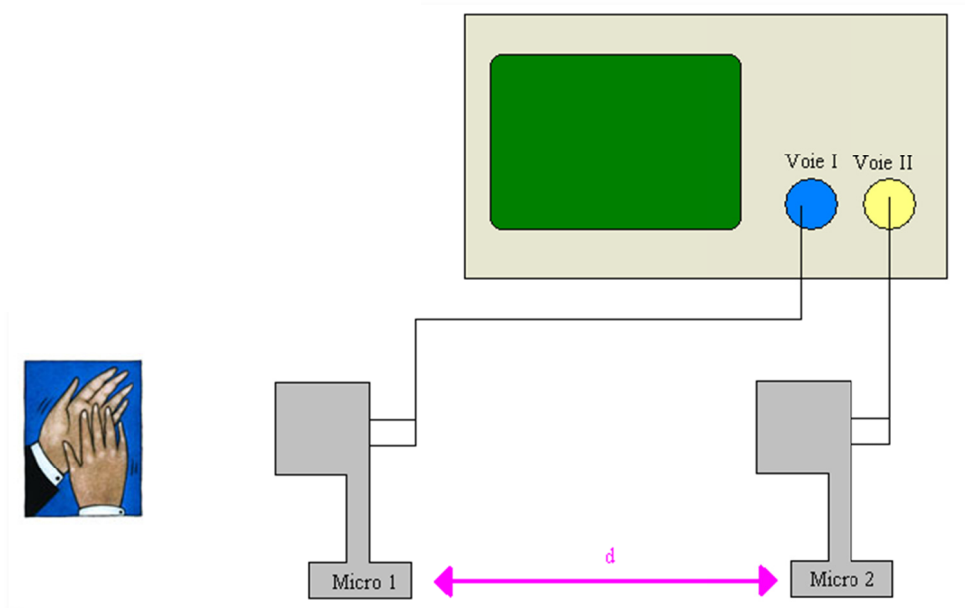
L'écart relatif avec la valeur expérimentale est

$$\frac{|3,5 \cdot 10^2 - 3,5 \cdot 10^2|}{3,5 \cdot 10^2} = 0,0 \%$$

## II. Mesure du retard d'un clap sonore dans l'air

### 1) Mode opératoire

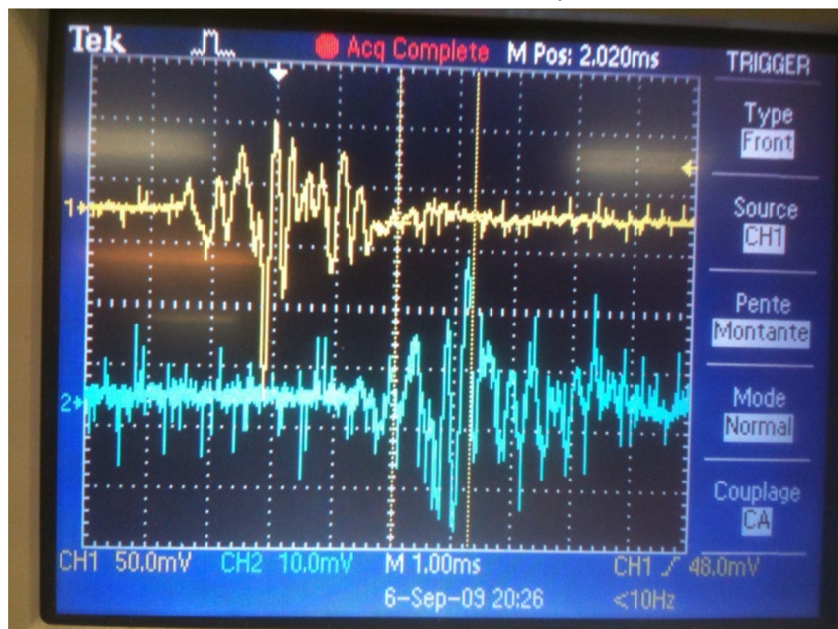
a) Voici un schéma du montage :



b) Un oscilloscope traditionnel permet l'acquisition de signaux périodiques. Ici, les signaux ne sont pas périodiques : la tension est nulle, sauf sur un très court laps de temps pendant lequel l'onde sonore parvient aux micros. Un oscilloscope traditionnel ne conviendrait donc pas pour enregistrer les signaux reçus, car le signal ne resterait à l'écran que pendant une fraction de seconde.

L'oscilloscope numérique permet une acquisition à partir du moment où un signal est perçu sur la voie 1 (déclenchement sur front montant). L'oscilloscope enregistre ensuite les signaux pendant un court laps de temps : il les mémorise et les laisse à l'écran, contrairement à un oscilloscope traditionnel.

c) Nous obtenons deux signaux décalés dans le temps.



### 2) Exploitation des résultats

d) Nous mesurons la valeur de la durée  $\tau$  séparant le grand « pic » apparaissant sur le signal 1, et le grand « pic » apparaissant sur le signal 2.  $\tau$  correspond à 3,2 divisions, et l'échelle horizontale est de 1 ms / div. Nous avons donc :  $\tau = 3,2 \text{ ms}$ .

a) Ce retard  $\tau$  correspond au temps de parcours du son entre le micro 1 et le micro 2. Sur la voie 1, nous voyons le signal lorsque le son parvient au micro 1. Sur la voie 2, nous voyons le signal lorsque l'onde sonore parvient au micro 2. Ainsi le retard  $\tau$  mesuré correspond à une distance  $d = 1,00 \text{ m}$ .

b) Nous avons :  $c = \frac{d}{\tau} = \frac{1,00}{3,2 \cdot 10^{-3}} = 3,1 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$

c) avec la relation du l.c), nous obtenons :

$$c = \sqrt{\frac{1,4 \times 8,31 \times (25 + 273,15)}{29 \cdot 10^{-3}}} = 3,5 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$$

L'écart relatif avec la valeur expérimentale est

$$\frac{|3,1 \cdot 10^2 - 3,5 \cdot 10^2|}{3,1 \cdot 10^2} = 0,11 = 11\%$$