

## EFFET DOPPLER

Objectifs : exploiter l'effet Doppler pour déterminer la vitesse d'un véhicule



**Problématique** : Lorsqu'un véhicule passe sur une route de campagne, un observateur sur le bas-côté constate une modification de la hauteur du son émis par la voiture lors de son passage : la fréquence du son perçu n'est pas la même lorsque le véhicule s'approche et lorsqu'il s'éloigne. C'est une manifestation de l'effet Doppler.

Comment déterminer la vitesse du véhicule en utilisant l'effet Doppler ?



## Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme



L'effet Doppler désigne le changement de fréquence perçu par un observateur lorsque la source d'une onde est en mouvement par rapport à lui.

On considère une source sonore émettant des ondes périodiques, de fréquence  $f$  dans son propre référentiel, et qui se propagent à la vitesse  $v_{\text{onde}}$  dans le référentiel de la source. Cette source se déplace à la vitesse  $v$  dans le référentiel de l'observateur. Deux cas se distinguent :

- si la source se rapproche de l'observateur, il perçoit une fréquence  $f_{RA}$  plus grande que  $f$  et  $f_{RA} = f \cdot \frac{v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} - v}$  ;
- si la source s'éloigne de l'observateur, il perçoit une fréquence  $f_{RE}$  plus petite que  $f$  et  $f_{RE} = f \cdot \frac{v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} + v}$ .

## RÉALISER

Manipuler des égalités mathématiques

A B C D

1. Pour chacune des grandeurs suivantes relatives à l'onde, indiquer si elles changent ou si elles restent constantes entre le référentiel de l'observateur et celui de la source : vitesse de propagation, longueur d'onde, période, fréquence.
2. Montrer que la vitesse du véhicule obéit à l'égalité suivante :  $v = v_{\text{onde}} \cdot \frac{f_{RA} - f_{RE}}{f_{RA} + f_{RE}}$ .

On dispose d'une bande sonore enregistrée sur le bord d'une route de campagne durant le passage d'une moto. La limitation de vitesse est fixée à 80 km/h. On souhaite exploiter cet enregistrement pour déterminer la vitesse de la moto dans le référentiel de la route.

## Protocole expérimental



- Démarrer le logiciel LatisPro ;
- dans le menu Fichier > importation, sélectionner le type de fichier « Son » et ouvrir le fichier « Moto » ;
- afficher le signal  $son = f(\text{temps})$  en glissant ces deux grandeurs sur les axes du graphique ;

Traitement du son : l'outil « Spectre de Fourier » d'un logiciel de traitement de son permet d'obtenir la fréquence d'un signal. Le graphique obtenu, appelé spectre de Fourier, comporte un ou plusieurs pics. Le pic le plus intense permet d'identifier la fréquence du signal étudié.

- sélectionner le menu Traitements > Calculs spécifiques > Analyse de Fourier (ou directement F6 sur le clavier) ;
- dans le module « avancé » de la fenêtre, dans le menu « Sélection des périodes », choisir « Manuelle ». En cliquant sur la courbe, il sera alors possible de sélectionner les portions du signal qui nous intéressent ;
- sélectionner la partie du signal correspondant à la phase d'approche et déterminer la valeur de  $f_{RA}$  ;
- sélectionner la partie du signal correspondant à la phase d'éloignement et déterminer la valeur de  $f_{RE}$ .

3. Réaliser le protocole expérimental ci-dessus.

## Incertitude-type de type A



L'incertitude-type est évaluée par une méthode de type A lorsqu'on effectue  $n$  fois la mesure  $G$  dans les mêmes conditions. On note  $G$  la grandeur mesurée et  $\bar{G}$  la valeur moyenne obtenue après avoir réalisé les  $n$  mesures. Le calcul de l'écart type expérimental, noté  $\sigma_{n-1}$ , permet de déterminer l'incertitude-type sur la mesure :  $u(G) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ .

## Vitesse du son et température



La norme de la vitesse du son dans l'air dépend de sa température. Le tableau ci-dessus en fournit quelques valeurs :

| $T/^{\circ}\text{C}$                          | -10   | 0     | 10    | 20    | 30    |
|-----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $v_{\text{son}}/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | 325,4 | 331,5 | 337,5 | 343,4 | 349,2 |

4. Calculer la norme de la vitesse de la moto dans le référentiel de la route.

Étude statistique 

| Groupe n°                                                            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| $v_{\text{exp}} / \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$                     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| $\overline{v_{\text{exp}}} =$ $\sigma_{n-1} =$ $u(v_{\text{exp}}) =$ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |

**RÉALISER***Réaliser une étude statistique***A B C D**

- 5.** Réaliser une étude statistique pour déterminer l'incertitude-type de type A sur la mesure de la vitesse.  
**6.** Identifier les sources d'erreur de la démarche mise en œuvre.

**VALIDER***Confronter une valeur expérimentale à une valeur de référence***A B C D**

- 7.** Conclure en déterminant si la moto respecte ou non la limitation de vitesse.  
**8.** Mener une recherche pour déterminer si l'effet Doppler s'observe dans le cas d'autres ondes que les ondes sonores.