

Effet Doppler et estimation de la vitesse

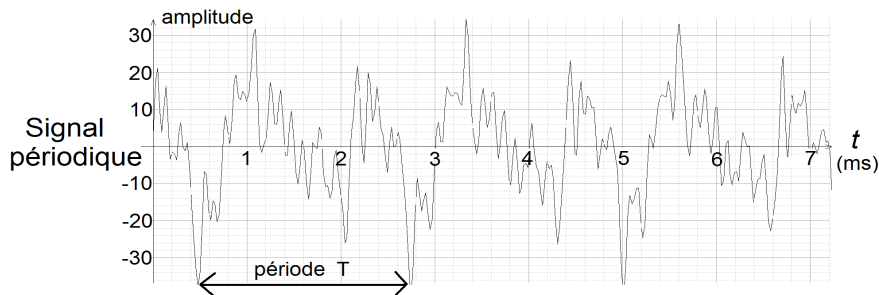
Objectif du TP

Estimer la vitesse de déplacement d'un véhicule à partir de l'enregistrement sonore d'une voiture passant à vive allure tout en klaxonnant, en utilisant la théorie de l'effet Doppler.

Documents de référence

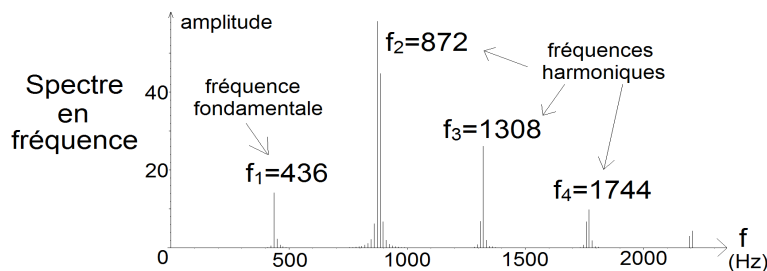
Document 1 – Signal périodique

Une onde sonore est un signal périodique de fréquence fondamentale f_1 , qui peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences $n f_1$, avec n entier.



Le spectre de Fourier d'un son montre :

- le premier pic, correspondant à la fréquence fondamentale f_1 ;
- les autres pics, correspondant aux harmoniques $n f_1$.



Document 2 – L'effet Doppler

Lorsque la source d'un son se déplace par rapport à un observateur, la fréquence perçue varie.

Exemple : le son d'une ambulance paraît plus aigu lorsqu'elle s'approche et plus grave lorsqu'elle s'éloigne.

Document 3 – Formules de l'effet Doppler

Dans le référentiel terrestre, si une source émet un son de fréquence f et se déplace à la vitesse v , alors :

- Lorsque la source s'approche de l'observateur : $f_a = f \times \frac{v_{son}}{v_{son} - v}$
- Lorsque la source s'éloigne de l'observateur : $f_e = f \times \frac{v_{son}}{v_{son} + v}$

Travail à faire

Des étudiants enregistrent, depuis le bord de la route, le son d'une voiture qui klaxonne en passant rapidement devant eux.

- À Montpellier, la vitesse est limitée à $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.
- Une tolérance de $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ s'applique pour les vitesses inférieures à $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Partie théorique

À partir des deux relations ci-dessus, montrer qu'il est possible d'exprimer la vitesse v en fonction de f_a, f_e et v_{son} .

Mesure des fréquences avec Audacity

À l'aide du logiciel Audacity (c'est possible également directement dans regressi)

- Sélectionner le signal (fichier sur le bureau), et faire les mesures nécessaires afin de compléter le tableau ci-dessous :

Fréquence des harmoniques	f_1	f_2	f_3	f_4
Zone d'approche : f_a (en Hz)				
Zone d'éloignement : f_e (en Hz)				

Création du fichier dans Regressi

1. Ouvrir Regressi → Fichier → Nouveau → Clavier.
2. Créer deux grandeurs mesurées : fréquence à l'approche f_a et fréquence à l'éloignement f_e .
3. Ajouter un paramètre expérimental : $v_{son} = 340 \text{ m/s}$.
 - entrer les variables expérimentales f_a et f_e , ainsi que le paramètre expérimental v_{son} avec sa valeur.
 - Faire calculer la vitesse v du véhicule à partir de la relation que vous avez trouvée dans la partie théorique.

Conversion et analyse statistique

- Créer une nouvelle grandeur : V la vitesse en km/h
- Ouvrir Statistiques → Tableau :
- afficher la valeur moyenne ; $V_{moyenne} =$
 - afficher l'incertitude absolue $u(V) =$

Conclusion

Le conducteur est-il en infraction ?

Question subsidiaire :
En cours le professeur imite le bruit d'un véhicule imaginaire qui passe devant lui.
Utiliser le fichier « Hiiiiiyaaaaan » et déterminer la vitesse de ce véhicule imaginaire