

**CONTEXTE DU SUJET**

L'effet Doppler fut découvert en 1842 par un physicien autrichien Christian Doppler. Mis en évidence 3 ans plus tard, cet effet est aujourd'hui utilisé dans de nombreux domaines tels que la santé (écho doppler), le transport (radar automobile), l'astronomie (redshift) etc....

C'est par ce phénomène que l'on explique la variation de fréquence entendue lors du passage d'une ambulance devant un observateur fixe. En effet, le décalage en fréquence de l'onde perçue est directement lié à la vitesse de déplacement du mobile.

L'approche ici est l'étude d'un mouvement rectiligne uniforme. Le contexte est le transport. Le montage permet l'analogie avec les radars automobile.

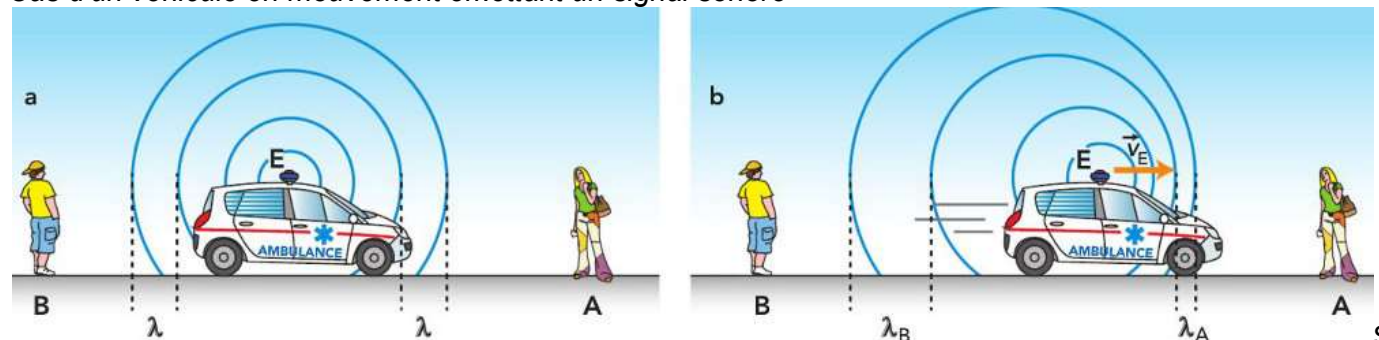
**Document 1 : Effet Doppler**

L'effet Doppler ou effet Doppler-Fizeau est le décalage de fréquence d'une onde (mécanique, acoustique, électromagnétique, etc.) entre la mesure à l'émission et la mesure à la réception lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie au cours du temps. Si on désigne de façon générale ce phénomène physique sous le nom d'effet Doppler, on réserve le terme d'« effet Doppler-Fizeau » aux ondes électromagnétiques.

d'après Wikipédia.

**Document 2 : Formule du décalage en fréquence dans le cas de l'expérience**

Cas d'un véhicule en mouvement émettant un signal sonore



Si  $f$  est la fréquence de l'onde ultrasonore émise,  $v$  la vitesse du véhicule et  $v_{son}$  la vitesse de propagation du son dans les conditions de l'expérience, alors le décalage en fréquence  $\Delta f$  est :

$$\Delta f = |f_{re\acute{c}ue} - f_{\acute{e}mise}| = f_{\acute{e}mise} \times \frac{v}{v_{son}}$$

**Document 3 : Vitesse de propagation du son dans l'air en fonction de la température**

La vitesse de propagation du son dans l'air (à pression atmosphérique) dépend de la température :

| température (°C)                       | 10  | 20  | 30  | 40  |
|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| vitesse $v_{son}$ (m.s <sup>-1</sup> ) | 337 | 343 | 349 | 355 |

**Document 4 : Branchements du boîtier**

Alimenter le boîtier Initio®.

Brancher le banc sur le boîtier Initio sur la face avant.

Brancher l'émetteur et le récepteur d'ultrasons sur la face supérieure en respectant la sérigraphie présente sur le boîtier :

- les douilles d'entrée du boîtier sont sur la gauche.
- sur les douilles vertes, brancher l'émetteur d'ultrasons. Les douilles rouge et noire sont pour le récepteur d'ultrasons.

Les deux douilles situées sur le dessus du boîtier sont les douilles de sortie à raccorder ultérieurement.



**Document 5 : Caractéristiques techniques du banc**

Grâce à une courroie reliée à deux poulies et entraînée par un moteur, le chariot est mis en mouvement. Ce déplacement est (en dehors de la phase initiale de mise en mouvement), rectiligne et uniforme entre les deux poulies. La vitesse ainsi que le sens de rotation du moteur sont contrôlés par le boîtier Initio®.

**Document 6 : Le montage « multiplieur »**

Le boîtier est équipé d'un montage « multiplieur » électronique soit :

$$2 \cos(2\pi f_1 t) \times \cos(2\pi f_2 t) = \cos(2\pi(f_1 + f_2)t) + \cos(2\pi(f_1 - f_2)t)$$

On retrouve ainsi, en sortie, après filtrage, un signal sinusoïdal de fréquence  $\Delta f = f_1 - f_2$ .

On a donc directement, en sortie du boîtier, le décalage en fréquence entre la fréquence émise par l'émetteur et la fréquence reçue par le récepteur.

**TRAVAIL À EFFECTUER****I- Détermination du décalage en fréquence Doppler  $\Delta f$ .****A- méthode indirecte : à partir de  $v_{\text{chrono}}$  et  $f_{\text{émise}}$ .**

1. Écrire un protocole permettant de mesurer la vitesse de déplacement du chariot, supposée constante, en utilisant le chronomètre à votre disposition.
2. Écrire un protocole permettant de visualiser et de mesurer la fréquence de l'onde ultrasonore émise par l'Émetteur.

aides :

- le signal émis par l'émetteur est visible grâce au récepteur !
- l'interface d'acquisition permet de visualiser une tension électrique variable dans le temps.
- paramétrage minimum imposé par l'interface : calibre  $\pm 0,25V$  ; durée de l'acquisition  $300\mu s$  (permet de visualiser 10 périodes) 101 pts, en déduire  $f$ .

**Appeler le professeur pour lui présenter ces protocoles.**

3. A partir de la mesure de  $v_{\text{chrono}}$  et de  $f_{\text{émise}}$ , calculer avec la formule donnée, la valeur du décalage en fréquence  $\Delta f$ .

**B-méthode directe : mesure directe de  $\Delta f$  avec le boîtier Initio.**

Écrire un protocole permettant de déterminer la valeur du décalage Doppler **en utilisant le boîtier Initio.**

**Appeler le professeur pour lui présenter ce protocole.**

paramétrages : calibre de l'entrée  $\pm 5V$ , affichage/liaison entre les points ;  
temps d'acquisition 1s, 500 points

Mettre le chariot en mouvement et effectuer une acquisition. Déterminer le décalage en fréquence  $\Delta f$ .

**II- Mesure de la vitesse du chariot par effet Doppler**

A l'aide des mesures précédentes du décalage en fréquence  $\Delta f$  issues de la méthode directe (I-B), déterminer la vitesse du chariot.

Répéter l'opération pour une autre vitesse du chariot comprise entre 4 (curseur en buté à gauche) et 15  $\text{cm.s}^{-1}$  (curseur en buté à droite).

### III- Incertitudes sur les mesures des vitesses du chariot

#### **a- vitesse du chariot avec le chronomètre**

Evaluer l'incertitude type sur la mesure de la durée de parcours du chariot avec le chronomètre.

On donne :  $u(t) = 0,5$  s en tenant compte de la précision du chronomètre et le temps moyen de réponse du cerveau pour déclencher la mesure ( $> 1/10$ s).

et  $u(d) = 0,4$  mm en considérant une double mesure avec une règle graduée au mm.

Utiliser le logiciel Gum, onglet "détermination indirecte..." et saisir la formule donnant  $v = d/t$  et les incertitudes associées

Ecrire le résultat de la mesure  $V_{Chrono} = (\dots \pm \dots) \text{ m.s}^{-1}$ .

#### **b- vitesse du chariot par effet Doppler**

Rappeler la valeur de la fréquence de l'onde ultrasonore émise déterminée au I :

$f_{em} = \dots$

L'incertitude type sur  $f$  correspond à 1 % de la valeur de  $f$ .

Calculer l'incertitude type sur  $f$  :  $u(f) = \dots$

Rappeler la valeur du décalage Doppler mesuré :  $\Delta f = \dots$

L'incertitude type sur  $\Delta f$  correspond à 1 % de la valeur de  $\Delta f$ .

Calculer l'incertitude type  $u(\Delta f)$  sur la mesure du décalage en fréquence  $u(\Delta f) = \dots$

Utiliser le logiciel Gum, onglet "détermination indirecte..." et saisir la formule donnant  $v = v_{son} \times \Delta f / f_{emis}$  et les incertitudes associées, on prendra  $v_{son} = 345 \text{ m.s}^{-1}$ .

Ecrire le résultat de la mesure  $V_{Doppler} = (\dots \pm \dots) \text{ m.s}^{-1}$ .

Les deux méthodes donnent-elles des résultats concordants ? Justifier.

Quelle est la méthode la plus précise ?

Citer les sources d'erreurs dans les 2 méthodes.