

|              |           |                |                |
|--------------|-----------|----------------|----------------|
| p. 358 à 365 | CONN, APP | APP, REA       | ANA, REA, VAL  |
| Doppler      | 10, 11    | 12, 13, 14, 15 | 22, 23, 24, 26 |

### 15 Calculer un décalage Doppler

Utiliser un modèle pour prévoir.

Une voiture passe en klaxonnant. Le son produit a une fréquence  $f_E = 435 \text{ Hz}$ . Elle s'éloigne d'un piéton avec une vitesse de valeur  $v = 80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Dans une telle situation, la valeur absolue du décalage Doppler est donnée par :

$$\Delta f = f_E \times \frac{v}{v_{\text{son}} - v}$$

- Calculer le décalage Doppler perçu par le piéton.

#### Donnée

Célérité du son :  $v_{\text{son}} = 345 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

### 22 Expérience historique

Exploiter des informations ; effectuer des calculs.

En 1845, afin de vérifier expérimentalement la théorie de Christian DOPPLER, le scientifique Christoph BUYS-BALLOT a réalisé l'expérience suivante : des musiciens à bord d'un train jouent un *La* de fréquence  $f_E$ . Des auditeurs, convenablement disposés le long de la voie ferrée, ont pu reconnaître la note jouée par les musiciens lors de l'approche du train.



- Quel est le phénomène à l'origine du décalage des fréquences entre l'onde émise et l'onde perçue ?
  - Quelle est la fréquence  $f_R$  de la note entendue par les auditeurs situés au bord de la voie ferrée ?
2. Dans cette situation, on a :

$$\Delta f = f_E \times \frac{v}{v_{\text{onde}} - v}$$

$v_{\text{onde}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  étant la célérité du son dans les conditions de température du jour de l'observation.

Calculer la valeur de la vitesse de déplacement du train.

#### Données

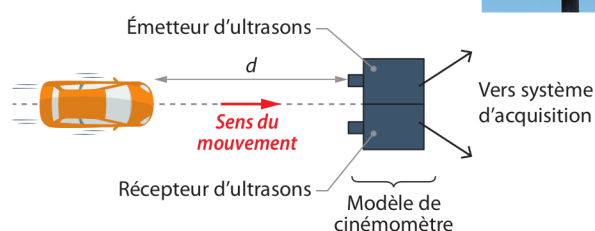
Les définitions des notes de musique ont évolué depuis le XIX<sup>e</sup> siècle. Les fréquences actuelles sont reportées dans le tableau ci-dessous.

| Note   | Fa  | Fa <sup>#</sup> | Sol | La <sup>b</sup> | La  | La <sup>#</sup> | Si  |
|--------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|
| f (Hz) | 349 | 370             | 393 | 415             | 440 | 464             | 494 |

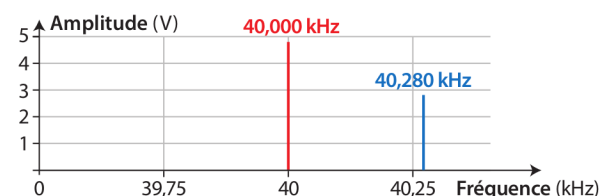
### 26 Contrôle de vitesse

Exploiter des graphiques et schémas ; effectuer des calculs.

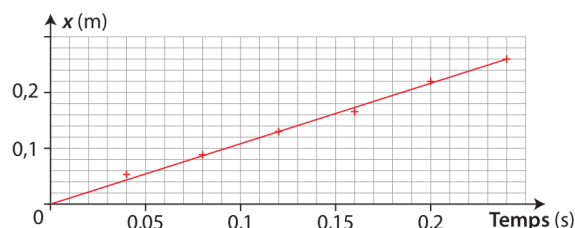
Un radar pédagogique contrôle par effet Doppler la valeur de la vitesse instantanée des véhicules automobiles. Un élève cherche à modéliser le principe de la mesure. Son expérience est représentée ci-dessous.



- Donner le principe de fonctionnement de ce dispositif.
  - On note  $f_E$  la fréquence de l'onde émise et  $f_R$  celle de l'onde reçue par le récepteur. Lors d'un tel mouvement,  $f_E$  est-elle supérieure ou inférieure à  $f_R$  ?
- On réalise l'acquisition informatisée des signaux émis et reçus. Le logiciel permet de repérer les fréquences de chacun des signaux. Déterminer  $f_E$  et  $f_R$ .



- Déterminer, parmi les relations ci-dessous, celle qui donne la valeur de la vitesse  $v$  de la voiture, mesurée par rapport au sol et inférieure à celle de l'onde notée  $v_S$ .
- a  $f_R = f_E \times \left(2v + \frac{v}{v_S}\right)$        b  $f_R = v \times \left(f_E - \frac{2v}{v_S}\right)$   
 c  $f_R = f_E \times \left(1 - \frac{2v}{v_S}\right)$        d  $f_R = f_E \times \left(\frac{2v}{v_S} + 1\right)$
- La célérité des ondes ultrasonores  $v_S$  est égale à  $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Calculer la valeur de la vitesse  $v$  de la voiture.
  - Le déplacement de la voiture a été filmé, puis on a représenté l'évolution de sa position  $x$  en fonction du temps.



- En déduire la valeur  $v_{\text{vidéo}}$  de la vitesse de la voiture.
- Conclure en comparant les valeurs  $v$  et  $v_{\text{vidéo}}$ .

## 23 À chacun son rythme

CORRIGÉ

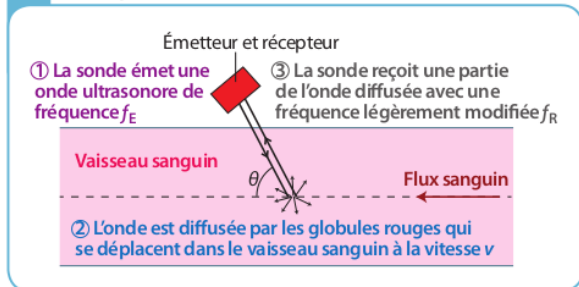
### Vitesse d'écoulement sanguin

Effectuer des calculs ; rédiger une explication.

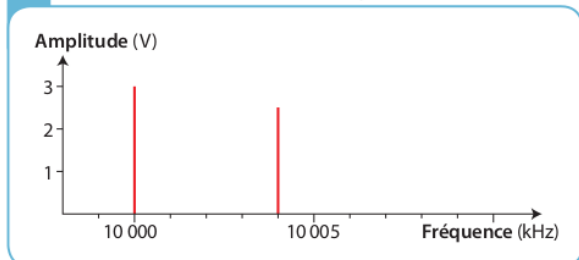
Commencer par résoudre l'énoncé compact. En cas de difficultés, passer à l'énoncé détaillé.

La vélocimétrie est une technique qui permet de mesurer la vitesse d'écoulement du sang dans les vaisseaux sanguins.

#### A Principe de la vélocimétrie



#### B Spectre obtenu après enregistrement simultané de l'onde émise et de l'onde reçue



La relation entre le décalage Doppler et la vitesse  $v$  est :

$$\Delta f = 2 \times \cos \theta \times f_E \times \frac{v}{v_{\text{ultrason}}}$$

#### Énoncé compact

Déterminer la valeur de la vitesse des globules rouges dans le vaisseau sanguin.

#### Énoncé détaillé

- À partir du sens de déplacement des globules rouges, déterminer la fréquence des ondes émises par la sonde.
- Déterminer le décalage Doppler.
- Calculer la valeur de la vitesse  $v$  des globules rouges.

#### Données

- Vitesse des ultrasons dans le corps :  $v_{\text{ultrason}} = 1\,500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- $\theta = 45^\circ$ .

CORRIGÉ

## 24 Détermination par effet Doppler de la vitesse d'éloignement d'un émetteur

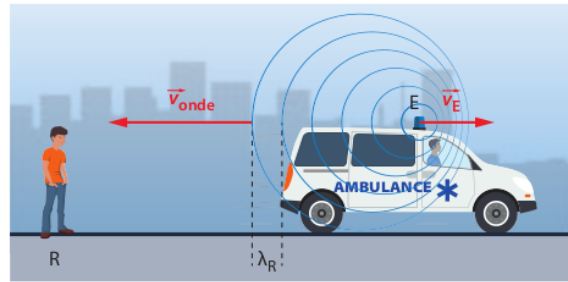
Effectuer des calculs ; interpréter des résultats.

L'effet Doppler permet de mesurer la valeur de la vitesse d'un émetteur  $E$  s'éloignant d'un observateur immobile  $R$ .

On se propose de relier :

- la fréquence  $f_E$  d'émission des signaux par  $E$  ;
- la fréquence  $f_R$  de réception des signaux par  $R$  ;
- la valeur  $v_{\text{onde}}$  de la célérité de l'onde émise par  $E$  ;
- la valeur  $v_E$  de la vitesse de l'émetteur.

Les valeurs des vitesses sont mesurées dans un référentiel terrestre et  $v_E < v_{\text{onde}}$ .



1. À l'instant initial  $t_1 = 0 \text{ s}$ ,  $E$  est à la distance  $d$  de  $R$  et émet une onde sonore se propageant à la célérité  $v_{\text{onde}}$ . Exprimer littéralement la date  $t_2$  au bout de laquelle ce signal est reçu par  $R$ .

2. a. Déterminer l'expression de la distance  $d_E$  parcourue par l'émetteur pendant une durée égale à une période  $T_E$  du signal émis.

b. À la date  $t_3 = T_E$ , quelle est la distance qui sépare  $E$  et  $R$  ?

c. À la date  $t_3 = T_E$ , l'émetteur émet de nouveau un signal. À quelle date  $t_4$  le récepteur  $R$  reçoit-il ce signal ?

3. Quelle est la durée, notée  $T_R$ , séparant la réception par  $R$  de deux signaux consécutifs ? Que représente cette durée  $T_R$  ?

4. a. Exprimer la relation entre les fréquences  $f_R$  et  $f_E$ , la célérité  $v_{\text{onde}}$  du signal et la valeur  $v_E$  de la vitesse de  $E$ .

b. Quelle est l'expression littérale de la valeur de la vitesse  $v_E$  de l'émetteur ?