

## 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<sup>1</sup>, 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  $\text{km.h}^{-1}$ .

<sup>1</sup>

- 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  $\Delta f$  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 :

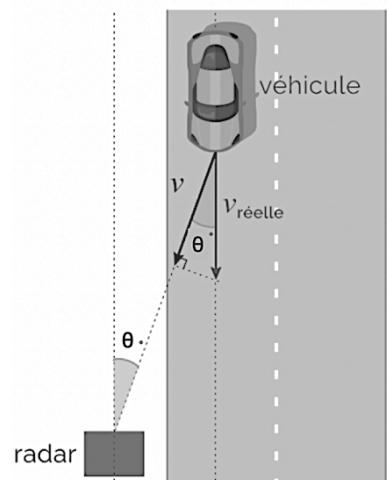
$$\Delta f \approx f_E \times \frac{2 \times v_{\text{réelle}} \times \cos(\theta)}{c}$$

→ Ce qui change par rapport au cas précédent :

- Le radar émet une onde puis réceptionne l'onde réfléchie 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 réfléchie revenant vers le radar).



- Cela explique le **facteur 2** dans la formule.

**11.** Pourquoi l'angle  $\theta$  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<sup>2)</sup>) que la fréquence reçue est :

$$f'_R = \frac{f_E}{1 + \frac{v}{c}} \quad \text{relation ④}$$

**12.** Comment peut-on interpréter, à partir des expressions de Doppler, le changement de signe dans le dénominateur « - » pour l'approche (relation ④) et « + » pour l'éloignement (relation ⑤).

<sup>2</sup>

- 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  $v$ .