

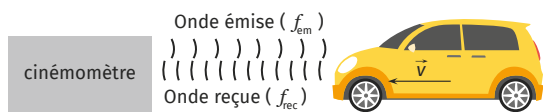
## 6 Cinémométrie Doppler

L'effet Doppler a des applications dans de nombreuses technologies. C'est le cas de la cinémométrie qui permet de mesurer à distance la vitesse d'un objet.

→ Comment utiliser l'effet Doppler pour mesurer la vitesse d'un objet ?

### Doc. 1 Principe de la cinémométrie Doppler

Un sonar Doppler est constitué d'un émetteur et d'un récepteur d'ondes sonores. Il mesure la différence de fréquence entre l'onde émise de fréquence  $f_{em}$  et l'onde reçue de fréquence  $f_{rec}$  après réflexion sur l'objet en mouvement, afin de déterminer sa vitesse  $v$ .



Les tensions  $E$  et  $R$  des signaux périodiques associés aux ondes émise et reçue peuvent s'écrire :

$$E(t) = A_{em} \cdot \cos(2\pi \cdot t \cdot f_{em})$$

$E(t)$  : tension associée à l'onde émise (V)

$A_{em}$  : amplitude du signal émis (V)

$$R(t) = A_{rec} \cdot \cos(2\pi \cdot t \cdot f_{rec})$$

$R(t)$  : tension associée à l'onde reçue (V)

$A_{rec}$  : amplitude du signal reçu (V)

$t$  : temps (s)

$f_{em}$  : fréquence de l'onde émise (Hz)

$f_{rec}$  : fréquence de l'onde reçue (Hz)

La différence de fréquence entre les deux signaux étant très faible, on se propose d'utiliser une méthode reposant sur l'analyse du produit  $P$  des deux tensions, exprimé en ( $V^2$ ) :

$$P(t) = E(t) \cdot R(t)$$

### Doc. 5 Radar automatique

Les radars automatiques de contrôle routier fonctionnent exactement sur le même principe qu'un sonar Doppler, mais ils utilisent des ondes faisant partie des ondes électromagnétiques radio.



### Doc. 2 Matériel nécessaire

- Petit véhicule électrique
- Émetteur et récepteur à ultrasons
- Système d'acquisition des signaux émis et reçu pré-réglé
- Logiciel de tableur permettant également l'analyse spectrale des signaux
- Mètre
- Chronomètre
- Deux repères distants d'environ 50 cm collés sur la paillasse
- Calculatrice

### Doc. 3 Trigonométrie

On fournit la formule trigonométrique suivante :

$$\cos(a) \cdot \cos(b) = \frac{\cos(a+b) + \cos(a-b)}{2}$$

### Doc. 4 Vitesse du son

Le tableau ci-dessous présente quelques valeurs de vitesses du son  $v_{son}$  dans l'air pour différentes températures (à pression atmosphérique normale).

| Température $\theta$ en ( $^{\circ}\text{C}$ )               | 10  | 20  | 30  | 40  |
|--|-----|-----|-----|-----|
| Vitesse du son $v_{son}$ en ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) | 337 | 343 | 349 | 355 |

### Doc. 6 Décalage Doppler

Dans la situation présentée ici, l'expression du décalage en fréquence  $\Delta f$  dû à l'effet Doppler est donnée par :

$$|\Delta f| = \frac{2v}{v_{son}} \cdot f_{em}$$

$\Delta f$  : décalage en fréquence (Hz)

$v$  : vitesse de la source ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

$v_{son}$  : vitesse du son ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )



## 1 Acquisition des signaux (20 minutes conseillées)

1. Proposer un protocole permettant de réaliser l'acquisition des signaux émis (signal  $E(t)$ ) et reçu (signal  $R(t)$ ) lorsque la voiture est en mouvement à environ 30 cm de l'ensemble émetteur/récepteur.

**Appel n° 1** Appeler le professeur pour lui présenter le protocole, ou en cas de difficulté.

2. Après accord du professeur, réaliser le protocole en faisant attention à ce que le véhicule ne percute pas les appareils.

## 2 Détermination de la vitesse (25 minutes conseillées)

3. Exprimer les produit  $P(t)$  en fonction de  $A_{em}$ ,  $A_{rec}$ ,  $t$ ,  $\Delta f$  et  $f = \frac{f_{rec} + f_{em}}{2}$ , la moyenne des deux fréquences.
4. Justifier que le spectre de  $P(t)$  présente deux pics, aux fréquences  $f_1 = 2f$  et  $f_2 = \Delta f$ .
5. Proposer un protocole permettant de déterminer, par analyse spectrale,  $f$  et  $\Delta f$ .

**Appel n° 2** Appeler le professeur pour lui présenter le protocole, ou en cas de difficulté.

6. Réaliser le protocole et relever les valeurs obtenues pour  $f$  et  $\Delta f$ .
7. Calculer la valeur de la vitesse du véhicule.

## 3 Comparaison avec une autre méthode (15 minutes conseillées)

8. Proposer un autre protocole permettant de déterminer la vitesse supposée constante du véhicule.

**Appel n° 3** Appeler le professeur pour lui présenter le protocole, ou en cas de difficulté.

9. Réaliser le protocole en faisant attention à ce que le véhicule ne percute pas les appareils et noter la valeur de  $v$  obtenue.
10. En analysant les sources d'incertitudes, préciser en le justifiant quelle est la méthode la plus précise.

*Défaire le montage et ranger la paillasse.*

**Se préparer  
aux ECE**

Réaliser un schéma représentant deux observateurs ainsi qu'une source sonore placée entre les deux et se déplaçant de l'un vers l'autre. Y faire figurer l'expression du décalage en fréquence perçu par chaque observateur.