

Ondes ultrasonores : mesure de caractéristiques

Au programme

Savoir-faire

- ◇ Mesurer la vitesse de phase, la longueur d'onde et le déphasage dû à la propagation d'un phénomène ondulatoire.
- ◇ Étudier le filtrage linéaire d'un signal non sinusoïdal à partir d'une analyse spectrale.
- ◇ Détecter le caractère non linéaire d'un système par l'apparition de nouvelles fréquences.

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. Donner un exemple pour chacune.

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

III/A Réaliser

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.

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.

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.

III/B Valider

Activité Capytale disponible¹

- 1 Mettre en commun vos résultats de mesures de T entre les différents groupes. Vous ferez un tableau numpy sur Capytale.

En déduire le résultat du mesurage de T en calculant la moyenne et l'incertitude de type A.

IV Mesure de la vitesse de propagation c

IV/A Analyser : proposer un protocole

Vous disposez d'un émetteur, d'un récepteur, d'une règle graduée au millimètre. L'émetteur peut envoyer un signal continu ou des salves.

1. <https://capytale2.ac-paris.fr/web/c/2a24-2849120>

- ② 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.

IV/B Réaliser

Réaliser le protocole précédemment proposé.

Indications

- ◇ Reprendre le montage précédent ;
- ◇ 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.

IV/C Valider

- ③ Pré-remplir (en vous aidant des fiches pratiques « Régression linéaire » et « Survivre en Python ») sur **Capytale** un script Python permettant de réaliser la régression linéaire dont c est le coefficient directeur.
- ④ Faites de même pour le traitement de l'incertitude sur c par méthode MONTE-CARLO.
- ② Déterminer l'incertitude de type B sur vos mesures de temps et de distance. Évaluer alors l'incertitude-type sur la mesure de c par méthode MONTE-CARLO.
- ③ Comparer la valeur de célérité des ondes ultrasonores dans l'air avec la formule empirique donnant c dans l'air en fonction de la température² :

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

avec c la vitesse en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et θ la température de l'air en $^{\circ}\text{C}$, à l'aide d'un écart **normalisé**.

V Détermination de la longueur d'onde λ

Ne faites cette partie que si vous avez pu terminer **proprement** les deux mesures précédentes.

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

V/A Réaliser**Mesure de longueur d'onde**

- ◇ 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.

- 4 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 .
- 5 Mesurer la distance entre les deux récepteurs correspondant à 10 longueurs d'onde et en déduire une valeur de λ .
- 6 **BONUS** 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 ?

V/B Valider

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

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