

TP3 : Détermination d'une vitesse par effet Doppler

Objectif du TP : Déterminer la vitesse v d'un véhicule en utilisant :

- la **théorie de l'effet Doppler**,
- deux enregistrements sonores d'un même klaxon :
 - un klaxon lorsque le véhicule est **à l'arrêt**,
 - le même klaxon lorsque le véhicule est **en mouvement**.

Identifier les deux enregistrements

Avec **Audacity**, ouvrir et écouter les deux fichiers audio.

1. Indiquer lequel correspond au klaxon **à l'arrêt** et lequel correspond au klaxon **en mouvement**.

Déterminer la fréquence du klaxon à l'arrêt par deux méthodes

Toujours avec **Audacity** :

2. À partir du signal temporel, mesurer la fréquence f_E du klaxon lorsque le véhicule est **immobile**. Donner cette valeur avec la meilleure précision possible.
3. Expliquer pourquoi le klaxon **n'émet pas un son pur** (il comporte plusieurs fréquences : le signal est complexe).

Cette fois-ci avec **Regressi** :

4. Réaliser le **spectre de Fourier** du klaxon à l'arrêt et retrouver la fréquence fondamentale f_E du klaxon à partir du spectre de Fourier.

Analyse spectrale du klaxon en mouvement

5. Avec **Regressi**, réaliser le **spectre de Fourier** du klaxon lorsque le véhicule est en phase d'approche. En déduire la fréquence reçue f_R du klaxon lorsque le véhicule s'approche.
6. Le son du klaxon d'un véhicule qui s'approche est plus aigu ou plus grave que celui émis lorsque le véhicule est à l'arrêt ?

Modèle de Doppler

Pour un véhicule qui s'approche de l'observateur, la fréquence reçue f_R est donnée, dans un modèle

simplifié ¹, par : $f_R = \frac{f_E}{1 - \frac{v}{c}}$ relation ④ où

- f_E est la fréquence émise (véhicule à l'arrêt),
- c est la vitesse du son dans l'air, $c = 340 \text{ m.s}^{-1}$
- v est la vitesse du véhicule (émetteur qui roule vers le récepteur)

Remarque : $f_R > f_E$.

7. À partir de la relation de Doppler ④, isoler v et établir l'expression littérale de la vitesse en fonction de f_E , f_R et c .
8. Calculer la valeur numérique de v puis exprimer la vitesse en km.h^{-1} .

¹

- Le récepteur est immobile.
- La source se déplace vers le récepteur en suivant un mouvement rectiligne uniforme à la vitesse v sur la durée de mesure.
- La source émet des ondes périodiques (mécaniques ou électromagnétiques) de même fréquence f_E se propageant à une même célérité c (bien) supérieure à v .

Définition de décalage Doppler

Le décalage en fréquence est : $\Delta f = f_R - f_E$

9. Donner l'expression de Δf en fonction de f_E , v et c .

10. Montrer que lorsque $v \ll c$ (approximation faible vitesse), on obtient : $\Delta f = \frac{v \times f_E}{c}$.

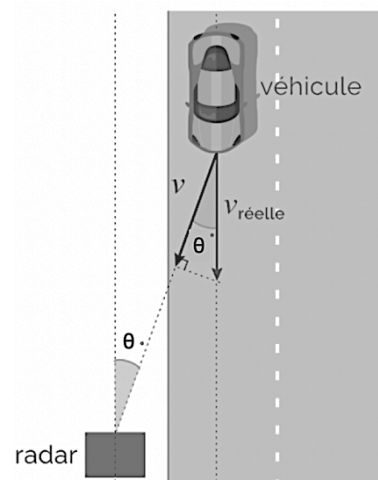
Radar routier et effet Doppler

Dans le cas d'un **radar routier**, lorsqu'une voiture s'approche du radar, le décalage Doppler observé est :

$$\Delta f \approx f_E \times \frac{2 \times v_{\text{réelle}} \times \cos(\theta)}{c}$$

→ Ce qui change par rapport au cas précédent :

- Le radar **émet** une onde puis **réceptionne l'onde réfléchi**e par la voiture.
- Il y a donc **deux décalages Doppler successifs** :
 - un à l'aller (onde allant du radar vers la voiture),
 - un au retour (onde réfléchi revenant vers le radar).
- Cela explique le **facteur 2** dans la formule.



11. Pourquoi l'angle θ entre la direction du radar et celle du déplacement du véhicule intervient-il dans la formule du décalage Doppler, et comment cela explique-t-il la présence du terme $\cos \theta$?

Véhicule qui s'éloigne : relation Doppler

Pour un véhicule qui **s'éloigne**, on peut montrer (dans un modèle simplifié ²) que la fréquence reçue est :

$$f'_R = \frac{f_E}{1 + \frac{v}{c}} \quad \text{relation } \textcircled{B}$$

12. Comment peut-on interpréter, à partir des expressions de Doppler, le changement de signe dans le dénominateur « - » pour l'approche (relation \textcircled{A}) et « + » pour l'éloignement (relation \textcircled{B}).

²

- Le récepteur est immobile.
- La source se déplace vers le récepteur en suivant un mouvement rectiligne uniforme à la vitesse v sur la durée de mesure.
- La source émet des ondes périodiques (mécaniques ou électromagnétiques) de même fréquence f_E se propageant à une même célérité c (bien) supérieure à v .