

Correction du TP

✂ Capacités exigibles

- Mesurer la vitesse de phase, la longueur d'onde et le déphasage dû à la propagation d'un phénomène ondulatoire.

⊕ Objectifs

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ◇ 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. | <ul style="list-style-type: none"> ◇ 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. |
|--|--|

I S'appropriier : 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.

Réponse

Pour les ondes transversales, la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation. Pour les ondes longitudinales, les directions sont parallèles.

L'onde de compression dans un ressort est longitudinale, une onde sur une corde est transversale.

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**.

II Mesure de la période T des ondes

II/A Réaliser

Expérience TP16.1 : 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.

Expérience TP16.2 : 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.


Expérience TP16.3 : 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.

II/B Valider

- ② Pré-remplir [sur Capytale](https://capytale2.ac-paris.fr/web/c/dc4d-2946813) un script Python qui prend une liste de périodes T_{tab} , en calcule la moyenne T_{moy} et l'incertitude de type A associée uT , puis l'affiche avec une **f-string** à affichage intelligent.

Vous utiliserez pour cela le cours N2, la fiche « Survivre en Python » ainsi que les différents corrigés de TP.

Réponse

Cf. Capytale : <https://capytale2.ac-paris.fr/web/c/dc4d-2946813>

- ① Mettre en commun vos résultats de mesures de T entre les différents groupes. En déduire le résultat du mesurage de T en calculant la moyenne et l'incertitude de type A.

Réponse

Cf. Capytale.

III Mesure de la vitesse de propagation c
III/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.

- 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.

Réponse

On propose :

- ◇ Placer les deux émetteurs face à face, à une distance d_1 grande et connue mesurée à la règle graduée.
- ◇ Envoyer des salves suffisamment espacées pour que les signaux émis et reçus ne se superposent pas.
- ◇ Sur `Oscillo5`, mesurer l'écart temporel Δt_1 entre l'émission de la salve et le début de sa réception.
- ◇ Calculer $c_1 = d_1 / \Delta t_1$.
- ◇ Diminuer la distance et répéter l'opération pour obtenir les distances d_i , les écarts temporels Δt_i et les célérités c_i .
- ◇ Calculer $c = \langle c_i \rangle \pm u(c)$ où $u(c) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ avec n le nombre de mesures.

III/B Réaliser

Réaliser le protocole précédemment proposé.



Expérience TP16.4 : 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 périodicité des salves 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% ;
- ◇ Décocher « permanent », et cliquer sur **monocoup** pour réaliser l'acquisition ;
- ◇ La fonction curseur permet de réaliser la mesure souhaitée. **Attention au calibre temporel** : il faut voir les signaux envoyés et reçus, mais suffisamment zoomer pour mesurer précisément.

III/C Valider

- ④ Pré-remplir sur **Capytale** un script **Python** permettant qui prend une liste de distances **d_tab** d'incertitude **ud**, une liste de temps **t_tab** d'incertitudes **ut**, et calculant la moyenne et l'incertitude sur la célérité. Il faut pour cela utiliser l'incertitude composée à deux variables du chapitre N2.

Réponse

Cf. correction sur CAPYTALE.



- ⑤ Faites de même pour préparer le traitement de l'incertitude sur c par méthode MONTE-CARLO.

Réponse

Idem.



- ② Déterminer l'incertitude de type B sur vos mesures de temps et de distance à l'aide d'un demi-intervalle Δ (pas une graduation). Évaluer alors l'incertitude-type sur la mesure de c par les deux méthodes précédentes. Changer éventuellement l'affichage décimal pour que l'incertitude ait bien 2 chiffres significatifs et que le tout respecte la norme de représentation d'un résultat. Vérifier que les deux incertitudes soient cohérentes. On prendra pour valeur finale la moyenne des deux résultats.

Réponse

Idem.



- 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 température¹ :

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

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**.

Réponse

Idem.

IV Détermination de la longueur d'onde λ

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

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

IV/A Réaliser

Expérience TP16.5 : 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 .

Réponse

On trouve

$$d \approx 10 \text{ mm}$$

Cette mesure n'est cependant pas précise, on a un intervalle de $\pm 5 \text{ mm}$ pour retrouver les signaux en phase. Or, on a $\lambda = d$. Pour plus de précisions, on pourra mesurer plus de situations en phase et diviser la distance totale par le nombre d'occurrence de retour en phase.



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

Réponse

$$d_{10} = (8,7 \pm 0,5) \times 10^{-2} \text{ m} \Leftrightarrow \lambda = \frac{d_{10}}{10} = (8,70 \pm 0,05) \times 10^{-3} \text{ m}$$



- 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?

Réponse

On remarque que les courbes se superposent en une ligne droite. Elle est plus précise, on trouve plus facilement la position telle que la ligne soit droite. En dehors de la phase, les signaux forment une ellipse penchée; elle est la plus grande quand les signaux sont en opposition de phase. Avec de bons réglages, on peut atteindre un cercle.



IV/B Valider

- 7 Vos trois mesures indépendantes de λ , c et T respectent-elles la relation $c = \frac{\lambda}{T}$?

Réponse

On trouve des mesures compatibles (cf. corrigé en ligne).

