

TP5 La physique des radars

CORRECTION

ANALYSER : 🕒 20 min conseillées

1. Déterminer la valeur de la vitesse du train utilisé lors de l'expérience de Christoph Buys Ballot.

Dans cette expérience, pour les observateurs fixes, la source se rapproche, la fréquence perçue est :

$$f_1 = \frac{f_s}{1 - \frac{v_s}{c}}$$

Nous connaissons ici la fréquence f_s émise par la source qui correspond à un « La » soit 440 Hz.

La fréquence f_1 perçue est celle d'un « La[#] » soit 466 Hz.

Nous prendrons pour vitesse des ondes sonores : $c = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

D'après la formule précédente, on déduit que :

$$f_1 \times \left(1 - \frac{v_s}{c}\right) = f_s \Leftrightarrow \left(1 - \frac{v_s}{c}\right) = \frac{f_s}{f_1} \Leftrightarrow \frac{v_s}{c} = 1 - \frac{f_s}{f_1} \Leftrightarrow v_s = c \times \left(1 - \frac{f_s}{f_1}\right)$$

$$\text{AN : } v_s = c \times \left(1 - \frac{f_s}{f_1}\right) = 340 \times \left(1 - \frac{440}{466}\right) = 19,0 \text{ m/s} = 68,3 \text{ km/h}$$

Le train de l'expérience réalisée par Christoph Buys Ballot roulait donc à environ 68 km/h.

2. Élaborer un protocole permettant de déterminer la vitesse de la moto.

Nous ne connaissons pas la fréquence f_s émise par la source. Nous allons déterminer la vitesse de la source par la formule : $v_s = c \frac{f_1 - f_2}{f_1 + f_2}$. Il nous faut donc mesurer la fréquence notée f_1 pendant

l'approche de la moto et la fréquence notée f_2 pendant son éloignement.

Il faut faire attention à se placer à un instant avant que la moto ne dépasse le micro qui a réalisé l'enregistrement puis à un deuxième instant après le dépassement. On essaiera de se placer à des instants où la vitesse est constante, c'est-à-dire pour lesquels les fréquences ne fluctuent pas. On constate que la fréquence du son avant passage n'est constante qu'à partir d'environ $t = 3.2\text{s}$ jusqu'à environ $t = 4\text{s}$.

Nous pouvons utiliser 2 méthodes distinctes pour déterminer les fréquences f_1 et f_2 :

→ soit se placer sur l'enregistrement à des instants avant et après le passage de la moto alors que la vitesse est constante et déterminer la période (zoomer et mesurer plusieurs périodes) puis en déduire la fréquence.

→ soit utiliser les informations du document 4 et déterminer directement les fréquences f_1 et f_2 par analyse spectrale.

RÉALISER : 🕒 20 min conseillées

3. Déterminer les fréquences f_1 et f_2 .

On trouve $f_1 = 241 \text{ Hz}$ et $f_2 = 212 \text{ Hz}$

4. La moto respectait-elle la limitation de vitesse sur cette portion de route limitée à 70 km/h ?

$$\text{On en déduit des mesures que } v_s = c \frac{f_1 - f_2}{f_1 + f_2} = 340 \times \frac{241 - 212}{241 + 212} = 21,8 \text{ m/s} = 78,4 \text{ km/h}$$

La moto ne respectait pas la limitation de vitesse sur cette portion de route limitée à 70 km/h

VALIDER : 🕒 20 min conseillées

5. À quelle famille appartiennent les ondes utilisées dans un radar routier ?

Les ondes utilisées dans un radar routier sont des ondes électromagnétiques appartenant au domaine des ondes hertziennes.

6. Dans la formule du décalage Doppler Δf donnée dans le document 5, que représente c ?

c correspond à la vitesse de la lumière : $c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s

7. Un véhicule passe devant le radar à 92 km/h, alors que la vitesse est limitée à 90 km/h.
Calculer le décalage Δf théorique pour les deux vitesses citées.
Le radar mesure le décalage avec une incertitude de 200 Hz. Qu'en concluez-vous ?

$$\text{Pour } v = 90 \text{ km/h} = 25,0 \text{ m/s} : \Delta f = \frac{2 \cdot v \cdot \cos \alpha}{c} \times f_0 = \frac{2 \times 25 \times \cos 25}{3,0 \cdot 10^8} \times 34,3 \cdot 10^9 = 5181 \text{ Hz} \approx 5,2 \cdot 10^3 \text{ Hz}$$

$$\text{Pour } v = 92 \text{ km/h} = 25,6 \text{ m/s} : \Delta f = \frac{2 \cdot v \cdot \cos \alpha}{c} \times f_0 = \frac{2 \times 25,6 \times \cos 25}{3,0 \cdot 10^8} \times 34,3 \cdot 10^9 = 5296 \text{ Hz} \approx 5,3 \cdot 10^3 \text{ Hz}$$

Les deux décalages calculés précédemment ne sont pas distincts de plus de 200 Hz donc le radar ne peut pas les distinguer. Le flash ne se déclenche donc pas à 92 km/h

8. À partir de quelle vitesse le radar déclenche-t-il son flash sur une route limitée à 90 km/h ?

Le radar va déclencher le flash lorsque le décalage Δf est 200 Hz au dessus de celui déterminé à 90 km/h, c'est-à-dire lorsque $\Delta f = 5,2 \cdot 10^3 + 200 = 5,4 \cdot 10^3$ Hz.

$$\text{La vitesse du véhicule est alors : } v = \frac{c \cdot \Delta f}{2 \cdot \cos \alpha \cdot f_0} = \frac{3,0 \cdot 10^8 \times 5,4 \cdot 10^3}{2 \times \cos 25 \times 34,3 \cdot 10^9} = 26 \text{ m/s} = 94 \text{ km/h}$$

Le radar déclenche donc son flash à partir de 94 km/h