

5.4.3 TP 2 : Analyse de l'effet Doppler



Objectif du TP :

l'effet Doppler est aussi bien utilisé dans les radars pour automobiles que pour mesurer la vitesse radiale des planètes (voir la partie Astrophysique et détection d'exoplanètes). L'objectif de ce TP est de mesurer la variation de fréquence en fonction de la vitesse de la source sonore.

Matériel nécessaire :

- deux smartphones : un smartphone dit « émetteur » utilisant une application permettant d'émettre une fréquence donnée (Frequency Generator sous Android ou Physics Toolbox suite) et un autre smartphone dit récepteur-fixe qui enregistrera le spectre de la source sonore (sous iOS AKL Lite ou iAnalyzer ou Sound Analyzer sous Android).
- un chronomètre
- un étudiant sportif
- un mètre

Protocole expérimental :

- Un étudiant avec le smartphone « émetteur » se tient à environ 10 m d'un autre étudiant qui tient le smartphone « récepteur ».
- La fréquence émettrice est choisie autour de 10 000 Hz. Quand l'étudiant « émetteur mobile » est immobile, l'étudiant « récepteur » enregistre une fréquence de référence notée f_0 qui doit être voisine de 10 000 Hz.
- Un étudiant muni d'un mètre mesure alors la distance entre les 2 étudiants.
- Un étudiant muni d'un chronomètre mesurera le temps mis par l'étudiant « émetteur » pour arriver jusqu'à l'étudiant « récepteur » et donnera le top départ.
- Au top départ, l'étudiant émetteur essaye autant que possible de courir en direction du récepteur avec une vitesse régulière.
- Quand l'étudiant émetteur se rapproche (le plus rapidement possible), l'étudiant récepteur visualise alors le décalage Doppler fréquentiel noté Δf .
- A partir de la distance et du temps mesurés, il vous faudra estimer la vitesse moyenne d'approche de l'émetteur.
- A partir du décalage Doppler enregistré, il faudra estimer une vitesse moyenne d'approche.
- Recommencer cette expérience au moins 3 fois dans les mêmes conditions puis étudier également le cas où l'émetteur s'éloigne du récepteur.

Nous conseillons d'utiliser l'application Phyphox (fonction générateur et spectre)

Possibilité de compte-rendu

1. Introduction : *Décrire les objectifs*
2. Partie Expérimentale : *Décrire l'expérience et le protocole succinctement. Faire un schéma et ajouter des photos de l'expérience*
3. Résultats Expérimentaux :
Inclure une capture d'écran de smartphone d'un spectre sonore
Applications utilisées :
Fréquence de l'émetteur f_0 choisie :

– Complétez tout d'abord les 3 premières lignes du 1er tableau dans le cas où l'émetteur s'approche du récepteur :

| approche | Mesure 1 | Mesure 2 | Mesure 3 |
|--------------------------------------------------|----------|----------|----------|
| (1) distance parcourue | | | |
| (2) Temps de parcours | | | |
| (3) Décalage Doppler Δf (Hz) mesuré | | | |
| (4) Vitesse (m/s) | | | |
| (5) Vitesse (m/s) déduite par l'effet Doppler | | | |
| (6) écart relatif | | | |

– A partir des lignes (1) et (2) en déduire la vitesse moyenne d'approche de l'émetteur et complétez la ligne (4).

4. Analyse :

- Dans la partie Astrophysique, nous avons vu que la longueur d'onde mesurée par un observateur considéré comme immobile était donnée par la relation suivante :

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 \pm \frac{V}{c} \right)$$

où c est la vitesse de propagation des ondes, V est la vitesse de la source (ou de l'émetteur) et λ_0 la longueur d'onde de la source mobile associée à la fréquence $f_0 = c/\lambda_0$. le signe \pm tient compte du sens de propagation de l'onde. (on utilisera $c = 345$ m/s pour la vitesse de propagation du son dans l'air à 20°C)

- A partir de ces relations, en déduire la vitesse moyenne d'approche V de l'émetteur à partir de la mesure du décalage Doppler et complétez la ligne (5) du tableau.

Complétez la ligne (6) du tableau en calculant l'écart relatif entre les deux estimations de la vitesse (ligne (4) et (5) du tableau).

Complétez le second tableau dans le cas où l'émetteur s'éloigne du récepteur :

| éloignement | Mesure 1 | Mesure 2 | Mesure 3 |
|--------------------------------------------------|----------|----------|----------|
| (1) Distance parcourue | | | |
| (2) Temps de parcours | | | |
| (3) Décalage Doppler Δf (Hz) mesuré | | | |
| (4) Vitesse (m/s) | | | |
| (5) Vitesse (m/s) déduite par l'effet Doppler | | | |
| (6) Ecart relatif | | | |

- Suite à vos expériences, en déduire le signe du décalage doppler Δf dans le cas où l'émetteur s'approche et dans le cas où l'émetteur s'éloigne et discutez de l'accord entre théorie et expérience.

5. Conclusion et références