

## TP : Mesure de la vitesse d'une onde ultrasonore - correction

Problème :

Comment, en utilisant les caractéristiques d'une onde sinusoïdale, vérifier la valeur de la vitesse de propagation du son dans l'air ?

Hypothèse :

Une onde sinusoïdale est définie par sa longueur d'onde  $\lambda$  et sa période temporelle  $T$ . Ces deux grandeurs sont liés par la relation :  $\lambda = v \cdot T$

On peut donc déterminer  $\lambda$  et  $T$  pour déterminer  $v$ .

### 1. Analyser :

#### a. Période et fréquence des ultrasons utilisés



On utilise un émetteur d'ultrason (alimenté par un générateur de tension continu, avec une tension de 12V ; appeler le professeur pour alimenter l'émetteur) et un récepteur d'ultrason.

L'émetteur joue le rôle de haut-parleur ; le récepteur celui de micro.



L'émetteur et le récepteur sont disposés l'un en face de l'autre à une distance d'environ 15cm.

L'émetteur émet des ultrasons en continu (à régler sur le boîtier).

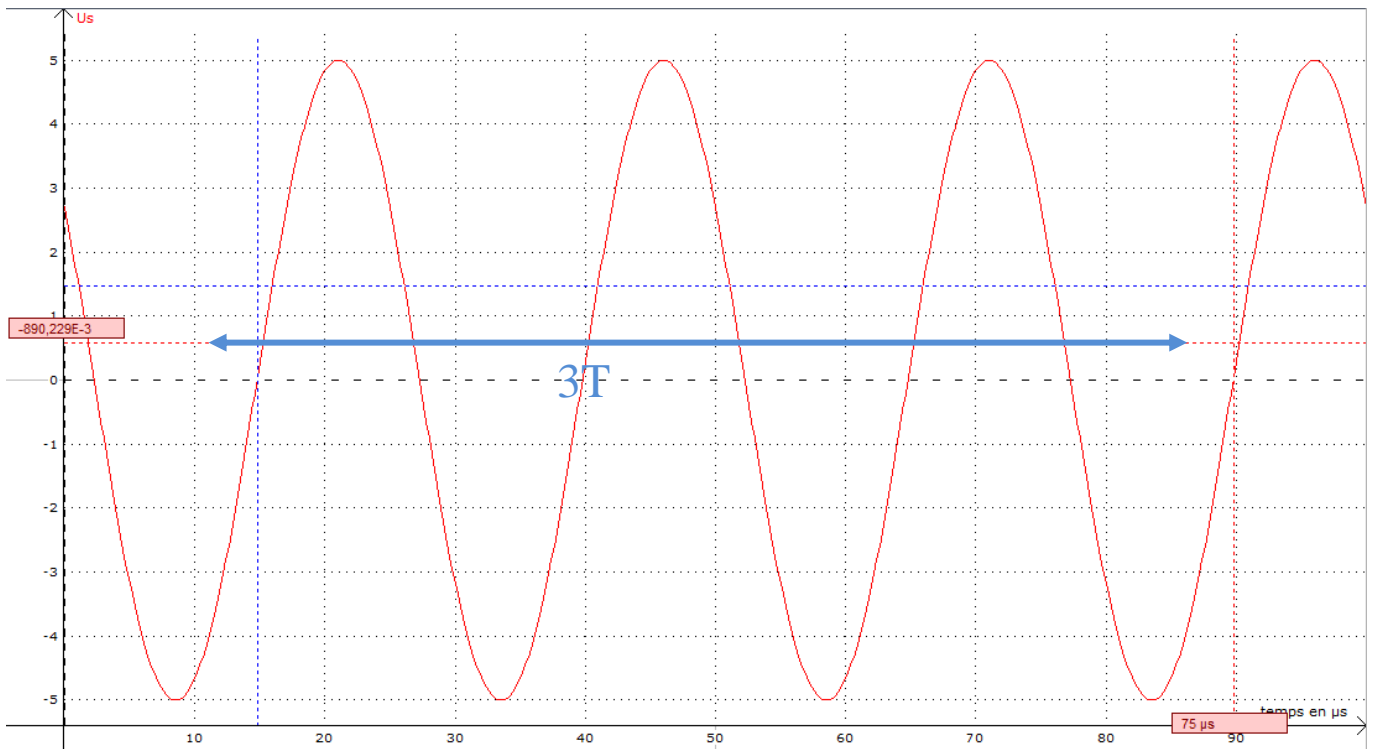
- On relie les bornes de sortie du récepteur à l'interface d'acquisition (EA0 et masse (borne noire)). Dans les paramètres d'acquisition, on demande 1000 points (1000 mesures) pendant une durée totale d'acquisition de  $T_t=0,05\text{ms}$   
En effet,  $f_{min} = 20000 \text{ Hz}$  donc  $T = \frac{1}{20000} = 5 \times 10^{-5} \text{ s} = 0,05 \text{ ms}$  et  $T_T = 2 \times T = 0,10 \text{ ms}$
- Cocher la case « Mode permanent » : les acquisitions se répètent en continu, toutes les 0,05ms.
- Activer la voie EA0 dans la fenêtre d'acquisition du logiciel 
- Lancer l'acquisition touche F10  
Utiliser la touche «Echap» pour arrêter et figer une acquisition sur l'écran.
- Calibrer la courbe (Clic droit pour faire apparaître un menu et calibrage)
- Afficher une courbe à la place de points : dans la fenêtre des courbes () , double-cliquer sur le nom de la courbe dont on veut changer l'aspect ; choisir l'affichage « ligne » et la couleur noire.
- Déterminer la période puis la fréquence des ultrasons.

#### b. Mesure de la longueur d'onde

- Placer les deux récepteurs RA et RB à la même distance, en face de l'émetteur.
- Sélectionner le mode « continu » pour l'émission des ultrasons (sur l'émetteur).
- Relier chaque émetteur à une entrée de l'interface d'acquisition (par exemple RA à EA0 et RB à EA1)
- Régler la durée totale d'acquisition à 0,100ms.  
Sélectionner le mode continu pour l'acquisition.
- Choix des paramètres de déclenchement de l'acquisition :  
EA0 ; montant ; 0V (l'acquisition ne débute pas au moment où on appuie sur F10, mais lorsque la tension mesurée sur la voie EA0 dépasse le seuil 0V)
- Déclencher l'acquisition (touche F10)  
Les deux signaux visualisés sont en phase lorsque les récepteurs sont placés à la même distance de l'émetteur.
- On décale RB par rapport à RA jusqu'à ce que les signaux soit à nouveau en phase.  
La distance dont a été décalée RB correspond à une longueur d'onde.

## 2. Réaliser

### a. Détermination de la fréquence



Mesure de la période :

3 périodes s'étalent sur  $75\mu\text{s}$ . On en déduit que  $T = 25\mu\text{s}$

Calcul de la fréquence :

$$F = 1 / T \quad \text{A.N.} \quad F = 1 / (25 \times 10^{-6}) = 4,0 \times 10^4 \text{ Hz} \quad \text{soit} \quad 40 \text{ kHz}$$

b. On détermine la longueur d'onde en éloignant  $R_2$  de  $10\lambda$  par rapport à  $R_1$  :  $10\lambda = 8,4\text{cm}$   
d'où  $\lambda = 8,4 \cdot 10^{-3}\text{m}$

c. Calcul de la valeur expérimentale de la célérité des ultrasons dans l'air.

$$\text{Avec la relation entre } c, T \text{ et } \lambda : c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f \quad \text{A.N.} \quad c = 8,4 \cdot 10^{-3} \times 4,00 \cdot 10^4 = 3,4 \cdot 10^2 \text{m.s}^{-1}$$

d. La vitesse des ultrasons dans l'air peut être calculée à l'aide de la formule empirique :  $c_{th} = 20 \times \sqrt{T}$   
où  $T$  est la température en Kelvin (K). Calculer la valeur théorique à la température de la pièce.

$$c_{th} = 20 \times \sqrt{T} \quad \text{A.N.} \quad c_{th} = 20 \times \sqrt{298} = 345 \text{m.s}^{-1}$$

## 3. Valider

a. On appelle écart absolu l'écart entre les valeurs expérimentale et théorique ; cet écart s'exprime avec une unité.

On définit l'écart relatif le pourcentage que représente l'écart absolu par rapport à la valeur théorique.

En général, on considère que si l'écart relatif est inférieur à 5%, la valeur expérimentale est conforme à la valeur théorique.

Le résultat obtenu expérimentalement est-il conforme au résultat théorique ?

$$\text{Ecart absolu : } |c_{\text{exp}} - c_{\text{th}}| = 3 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{Ecart relatif : } \frac{|c_{\text{exp}} - c_{\text{th}}|}{c_{\text{th}}} \times 100 = \frac{10}{345} \times 100 = 3\%$$

b. Causes d'incertitude expérimentale

*La détermination de la coïncidence entre les deux signaux se fait à quelques millimètres près, ce qui justifie une incertitude sur la mesure de la longueur d'onde des ultrasons*