

TP1.4 : MESURE D'UNE VITESSE PAR EFFET DOPPLER

Compétence(s)

Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour mesurer une vitesse en utilisant l'effet Doppler.

L'effet Doppler ou effet Doppler-Fizeau est le décalage de fréquence d'une onde (onde mécanique, acoustique, électromagnétique, etc.) entre la mesure à l'émission et la mesure à la réception lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie au cours du temps.

Objectif

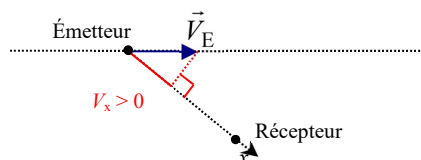
Mesurer la vitesse d'un objet se déplaçant à vitesse constante et émettant un son de fréquence constante grâce à l'effet Doppler.

Document 1 : Vitesse de l'émetteur et décalage en fréquence

Considérons un élément mobile ayant une vitesse V_x par rapport à l'origine du repère O. Cette vitesse est comptée positivement si l'émetteur se rapproche de O, négativement lorsqu'il s'en éloigne.

Si cet élément émet une onde de fréquence ν_e et dont la vitesse de propagation est c , la fréquence de l'onde perçue par un récepteur « immobile » ν_r est liée à ν_e et V_x par la relation :

$$\nu_r = \nu_e \cdot \left(1 + \frac{V_x}{c}\right)$$



$V_x > 0$ si l'émetteur se rapproche du récepteur. $\nu_r > \nu_e$.

$V_x < 0$ dans le cas contraire et $\nu_r < \nu_e$.

Matériel disponible

- Une vidéo montrant un vélo se déplaçant à une vitesse V à peu près constante et disposant d'une source sonore émettant à fréquence fixe.
- L'enregistrement sonore du vélo passant à proximité de l'enregistreur. Le micro a été placé sur la droite de déplacement du vélo, donc $V_x = V$ avant le passage du vélo et $V_x = -V$ après le passage.
- Un logiciel d'analyse de son (Audacity)
- Un logiciel d'analyse vidéo (Latis Pro)

Travail demandé

- Regarder la vidéo et écouter l'enregistrement correspondant.

Exploitation de l'effet Doppler

- Déterminer la fréquence reçue avant et après passage du vélo (attention, ne faire cette mesure que bien avant et bien après le passage du vélo).

Paramètres d'affichage du spectre : Hamming window, fréquence logarithmique, profondeur 4096.

Avant passage : $\nu_{r1} = 1216$ Hz

Après passage : $\nu_{r2} = 1185$ Hz

- Quelle sont les grandeurs connues ? Les grandeurs inconnues ?

Grandeurs connues : fréquences reçues ν_{r1} et ν_{r2} et vitesse du son c

Grandeurs inconnues : vitesse du vélo V et fréquence émise ν_e

- Trouver la relation liant V aux grandeurs connues.

$$V_x = c \cdot \frac{\nu_{r1} - \nu_{r2}}{\nu_{r1} + \nu_{r2}}$$

- Créer un fichier Excel permettant le calcul automatique de V lorsque l'on rentre ν_{r1} et ν_{r2} . Déterminer la valeur de V .

$V = 4,4$ m/s

Exploitation de la vidéo

- Grâce au logiciel Latis Pro, déterminer la vitesse du vélo à partir de l'enregistrement vidéo.

$V = 4,2$ m·s⁻¹

- Comparer ces 2 vitesses en calculant le pourcentage d'écart qui les sépare.

Entre 4,4 m/s et 4,2 m/s il y a 5 % d'écart environ.

Incertitude et sources d'erreur

- En tenant compte des incertitudes portant sur la mesure de fréquence du son, proposer un encadrement de la vitesse du vélo, puis écrire cette vitesse sous la forme $V \pm \Delta V$.

Si on considère que la fréquence donnée par Audacity est à ± 1 Hz, alors : $4,1$ m/s $< V < 4,7$ m/s $\rightarrow V = 4,4 \pm 0,3$ m/s

- Proposer des sources d'erreur dans l'expérience, et des moyens d'améliorer la mesure de vitesse par effet Doppler.

• **Matériel d'enregistrement de mauvaise qualité**

• **Vitesse du vélo pas parfaitement constante et trajectoire pas parfaitement rectiligne.**

• **Règle étalon pas dans le même plan que le vélo.**

• **Pointage pas parfait sur Latis Pro**

• **Bruits alentours**