

## ETUDE DES ULTRASONS DANS L'AIR.

### Objectif :

- Tracer la courbe de réponse d'une cellule ultrasonore.
- Déterminer la célérité du son par mesure d'une longueur d'onde.
- Déterminer la célérité du son par mesure d'un retard.
- Déterminer un intervalle de confiance sur une série de mesure.

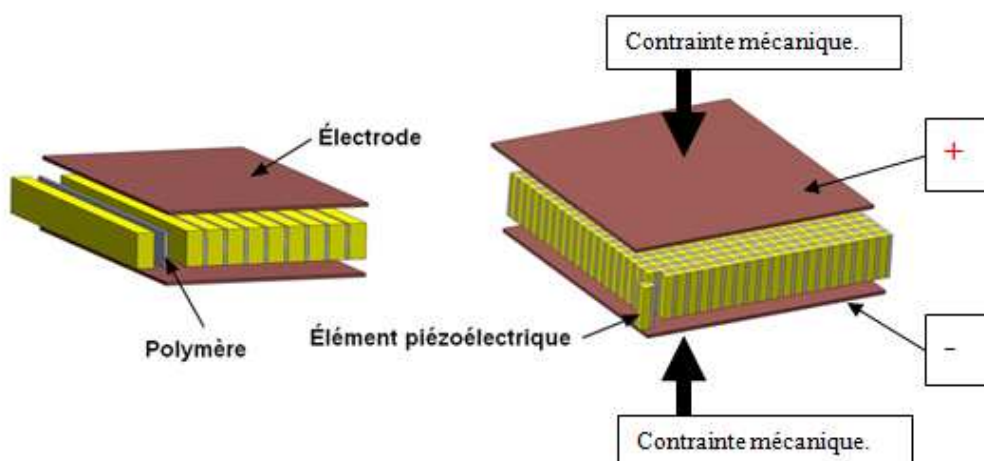
### Matériel :

- Un émetteur ultrasonore.
- Un récepteur ultrasonore.
- Une plaque permettant le positionnement de l'émetteur et le récepteur.
- Un régle de 50 cm.
- Une interface d'acquisition Sysam SP5.
- Un ordinateur doté du logiciel Oscillo 5.

### Observation :

Un émetteur d'ultrason (US) est constitué d'une cellule piézoélectrique. La piézoélectricité est la propriété que possède certains corps de se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique et réciproquement de se déformer lorsqu'on leur applique un champ électrique. Les deux effets sont indissociables.

(Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Piézoélectricité>)



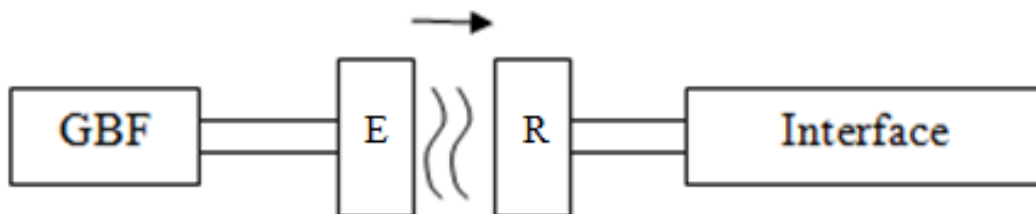
On peut donc imposer à un émetteur US une tension sinusoïdale issue d'un GBF (générateur de basses fréquences). Cela aura pour effet de faire vibrer les électrodes et générer une onde qui va se déplacer dans l'air à la même fréquence. L'onde produite peut ensuite être reçue par un récepteur US qui à son tour va transformer cette onde en signal sinusoïdal de même fréquence.



## Schéma de montage :

### 1. Courbe de résonance.

Nous allons tracer cette courbe pour déterminer sa fréquence de fonctionnement optimale. Le fabricant indique que ses cellules fonctionnent à 40 kHz. Nous allons choisir pour nos mesures une vingtaine de points autour de cette valeur.



- On place sur la plaque l'émetteur en face du récepteur.
- On branche l'interface Sysam à l'ordinateur.
- On relie l'émetteur à la sortie SA1 de l'interface.
- On relie le récepteur à l'entrée EA1 de l'interface.
- On démarre le logiciel Oscillo5.
- Dans le panneau de contrôle on clique sur « Voir » le GBF1, on choisit « tension périodique » puis on régle la fréquence à 37 kHz et l'amplitude à 10 V.
- Dans le réglage de l'oscilloscope on active EA0 et on adapte la sensibilité à la mesure.
- On clique sur le mode permanent pour le déclenchement et on choisit le balayage adapté à la mesure.

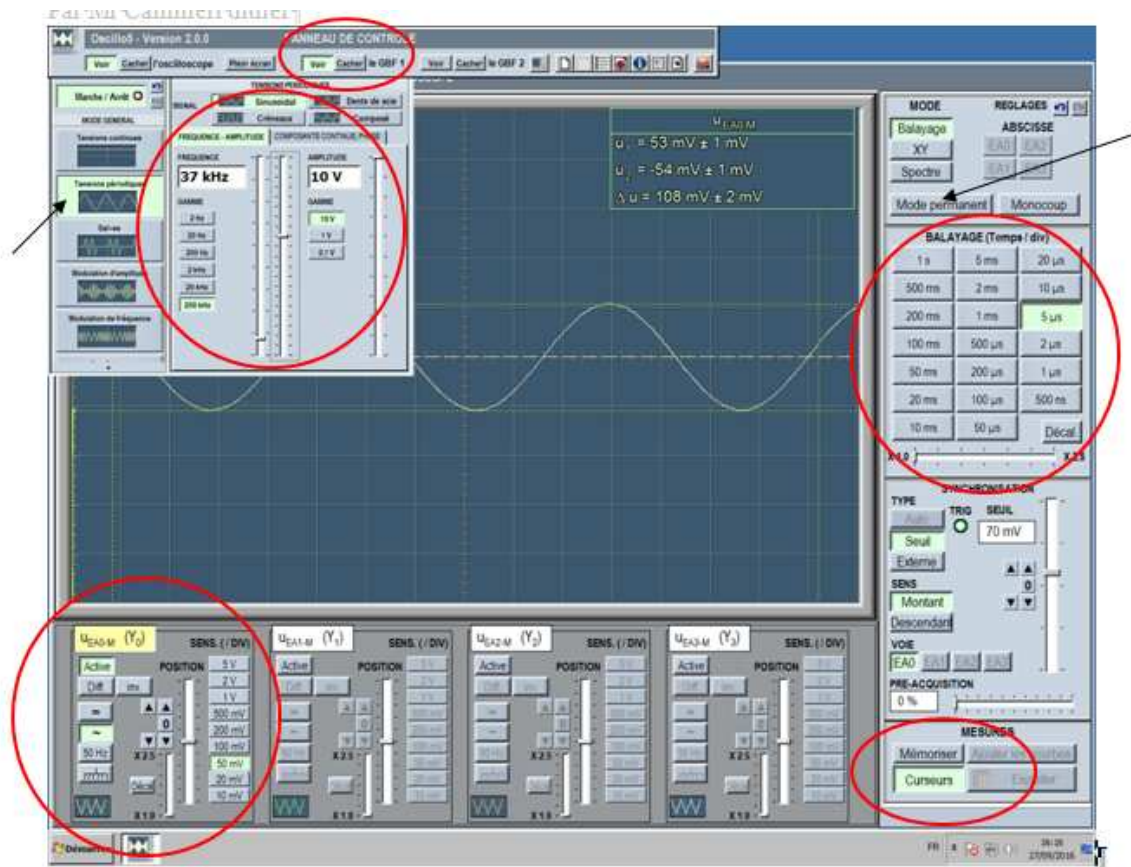
# Cahier de laboratoire

Fiche expérience

LEGT R.SCHUMAN DE HAGUENAU

Par M.Didier CAMILLERI

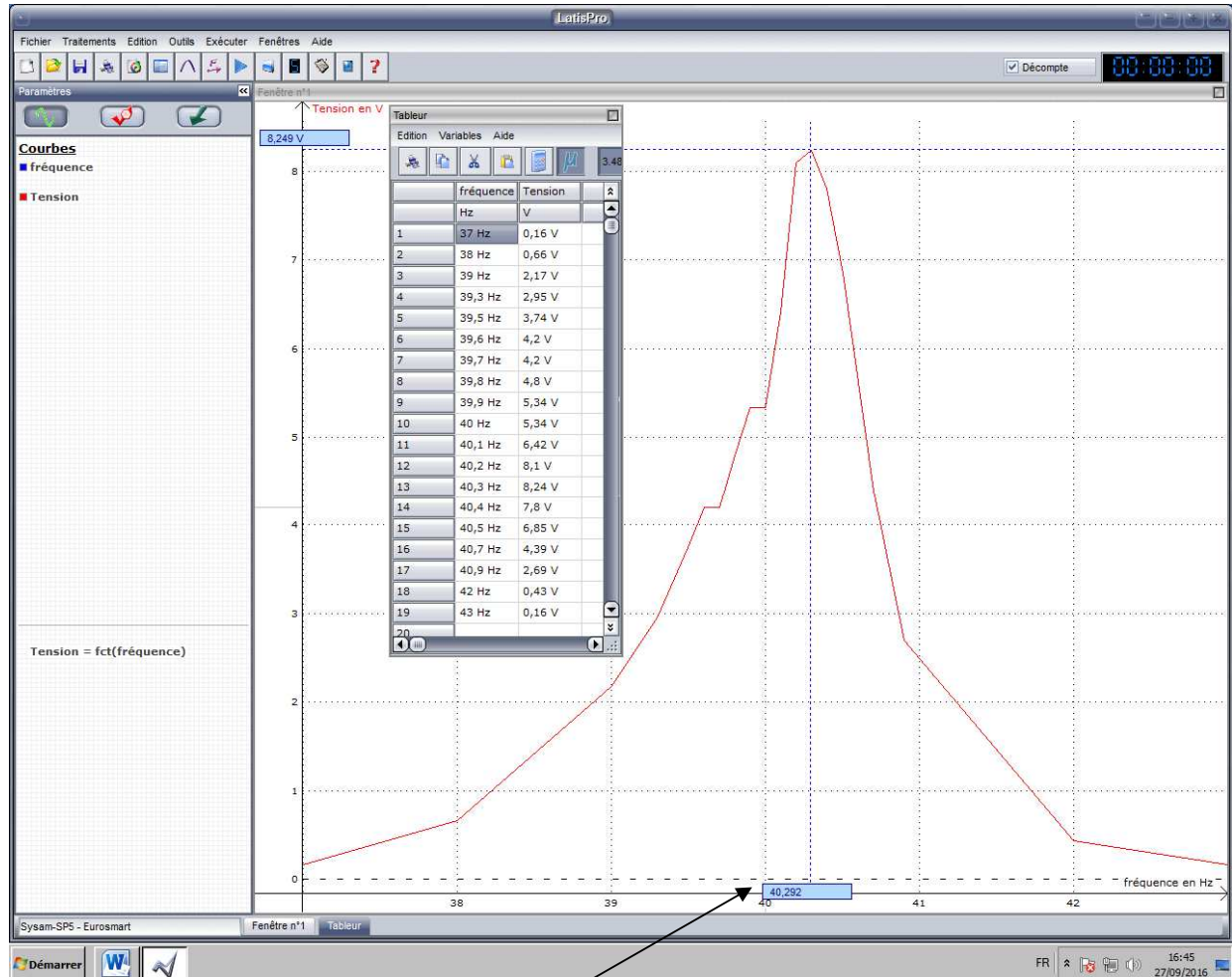
- On utilise les curseurs pour lire avec précision la tension  $U_{cc}$  ( $\Delta u$  sur le logiciel).
- On change la valeur de la fréquence afin de refaire une mesure.



f ( Hz)	37	38	39	39.3	39.5	39.6	39.7	39.8	39.9
$U_{cc}$ (V)	0,16	0,66	2,17	2,95	3,74	3,90	4,20	4,80	5,34

40	40.1	40.2	40.3	40.4	40.5	40.7	40.9	42	43
5,34	6,42	8,10	8,24	7,80	6,85	4,39	2,69	0,43	0,16

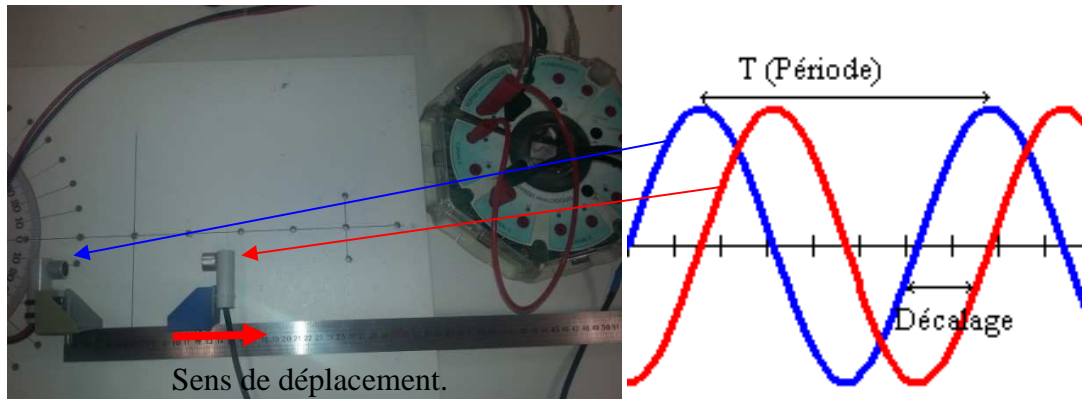
On trace la courbe avec Latispro. A l'aide du curseur, on peut déterminer la fréquence exacte à laquelle cet ensemble E/R US résonne le mieux.



Ici le maximum est obtenu à 40,3 kHz.

## 2. Déterminer la célérité du son par mesure d'une longueur d'onde.

Cette fois, on va mesurer la distance nécessaire au décalage d'une période entre les signaux de l'émetteur et du récepteur.



- On choisie un signal sinusoïdal de 40,0 kHz au GBF1(SA1) qui alimente l'émetteur US et on le relie à la voie EA0.
- On relie le signal du récepteur US sur la voie EA1.
- On place l'émetteur à une dizaine de centimètre en face du récepteur aligné sur une règle qui permet de mesurer la distance entre E/R.
- On ajuste la sensibilité verticale des deux voies de l'oscilloscope ainsi que la base de temps afin observer des signaux facilement superposables.
- On déplace légèrement le récepteur afin de superposer le signal de E et de R (signaux en phase).
- On mesure avec une bonne précision la distance parcourue pour décaler de dix périodes le signal du récepteur par rapport à celui de l'émetteur.

On en déduit  $10\lambda = 9,0 \text{ cm}$  soit  $\lambda = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ . On peut enfin calculer la célérité des ultrasons dans l'air avec la relation  $V = \lambda \cdot f$

$$c_{\text{exp}} = 9,0 \cdot 10^{-3} \times 40 \cdot 10^3 = 3,6 \cdot 10^2 \text{ m/s}$$

La valeur théorique est donnée par la relation suivante :  $c_{\text{theo}} = 331,2 + 0,607 \cdot \Theta$  avec  $\Theta$  en °C  $c_{\text{theo}} = 331,2 + 0,607 \times 25 = 346 \text{ m/s}$ . On peut en déduire l'écart relatif :

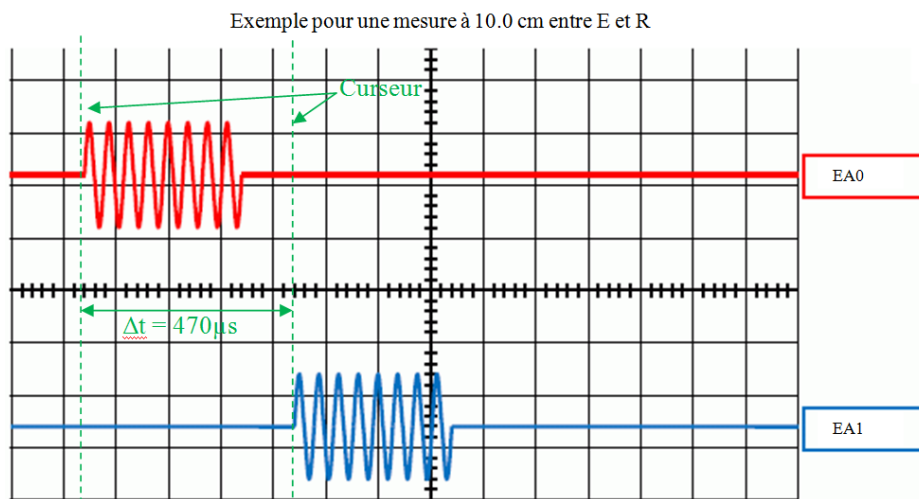
$$\text{Écart relatif (en \%)} = \left| \frac{(\text{valeur expérimentale} - \text{valeur théorique})}{\text{valeur théorique}} \right| \times 100$$

$$\text{Écart relatif (en \%)} = \left| \frac{(346 - 360)}{346} \right| \times 100 = 4\%$$

### 3. Détermination de la célérité du son par mesure d'un retard.

On va disposer l'émetteur en face du récepteur à une dizaine de centimètres avec les mêmes branchements que pour la partie 2. Pour cette méthode, on régle le GBF1 en mode salves avec une durée de  $\tau = 2,5$  ms et séparées par une durée  $\Delta t = 10$  ms.

On visualise les signaux de E et de R, en adaptant la sensibilité verticale et la base de temps de l'oscilloscope, pour observer le décalage des deux salves. Pour effectuer la mesure, on utilise les curseurs que l'on placera judicieusement au début des deux salves. On va refaire la mesure six fois à des distances différentes pour calculer un intervalle de confiance de la mesure.



d E/R (m)	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30
$\Delta t$ (ms)	2.48	2.75	3.01	3.31	3.61	3.90
V (m/s)	322	327	332	332	332	333

L'intervalle de confiance des mesures est donné par la relation :

$$\bar{c} - 2,57 \times \frac{s}{\sqrt{n}} \leq c \leq \bar{c} + 2,57 \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

s représente l'écart type correspondant aux mesures.

c représente la célérité moyenne.

n le nombre de mesures.

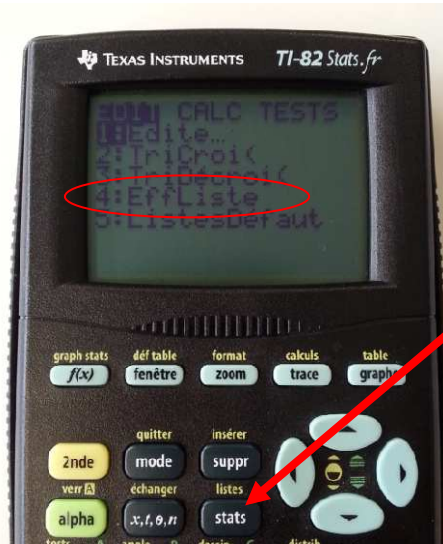
# Cahier de laboratoire

Fiche expérience

Par M.Didier CAMILLERI

LEGT R.SCHUMAN DE HAGUENAU

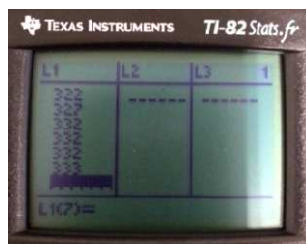
On utilise la calculatrice (TI-82stats dans mon cas) avec la fonction « stats ». Le descriptif suivant peut varier en fonction des calculatrices. Il faudra donc adapter la procédure décrite.



Activer la fonction Stats.



Effacer la liste L1.



Renseigner les six valeurs de célérité et finir en appuyant sur la touche stats.



Sélectionner « CALC ».

# Cahier de laboratoire

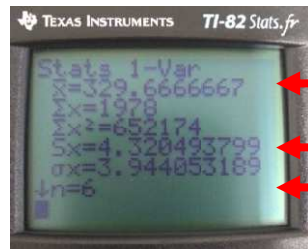
Fiche expérience

Par M.Didier CAMILLERI

LEGT R.SCHUMAN DE HAGUENAU



Renseigner le numéro de liste (L1) et valider.



On récupère :

$$X = 330$$

$$S_x = 4,32$$

$$n = 6$$

Ce qui donne :

$$330 - 2,57 \times \frac{4,32}{\sqrt{6}} \leq v \leq 330 + 2,57 \times \frac{4,32}{\sqrt{6}}$$

L'intervalle de confiance des mesures sera donc : [325; 335] m.s<sup>-1</sup>

$$v = (330 \pm 5) \text{ m.s}^{-1}$$

Calcul de l'écart relatif :

$$\text{Écart relatif (en \%)} = \left| \frac{(330 - 346)}{330} \right| \times 100 = 5\%$$