

Ondes ultrasonores : mesure de caractéristiques

I Objectifs

- Se familiariser avec les logiciels **Oscillo 5** et **LatisPro**.
- Utiliser l'interface **Sysam**.
- Mesurer la fréquence et la longueur d'onde pour une onde ultrasonore
- Mesurer la vitesse de propagation des ultrasons dans l'air à la température de la salle.
- Reconnaître une avance ou un retard entre deux courbes visualisées sur un oscilloscope.
- Repérer le passage par un déphasage 0 ou π en mode **XY**.
- Évaluer une incertitude de type A.
- Simuler un processus aléatoire de variation des valeurs expérimentales de l'une des grandeurs – simulation MONTE-CARLO – pour évaluer l'incertitude sur les paramètres du modèle.

II S'approprier : Outils théoriques et matériel disponible

Un émetteur d'ultrasons émet des ondes ultrasonores (fréquence supérieure à 20 kHz donc non audibles) en continu ou en salves (appelées trains d'ondes). Les ondes ultrasonores sont des ondes mécaniques, longitudinales (lorsqu'elles se propagent dans les fluides), de compression-dilatation à trois dimensions.

- ① Rappeler la différence entre ondes longitudinales et ondes transversales.

Selon les expériences, on disposera en plus d'un ou de deux récepteurs adaptés. On observe les ondes qui sont émises par l'émetteur et celles qui sont éventuellement reçues par le ou les récepteur(s) sur l'écran du logiciel **Oscillo 5**.

III Mesure de la période T des ondes

A Réaliser

III.A.1 Connexion à l'interface Sysam

- Relier l'émetteur d'ultrasons à la sortie analogique SA1 de l'interface Sysam et les masses des appareils entre elles. Cette sorte remplace un GBF et alimente le générateur d'ultrasons.
- Relier l'émetteur d'ultrasons à la voie EA0 du canal 0 de l'interface pour visualiser le signal de l'émetteur sur **Oscillo 5** et les masses des appareils entre elles.
- Allumer l'ordinateur sur votre session.

III.A.2 Démarrer Oscillo 5 et régler le GBF

- Ouvrir **Oscillo5** (Programmes Physique-chimie → Eurosmart → Oscillo5) ;
- Cliquer sur **Voir GBF 1** dans le panneau de contrôle (permet d'accéder à un menu de réglage du GBF).
- Cliquer sur **marche** du bouton marche/arrêt.
- Sélectionner **sinusoïde**.
- Régler la fréquence à 40 kHz avec les curseurs et l'amplitude à 10 V.
- Les réglages sont terminés. Vous pouvez cacher le panneau de contrôle du GBF.

III.A.3 Visualiser la voie EA0 et vérifier la fréquence

- Activer la voie.
- Choisir la base de temps (menu balayage) et l'amplitude du signal de façon à pouvoir mesurer la période du signal.

- En utilisant les curseurs, dans le menu mesures en bas à droite, déplacer les curseurs pour mesurer de nouveau la période.
- En déduire la fréquence et la comparer à celle du constructeur : 40 kHz.

B Valider

- 2 Mettre en commun vos résultats de mesure de T entre les différents groupes. Vous ferez un tableau sur **LatisPro**, recopié sur vos comptes-rendus. En déduire le résultat du mesurage de T en calculant l'incertitude de type A par la méthode de votre choix (code Python, tableau **LatisPro**...).

Rappel : incertitude de type A

Considérons la grandeur physique x . L'évaluation de l'incertitude de type A permet de donner un résultat de mesurage $M(x)$ par une **analyse statistique** réalisées sur plusieurs mesures $m_i(x)$ réalisées dans des **conditions de répétabilité** (les grandeurs d'influence n'ont pas changé). L'avantage est qu'il n'est **pas nécessaire de connaître les caractéristiques techniques des dispositifs de mesure employés**. Pour un ensemble $m_i(x)$ de n mesures de x ,

$$M(x) = \bar{m}(x) \pm \frac{1}{\sqrt{n}}\sigma(x)$$

$$\bar{m}(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i(x) \quad \text{et} \quad \sigma(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (m_i(x) - \bar{m}(x))^2}$$

IV Mesure de la vitesse de propagation c

A Analyser : proposer un protocole

Vous disposez d'un émetteur, d'un récepteur, d'une règle graduée au millimètre.

- 3 Proposer un protocole expérimental vous permettant de mesurer la vitesse de propagation des ultrasons dans l'air. Pour plus de précision, vous prendrez plusieurs mesures vous permettant de réaliser une régression linéaire.

Aide

Comment allez-vous pouvoir procéder à votre mesure en mode continu ? Ne serait-il pas plus pertinent d'utiliser le mode salve et pourquoi ?

- Appeler la professeur à cette étape avec le protocole rédigé pour vérification.

B Réaliser

Réaliser le protocole précédemment proposé. Quelques indications :

- Même montage que précédemment
- Relier en plus le récepteur sur la voie EA1 de l'interface (et laisser l'émetteur sur EA0).
- Accéder au menu GBF sur **Oscillo 5**
- Sélectionner **salve**. Laisser 10 ms de durée et 10 V d'amplitude.
- Les nouveaux réglages sont terminés. Cacher le panneau GBF.
- Visualiser les deux voies EA0 et EA1. Synchro auto et préacquisition 10%.
- Cliquer sur **monocoup** pour réaliser l'acquisition.
- La fonction curseur permet de réaliser la mesure souhaitée.

C Valider

- ④ Proposer (en vous aidant de la fiche pratique « Régression linéaire ») un script **Python** permettant de réaliser la régression linéaire dont c est le coefficient directeur.
- ⑤ Évaluer l'incertitude-type sur la mesure de c par méthode MONTE-CARLO, après avoir préalablement proposé une incertitude-type (de type B) sur vos mesures de temps et de distance.
- ⑥ Imprimer **en noir et blanc** le graphique de la régression linéaire. Rappel : un graphique comporte des axes nommés, des points de mesures clairement visibles, et on fera apparaître les valeurs de la régression linéaire clairement sur le graphique.
- ⑦ Comparer la valeur de célérité des ondes ultrasonores dans l'air avec la formule empirique donnant c dans l'air en fonction de la température¹ :

$$c = 331,5 + 0,60 \theta$$

avec c la vitesse en m s^{-1} et θ la température de l'air en $^{\circ}\text{C}$.

Vous utiliserez pour cela l'écart **normalisé** E_N , tel que

$$E_N = \frac{|m_1 - m_2|}{\sqrt{u(m_1)^2 + u(m_2)^2}}$$

avec m_1 et m_2 les valeurs de c obtenues, et $u(m_1)$ et $u(m_2)$ leurs incertitudes-types. Les valeurs sont dites **compatibles** si $E_N \lesssim 2$.

V Détermination de la longueur d'onde λ

Faites cette partie si vous avez pu terminer **proprement** les deux mesures précédentes.

A Réaliser

- L'émetteur d'ultrasons émet maintenant en direction des deux récepteurs adaptés situés côte à côte de chaque côté de la règle.
 - On observe sur l'écran de l'oscilloscope deux signaux correspondants aux ondes reçues par chacun des deux récepteurs. Positionner de nouveau le générateur en position continue sinusoïde comme au III.
 - Relier les deux récepteurs aux voies EA1 et EA2 de l'interface Sysam.
 - Superposer la ligne de « zéro » de chacune des deux voies.
 - Régler correctement les sensibilités horizontales et verticales permettant d'observer les sinusoïdes des voies EA1 et EA2.
- ⑧ Mesurer la plus petite distance d entre récepteurs pour laquelle les deux courbes se retrouvent en phase. La mesure de d est-elle précise ? Quel est le lien entre d et λ ?
 - Vérifier que les deux courbes se retrouvent en phase pour une distance entre les récepteurs égale à un multiple entier de d .
 - ⑨ Mesurer la distance entre les deux récepteurs correspondant à 10 longueurs d'onde et en déduire une valeur de λ .
 - ⑩ Dans le menu horizontal d'**Oscillo 5**, sélectionner **X-Y**. Observer l'allure des courbes quand elles sont en phase. Que remarquez-vous ? Cette méthode est-elle plus précise que la précédente ? Quelle est l'allure en mode **X-Y** lorsque les courbes sont en phase, en opposition de phase ou en quadrature de phase ? Comment différencier des signaux en phase et des signaux en opposition de phase ?

B Valider

- ⑪ Vos trois mesures indépendantes de λ , c et T respectent-elles la relation :

$$c = \frac{\lambda}{T}$$

1. <https://hypertextbook.com/facts/2000/CheukWong.shtml>