

Propagation d'un signal

TP 1 : Détermination de la vitesse du son

Les points du programme :

- Mesurer une longueur d'onde acoustique à l'aide d'un support gradué et d'un oscilloscope bicourbe.
- Mesurer la célérité, la longueur d'onde et le déphasage dû à la propagation d'un phénomène ondulatoire.

Problématique :

On souhaite déterminer quel modèle entre celui proposé par Newton et celui proposé par Laplace est le plus pertinent pour calculer la célérité d'une onde acoustique dans l'air.

Definition : Propagation d'une onde acoustique dans l'air

On se propose ici d'étudier deux modèles décrivant la célérité d'une onde acoustique dans l'air :

— Le modèle de Newton :

$$c_s = \sqrt{\frac{RT}{M}}$$

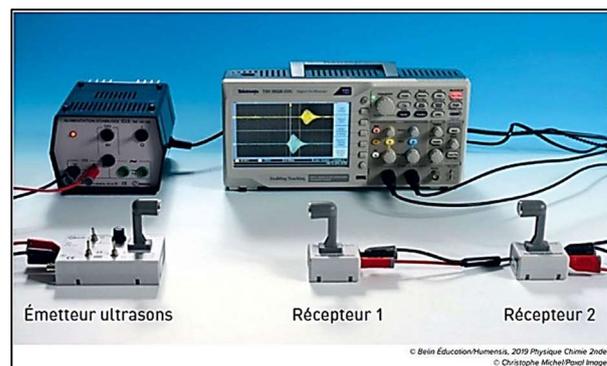
avec $\gamma = 1,4$, $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M = 29,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et T la température de la pièce en K.

— Le modèle de Laplace :

$$c_s = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

1. Vitesse de propagation par mesure directe

- Réaliser le dispositif expérimental donné ci-contre. Mettre l'émetteur en mode salve (courtes). Régler l'oscilloscope de façon à visualiser les signaux reçus par les récepteurs 1 et 2.
- Expliquer le retard du signal reçu par le récepteur 2 par rapport à celui reçu par le récepteur 1. Mesurer ce retard τ .
- Mesurer la distance d séparant les deux récepteurs.
- Déterminer à partir de votre expérience la célérité des ultrasons dans l'air.



Prise en compte des incertitudes :

L'incertitude de mesure estime la marge d'erreur possible autour de la grandeur mesurée et évalue une dispersion possible de mesures successives x de autour de x_{exp} . L'incertitude sur la mesure de X est notée $u(X)$ (u pour uncertainty) ou Δx .

On délimite ainsi un intervalle de confiance dans lequel la valeur vraie x_{vrai} a des chances de se trouver avec une probabilité donnée. Par convention on choisit un intervalle de confiance de 95%. Tout résultat de mesure s'écrira sous la forme :

$$X = x_{exp} \pm \Delta x$$

Évaluation de type B de l'incertitude (méthode directe sur une seule mesure uniquement)

On utilise cette méthode si on a effectué une mesure unique de la grandeur X .

Cette évaluation peut se révéler plus délicate car elle nécessite une très bonne connaissance du processus de mesure (protocole, appareil, ...) puisqu'il va falloir identifier les différentes sources d'erreurs et les évaluer.

On peut alors estimer l'incertitude sur la mesure par des méthodes qui s'apparentent à des « recettes », par exemple en prenant une demie graduation pour les appareils gradués.

- Estimer l'incertitude sur le retard. Exprimer le retard sous la forme $\tau = \tau_{exp} \pm \Delta\tau$.
- Estimer l'incertitude sur la distance d . Exprimer alors cette dernière sous la forme $d = d_{exp} \pm \Delta d$.

L'incertitude sur le résultat d'un calcul dépend de l'incertitude sur les données utilisées. On peut montrer que si $a = b \cdot c$ ou $a = b/c$, alors

$$\frac{\Delta a}{a} = \sqrt{\left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta c}{c}\right)^2}$$

- Calculer l'incertitude associée à la célérité des ultrasons. Exprimer la célérité sous la forme $v_{US} = v_{calculée} \pm \Delta v$.

2. Vitesse de propagation par mesures multiples

Afin d'augmenter la précision du résultat, nous allons effectuer plusieurs mesures pour des distances entre les récepteurs variables. Puisque $d = v \times \tau$, nous pourrions modéliser les résultats sur Regressi avec un modèle linéaire : $d = f(\tau)$. Le coefficient directeur de la droite obtenue correspondant à la valeur de la vitesse du son dans l'air.

- Compléter le tableau suivant pour différentes valeurs de d et représentez graphiquement les résultats.

d (en)					
τ (en)					

- En déduire la vitesse du son dans l'air et l'exprimer avec son incertitude associée.

3. Vitesse de propagation par mesure de longueur d'onde

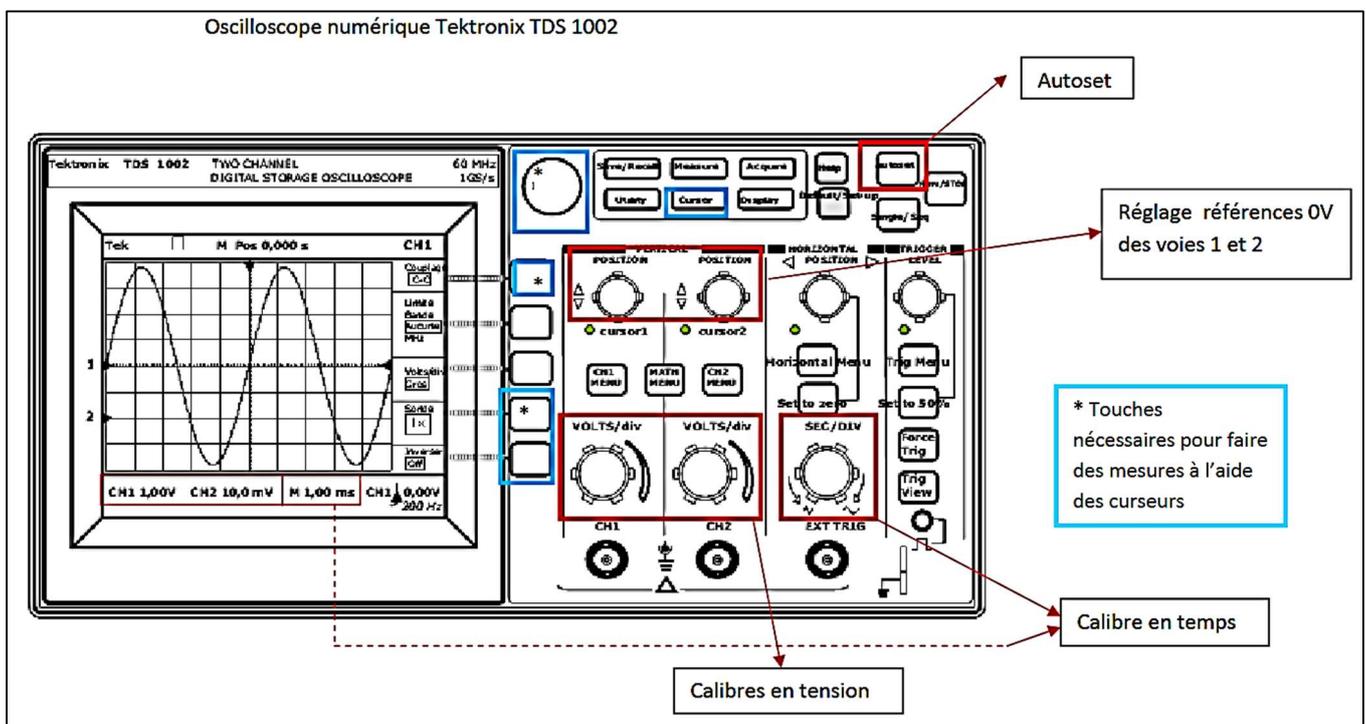
- Placer le récepteur 1 en face de l'émetteur et basculer l'émetteur en fonctionnement **continu**.
- Déterminer la période puis la fréquence des ondes ultra-sonores. Commenter.
- Placer le récepteur 2 côté-à-côté avec le récepteur 1 et visualiser les deux signaux.
- Reculer le récepteur 2 tout en observant l'écran de l'oscilloscope.
- Proposer un protocole permettant de déterminer *avec précision* la longueur d'onde de l'onde ultrasonore.
- Après validation de l'enseignant, mettre en œuvre ce protocole.
- Déduire de vos mesures la célérité des ondes ultrasonores. L'exprimer avec son incertitude.

4. Réponse à la problématique.

- Utiliser l'ensemble de vos résultats pour répondre à la problématique.

Procédure pour avoir rapidement des signaux à l'écran

1. Faire le câblage et mettre sous tension l'oscilloscope.
2. Appuyer sur la touche AUTOSET pour visualiser les signaux (réglage automatique mais non optimisé des calibres et des références).
3. Régler les références 0V des voies 1 et 2 (abscisses des axes) (les références 0V sont repérées par un « 1 » ou un « 2 » à gauche de l'écran).
4. Régler les calibres en tension (VOLTS/div) des voies 1 et 2 ainsi que la base de temps (SEC/DIV) afin d'optimiser les signaux en hauteur et en largeur (les signaux doivent être les plus grands possibles pour avoir plus de précision sur les mesures).
5. Faire les mesures à l'aide des curseurs (touche « curseur », sélectionner les curseurs en mode amplitude ou temps, sélectionner le curseur 1 et déplacer le curseur à l'endroit désiré, sélectionner le curseur 2 et positionner le curseur, la mesure s'affiche sur la partie droite de l'écran (mesures de Δt ou ΔU).



Utilisation simple de Regressi

- Nouveau jeu de données : Fichier → Nouveau → Clavier

Rentrer alors les grandeurs utilisées (la première est utilisée pour l'axe des abscisses).

- Obtenir un graphique :  Graphe

- Modélisation :  Modél.

On peut directement rentrer l'équation que l'on souhaite utiliser en attribuant une lettre différente à chaque paramètre à ajuster (c'est-à-dire que le logiciel va faire varier afin de minimiser l'écart entre les points de mesure et le modèle).

On peut aussi utiliser les modèles disponibles via l'icône



Attention : bien penser à appuyer sur  Ajuster.

Fiche méthode

Savoir rédiger un compte-rendu de TP

Un compte-rendu ne doit pas se limiter à une succession de réponses aux différentes questions proposées dans l'énoncé mais doit refléter votre démarche et votre compréhension des phénomènes mis en jeu. Il doit pouvoir être lu indépendamment de l'énoncé de TP. Gardez en tête qu'il s'agit avant tout de conserver une trace écrite de votre TP pour vous aider à mieux comprendre.

Plan type

Tout compte-rendu doit faire figurer les cinq paragraphes suivants. Suivant la nature et l'importance de chaque TP, un ou plusieurs de ces paragraphes peuvent être extrêmement courts, mais ils doivent impérativement figurer dans votre compte-rendu.

1- But du TP (problématique)

Présentation : Quelle est la problématique ? Quelle est la notion ou le théorème que l'on cherche à illustrer ? Ou bien encore : quelle est la fonction que l'on réalisera ? Etc.

En bref : « de quoi parle-t-on dans ce TP ? »

2- Procédure expérimentale

Ce paragraphe doit être conçu de manière à ce que n'importe quel lecteur à l'autre bout du monde refaisant les mesures en suivant le même schéma retrouve les mêmes résultats (incertitudes prises en compte, bien sûr !). Il doit comporter la **description de la procédure expérimentale avec tous les schémas nécessaires à une bonne compréhension**.

3- Mesures

Ce paragraphe contient les **valeurs expérimentales** obtenues (*accompagnées des incertitudes de mesure si nécessaire*). Les résultats numériques sont exprimés avec le nombre de chiffres significatifs adéquat. Pour en faciliter la lecture ces résultats peuvent être mis sous la forme de tableau, de graphiques...

4- Analyse et interprétations

Développement des calculs nécessaires à partir des données expérimentales (paragraphe précédent), donner les résultats avec leur incertitude, puis :

- Les résultats correspondent-ils à ce qui était attendu (s'ils étaient prévisibles) ?
- S'il y a une différence, avez-vous une explication ? Vient-elle d'approximations faites sur les modèles mathématiques utilisés ou des inévitables imperfections des appareils de mesure, ou encore d'autres raisons que vous évoquerez en *expliquant* pourquoi vous les évoquez ! (Par exemple, des phénomènes que vous soupçonnez d'être intervenus mais que vous étiez incapable de prendre en compte et que vous *suggérez*).

Ce paragraphe reflète la compréhension des phénomènes mis en évidence.

5- Conclusion

Résumé des résultats pertinents des trois derniers paragraphes afin de répondre à la problématique posée en introduction (et plus si affinités : par exemple des suggestions de montages différents, plus astucieux, etc.).

Critères d'évaluation

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les objectifs du TP sont clairement donnés en introduction. ▪ Présenter les étapes de son travail de manière synthétique, organisée, cohérente et compréhensible. ▪ Donner le protocole utilisé. ▪ S'appuyer sur des schémas, des graphes, des photos. ▪ Comparaison avec les valeurs de références. ▪ Utiliser un vocabulaire scientifique adapté. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les valeurs numériques des grandeurs qui nous intéressent sont données, avec la bonne unité et éventuellement les incertitudes. ▪ Pas de fautes d'orthographe et niveau de langue convenable. ▪ Analyse critique de la démarche (ce qui a bien marché et ce qui a été plus difficile) et éventuellement quelques propositions d'améliorations. |
|--|--|