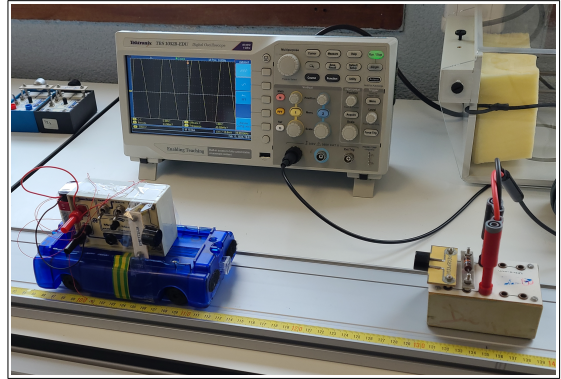


1. Matériel

• Un émetteur ultrasonore est fixé sur une voiturette mobile sur un rail. La fréquence des ultrasons émis $f_{\text{Émise}}$ est fixe.

Un récepteur ultrasonore, situé face au rail, est relié à un oscilloscope. L'oscilloscope affiche la fréquence des ultrasons reçus $f_{\text{Reçue}}$ par le récepteur lorsque la voiturette est en mouvement.

• L'objectif du TP est de comparer la vitesse de la voiturette, déterminée par utilisation de l'effet Doppler, avec une vitesse de référence.



• La vitesse de référence est obtenue à l'aide de deux sondes à effet Hall, séparées de 70 cm, reliées à un microcontrôleur.

2.1. Calculs préliminaires

• Valeur de la célérité du son et des ultrasons dans la salle

↳ La célérité du son « c » varie énormément avec la température θ en °C du milieu de propagation, selon la relation : $c_{\theta} = c_{0^{\circ}\text{C}} \times \sqrt{1 + \frac{\theta}{273}}$ avec $c_{0^{\circ}\text{C}} = 331 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Après avoir noté la température de la salle, déterminer la valeur de la célérité des ultrasons dans l'air de la salle.

• L'émetteur émet un ultrason de fréquence $f_{\text{Émise}}$, et se déplace par rapport au récepteur à une vitesse notée v .

La célérité de propagation de l'onde émise dans l'air est notée c . Les fréquences perçues par le récepteur

sont : $f_{\text{Reçue Approche}} = \frac{f_{\text{Émise}}}{1 - \frac{v}{c}}$ et $f_{\text{Reçue Éloignement}} = \frac{f_{\text{Émise}}}{1 + \frac{v}{c}}$ (cf. TÉ17 §4.2 et 4.3)

↳ À l'aide des formules, indiquer dans quel cas (Approche ou Éloignement) la fréquence reçue est inférieure à la fréquence émise ; supérieure à la fréquence émise.

↳ Montrer que le décalage Doppler $\Delta f_{\text{Approche}} = f_{\text{Reçue Approche}} - f_{\text{Émise}}$ vaut $\Delta f_{\text{Approche}} = f_{\text{Émise}} \times \frac{v}{c - v} > 0$.

Montrer de même que $\Delta f_{\text{Éloignement}} = f_{\text{Reçue Éloignement}} - f_{\text{Émise}}$ vaut $\Delta f_{\text{Éloignement}} = f_{\text{Émise}} \times \left(-\frac{v}{c + v}\right) < 0$.

↳ Montrer que la vitesse de déplacement de la source vaut : $v = c \times \frac{\Delta f_{\text{Approche}}}{f_{\text{Reçue Approche}}}$ ou bien $v = c \times \frac{-\Delta f_{\text{Éloignement}}}{f_{\text{Reçue Éloignement}}}$.

On retient plus simplement :

le décalage Doppler : $\Delta f = f_{\text{Reçue}} - f_{\text{Émise}}$

la valeur de v : $v = c \times \frac{|\Delta f|}{f_{\text{Reçue}}}$

2.2. Mesures

- La voiturette étant immobile, mesurer la valeur de la fréquence des US émis par la voiturette $f_{\text{Émise}}$.
- La voiturette peut être propulsée en appuyant sur le bouton de relâchement du ressort. On considère que tous les lancers sont identiques. On mesure alors :
 - ↳ La fréquence reçue par le récepteur US, en lisant à la volée la valeur affichée par l'oscilloscope.
 - ↳ La vitesse de référence de la voiturette, grâce au boîtier indépendant.
- Effectuer une série d'une dizaine de lancers et renseigner les résultats $f_{\text{Reçue}}$ (kHz) et v ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) dans un tableau.

3. Analyse des résultats – Utiliser un tableur

- Pour chaque lancer identique :
 - ↳ Calculer la vitesse de la voiturette par application de la relation établie au §2.1.
- Analyse statistique des résultats
 - ↳ Déterminer l'étendue des valeurs de vitesse. Quelle remarque peut-on faire sur leur dispersion ?
 - ↳ Utiliser la fiche méthode pour effectuer un traitement statistique des vitesses obtenues. Évaluer la moyenne \bar{v} et l'incertitude-type $u(v)$
 - ↳ Écrire la valeur de la vitesse de l'émetteur sous la forme $\text{vitesse} = (\bar{v} \pm u(v)) \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
 - ↳ Faire la même étude pour la vitesse de référence. Écrire la valeur de la vitesse de référence sous la forme $\text{vitesse de référence} = (\bar{v}_{\text{réf.}} \pm u(v_{\text{réf.}})) \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- Acceptabilité de la mesure par effet Doppler
 - ↳ Vérifier que l'incertitude sur la vitesse de référence est inférieure à celle de la vitesse mesurée par effet Doppler.
 - ↳ Calculer alors le z-score de la mesure effectuée par effet Doppler (cf. fiche méthode)
 - ↳ Conclure.
- Bonus
 - ↳ Justifier que la vitesse est constante sur tout le rail, et que l'on peut donc placer le récepteur en n'importe quel point de l'axe du rail.