

Mesure d'une vitesse par effet Doppler

Capacités exigibles

- Mettre en œuvre une mesure d'angle par déplacement d'un viseur entre deux positions.
- Reconnaître des interférences constructives et destructives
- Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour

visualiser et caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes

- Effectuer une mesure fréquentielle pour remonter à la vitesse d'un objet

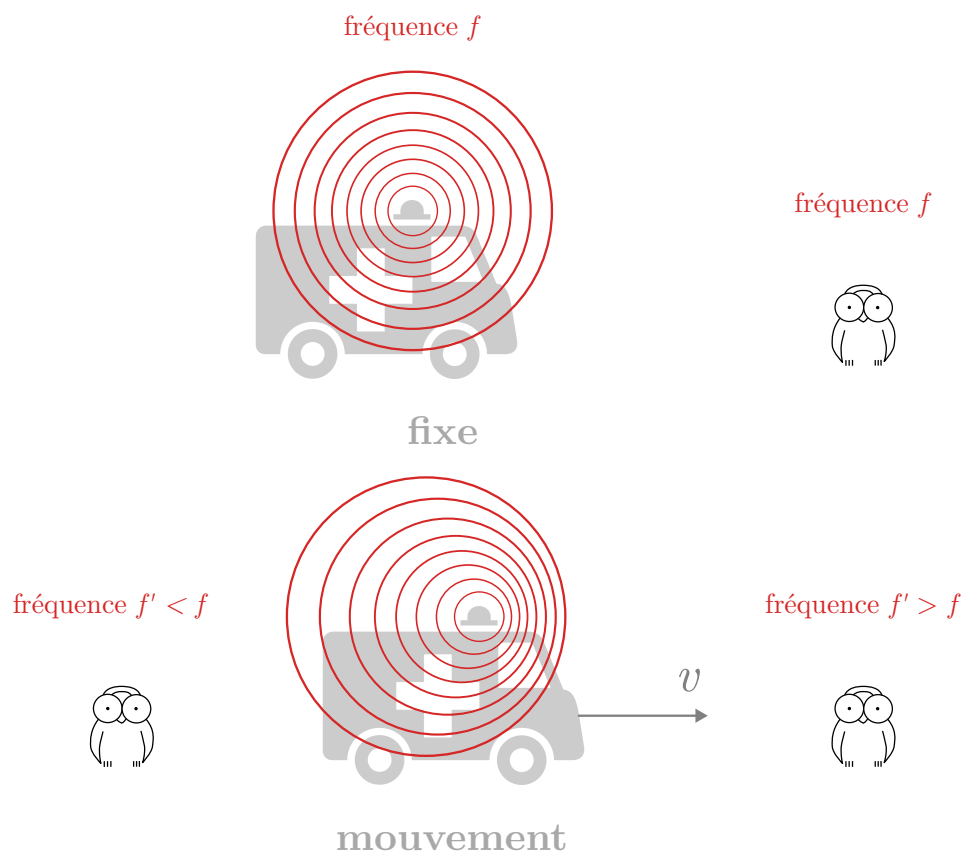
I Documents

Document 1 : Effet Doppler

Une source émet un signal acoustique à la fréquence f . Si elle se déplace à une vitesse v vers un observateur, ce dernier entendra une fréquence modifiée

$$f' = \frac{f}{1 - v/c} \quad v \ll c \quad \left(1 + \frac{v}{c}\right) f$$

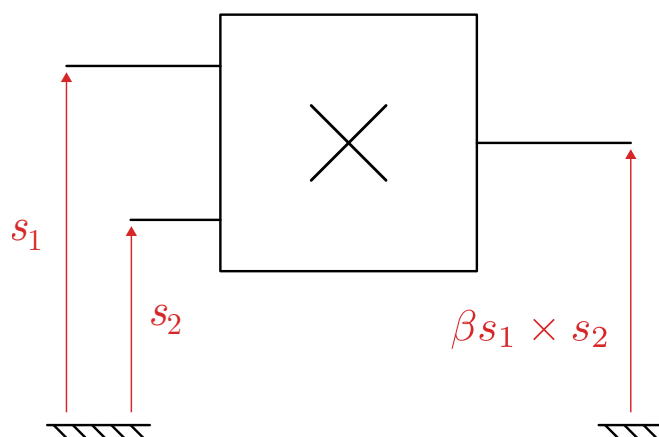
Où c est la célérité des ondes acoustiques dans l'air.



NB : Le signe de v nous indique le sens du mouvement de la source :

$$\begin{aligned} v > 0 &\implies \text{La source avance vers l'observateur} &\implies f' > f \\ v < 0 &\implies \text{La source avance s'éloigne de l'observateur} &\implies f' < f \end{aligned}$$

Document 2 : Multiplieur analogique

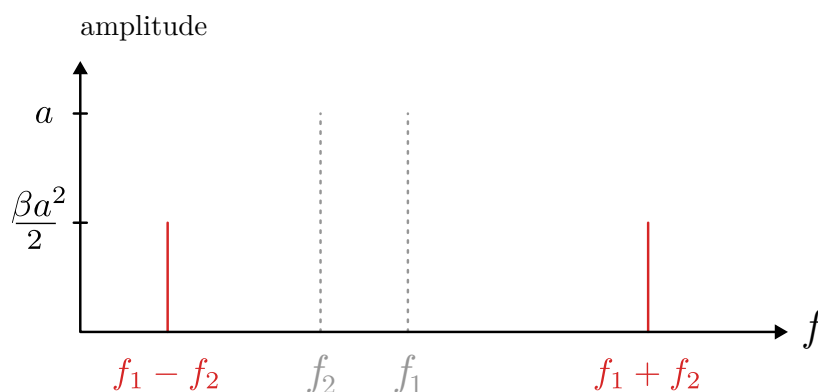


Grâce à un multiplieur analogique, on peut multiplier deux signaux électriques.

Cette opération a pour conséquence de modifier le spectre. En effet, prenons deux signaux de fréquences différentes :

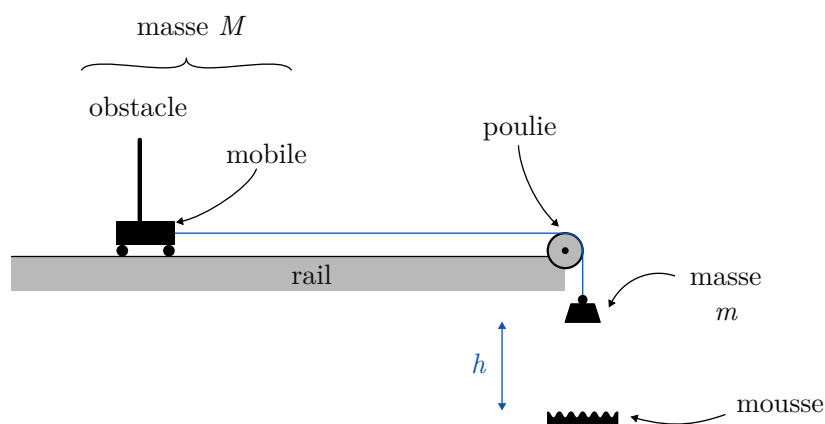
$$\begin{cases} s_1(t) = a \cos(2\pi f_1 t) \\ s_2(t) = a \cos(2\pi f_2 t) \end{cases} \implies \beta s_1(t)s_2(t) = \frac{\beta a^2}{2} [\cos(2\pi(f_1 - f_2)t) + \cos(2\pi(f_1 + f_2)t)]$$

Le spectre est donc constitué de deux composantes de fréquences $f_1 - f_2$ et $f_1 + f_2$:



Document 3 : Rail de vitesse

Pour contrôler la vitesse v de déplacement de l'obstacle, on le fixe sur un mobile (système {mobile + obstacle} de masse M), pouvant se déplacer le long d'un rail :



Le mobile est entraînée par la chute de la masse m . Une fois celle-ci ayant touché la mousse, le mobile ne subit plus aucune force (on néglige tous les frottements) donc continue son déplacement à vitesse constante :

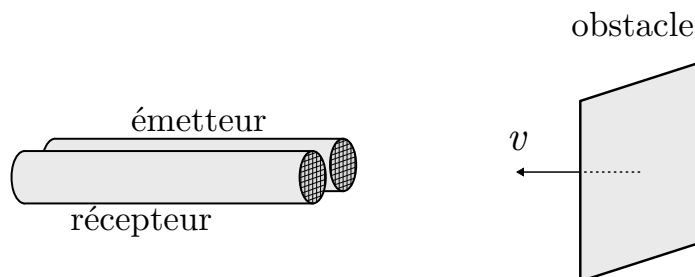
$$v = \sqrt{2gh \frac{m}{M + m}}$$

Document 4 : Matériel

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Montage effet DOPPLER (rail + charriot + poulie + masse + multiplieur) ➤ Une résistance $R = 10\text{ k}\Omega$ ➤ Un condensateur de capacité $C = 1.0\ \mu\text{F}$ ➤ Une boîte à décade d'inductances propres | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Un émetteur et récepteur ultrasons ➤ Un GBF ➤ Un oscilloscope ➤ Un ordinateur ➤ Une balance |
|--|---|

II Énoncé

Le but de mesurer la vitesse d'un obstacle en mouvement à la vitesse v . Pour cela on partira de la base expérimentale suivante :



- ① En notant f la fréquence émise et f' la fréquence reçue, montrer que l'on peut isoler la différence $\Delta f = f' - f$ à l'aide d'un multiplieur et d'un filtre. Donner les caractéristiques du filtre : nature, fréquence de coupure (plage de valeurs acceptables), facteur de qualité (valeur minimale ou maximale).

- ② ✂ Quelle grandeur va-t-on mesurer (et avec quel instrument) afin de remonter à v ? Faire quelques tests en bougeant un obstacle à la main.

