

MESURE DE LA CÉLÉRITÉ DES ULTRASONS DANS L'AIR

1. Mesure de la célérité des ultrasons dans l'air à l'aide de salves (45 min)

1.1. Mode opératoire et mesures (25 min)

Le principe de la mesure est simple. On dispose d'un émetteur d'ultrasons (il s'agit d'un cristal capable de transformer un signal électrique en signal mécanique) qu'il convient d'alimenter par une tension continue de 15V (les 12V de l'alimentation de SYSAM suffiront toutefois). On observe grâce à l'interface SYSAM les signaux reçus par deux récepteurs d'ultrasons (capable de transformer un signal mécanique en signal électrique) éloignés d'une distance d . Le décalage temporel entre ces deux signaux et l'éloignement spatial des récepteurs permettent de déterminer la célérité des ultrasons dans l'air.

- » Relever la valeur de la pression atmosphérique et de la température dans la salle.
- » Mettre en place l'émetteur sur le rail d'étude ainsi que, de part et d'autre, les deux récepteurs.
- » Régler l'émetteur sur le mode *salves* et *courtes*.
- » Alimenter l'émetteur grâce à l'alimentation continue 12V de l'interface SYSAM et effectuer les branchements nécessaires à l'observation simultanée des signaux des deux récepteurs. Mettre en marche l'émetteur.
- » Choisir une distance pertinente entre les deux récepteurs.
- » Une fois qu'un enregistrement satisfaisant aura été obtenu, faire appel au professeur pour validation et imprimer le document.
- » À l'aide du réticule de Latis Pro, mesurer le décalage temporel τ entre la réception du signal par le premier récepteur et la réception du même signal par le second récepteur.
- » Mesurer alors la distance d séparant les deux récepteurs avec le maximum de précision.

1.2. Exploitation des mesures (20 min)

1.2.1. Évaluer les incertitudes de mesure $\Delta\tau$ et Δd sur chacune des deux grandeurs mesurées : τ et d .

1.2.2. À l'aide des mesures effectuées, déterminer la valeur de la célérité v des ultrasons dans l'air dans les conditions de l'expérience après en avoir donné l'expression littérale.

1.2.3. Calculer l'incertitude sur cette valeur de la célérité sachant qu'elle est donnée par la relation

$$\text{suivante : } \Delta v = v \cdot \sqrt{\left[\frac{\Delta d}{d} \right]^2 + \left[\frac{\Delta \tau}{\tau} \right]^2}.$$

1.2.4. Les modèles physiques de description du comportement des gaz aboutissent à la relation suivante pour la célérité des ondes sonores dans l'air : $v = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}}$ où γ est un coefficient ($\gamma_{air} = 1,40$), R la constante des gaz parfaits, T la température absolue et M la masse molaire du gaz ($M_{air} = 29,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$). Calculer v à partir de ces données et des mesures effectuées.

1.2.5. Les deux valeurs de la célérité trouvées sont-elles concordantes ? Justifier la réponse.

2. Mesure de la célérité des ultrasons dans l'air par mesure d'une longueur d'onde (55 min)

2.1. Observations liminaires (20 min)

- ➡ Régler l'émetteur sur la position *continu* de sorte que l'émetteur produise des ondes ultrasonores périodiques sinusoïdales.
- ➡ Paramétriser l'interface SYSAM de sorte à observer **en permanence** les signaux des deux récepteurs simultanément.
- ➡ Pourquoi la sinusoïde correspondant au second récepteur est-elle décalée dans le temps par rapport à celle du premier récepteur ?
- ➡ En maintenant le premier récepteur fixe, éloigner progressivement le second récepteur en observant l'évolution des courbes à l'écran. Observer notamment les positions particulières suivantes :
 - Signaux en phase : maxima, minima et passages à zéro en même temps
 - Signaux en quadrature de phase : passage à zéro pour un signal alors que l'autre est à un extremum (maximum ou minimum)
 - Signaux en opposition de phase : un signal est à son maximum alors que l'autre est à son minimum

La longueur d'onde λ est, par définition, la distance parcourue par l'onde pendant une période T . Que peut-on dire alors de la distance séparant les deux récepteurs dans chacune des trois positions précédentes ?

Pour chacune de ces trois positions particulières, faire une acquisition, copier le graphique et le coller dans un nouveau document de traitement de texte. Annoter chaque graphique à l'aide des termes suivants : **Signaux en ...** et **Distance entre les émetteurs en fonction de λ : ...** Imprimer le document après validation par le professeur.

2.2. Mesures (35 min)

- 2.2.1.** Réaliser une acquisition permettant de mesurer la période T des ondes ultrasonores produites par l'émetteur et déterminer avec le maximum de précision la valeur de cette période.
- 2.2.2.** À partir des observations précédentes, proposer un protocole expérimental permettant de mesurer la longueur d'onde des ondes ultrasonores dans l'air avec un maximum de précision.
- 2.2.3.** Mettre en œuvre ce protocole expérimental et en déduire la valeur de la longueur d'onde des ultrasons dans l'air.
- 2.2.4.** À l'aide de la définition de la longueur d'onde donnée précédemment, déterminer la célérité des ultrasons dans l'air.
- 2.2.5.** L'expression littérale de v étant de la même forme que dans la première partie, l'incertitude sur v s'évalue selon une formule similaire en remplaçant d et τ par λ et T . Calculer l'incertitude sur la valeur de la célérité mesurée par cette méthode et la comparer à celle de la première partie.
- 2.2.6.** Comparer la valeur trouvée aux deux valeurs déterminées précédemment.