

Interférences et 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 Visualisation des interférences

A Documents

Document 1 : Interférences à deux sources

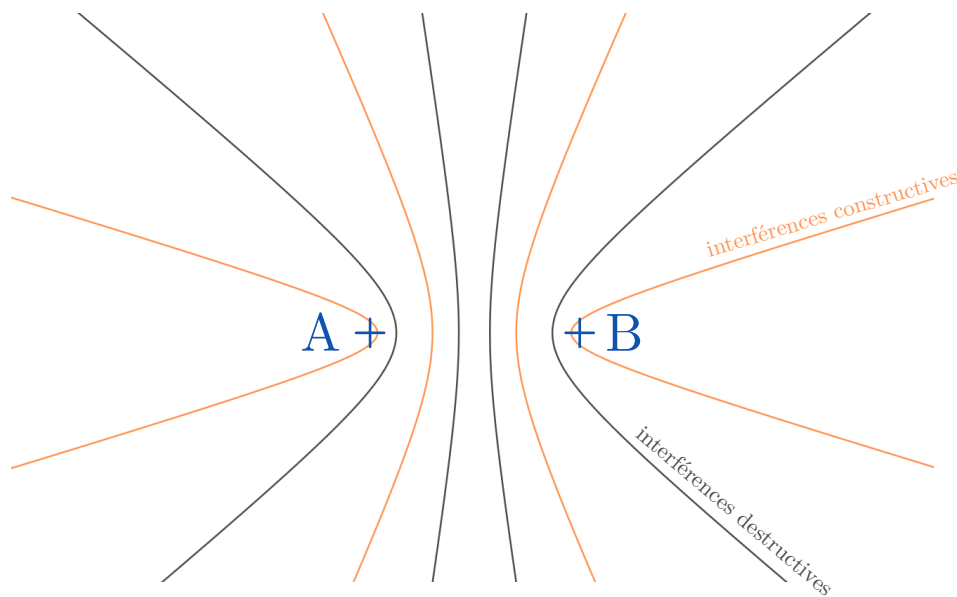
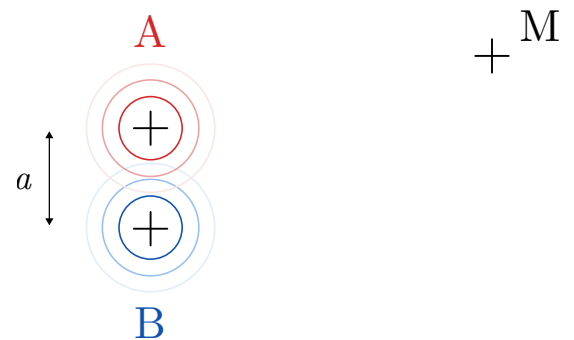
On place deux sources en des points A et B séparés d'une distance a , oscillant à la même fréquence f (longueur d'onde $\lambda = c/f$).

On s'intéresse alors au signal reçu en M.

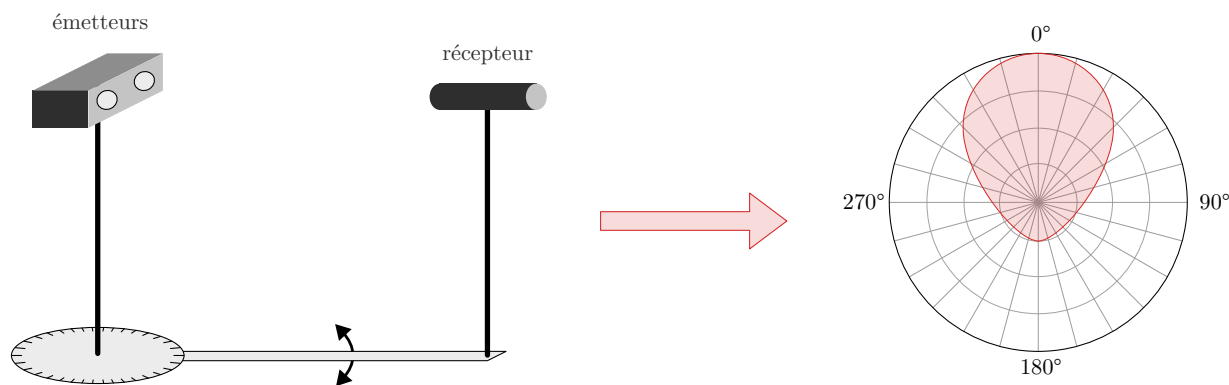
On peut montrer que les interférences constructives et destructives forment des hyperboles (cf. schéma ci-dessous) :

$$\text{interférences constructives} \implies AM - BM = n\lambda$$

$$\text{interférences destructives} \implies AM - BM = \left(n + \frac{1}{2}\right) \lambda$$



Document 2 : Montage à émetteur double et diagramme d'amplitude polaire



Les émetteurs sont alimentés par un unique GBF. On peut mesurer l'amplitude sonore à une distance fixée, tout en faisant varier l'angle afin de tracer le diagramme d'amplitude de l'émetteur.

Document 3 : Matériel

Interférences :

- Un piezzo double (pour interférences) et son montage à rapporteur
- Une feuille rapporteuse pour dessiner le diagramme d'amplitude
- Un oscilloscope

Mesure de la vitesse :

- Même matériel
- Un rail gradué sans frottement avec poulie et masse
- Une balance
- Un multiplieur analogique
- Un filtre passe-bas

B Énoncé

On étudie la situation décrite en document 2, schématisée en document 1.

- ① ✂ En fixant l'amplitude des ondes émises, relever l'amplitude reçue pour différents angles, et tracer le diagramme d'amplitude d'un **émetteur simple** (cf. document 2).

- ② ✂ En fixant la distance entre les émetteurs a et la fréquence envoyée, faire de même en allumant les deux émetteurs simultanément. Superposer les diagrammes afin de pouvoir les comparer proprement.

II Mesure de la vitesse d'un objet : radar

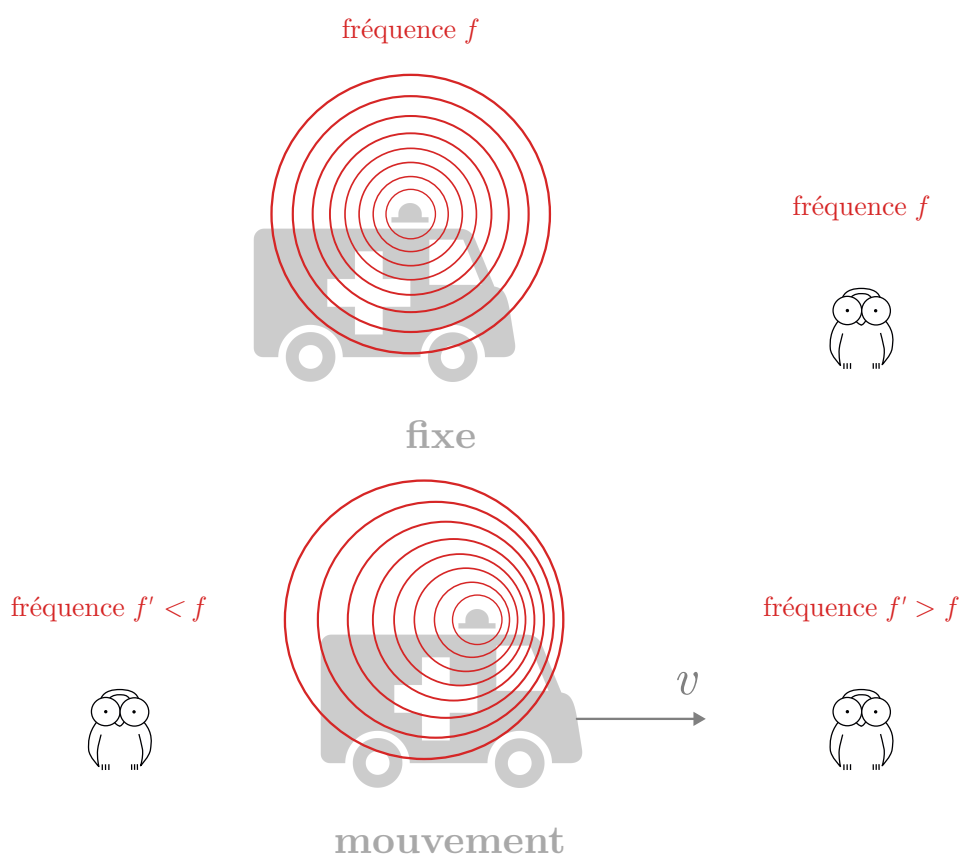
A Documents

Document 4 : 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

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

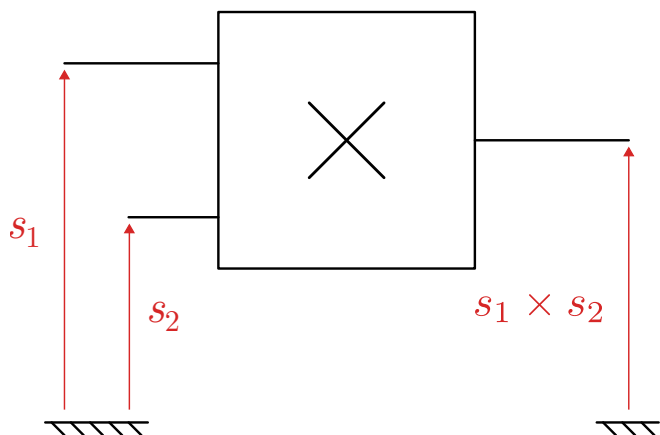
Où c est la célérité des ondes acoustiques dans l'air.



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 5 : Multiplieur analogique

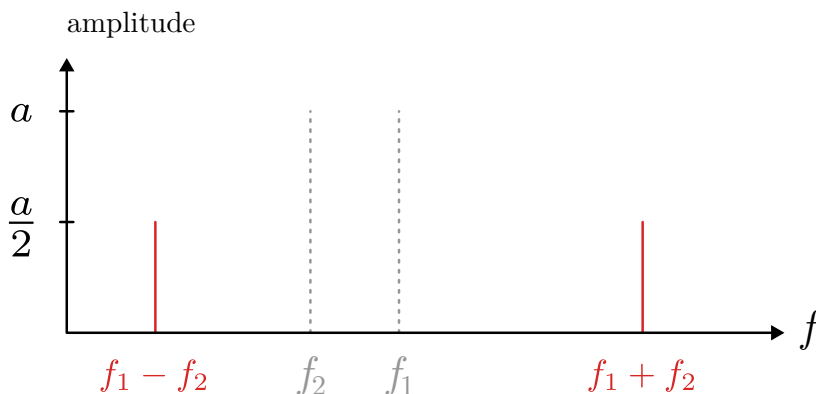


Grâce à un multiplieur analogique, on peut multiplier deux signaux électriques.

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

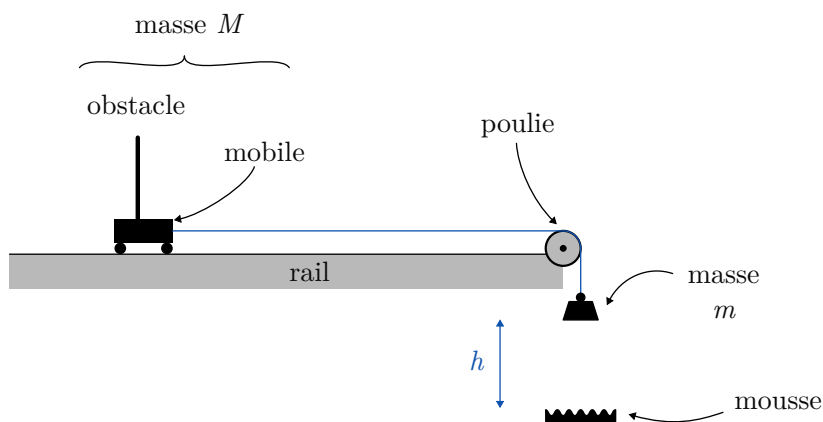
$$\begin{cases} s_1(t) = a \cos(2\pi f_1 t) \\ s_2(t) = a \cos(2\pi f_2 t) \end{cases} \implies s_1(t)s_2(t) = \frac{a}{2} [\cos(2\pi(f_1 - f_2)t) + \cos(2\pi(f_1 + f_2)t)]$$

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



Document 6 : 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 sans frottements :

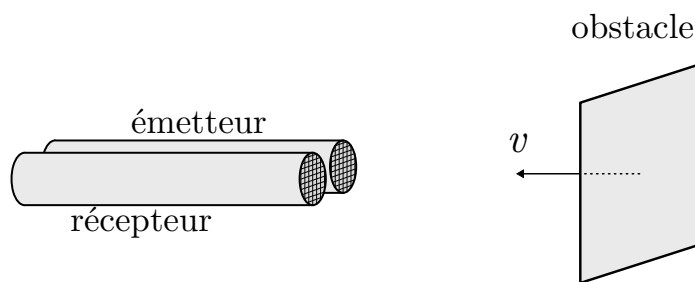


Le mobile est entraîné par la chute de la masse m . Une fois celle-ci ayant touché la mousse, le mobile ne subit plus aucune force donc continue son déplacement à vitesse constante :

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

B 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 :



- ④ 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.

NB : Un filtre est un composant électrique permettant de ne garder que certaines fréquences du signal.

- ⑤ 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.

Pour être plus quantitatif, il faut vérifier que la vitesse mesurée v est la bonne. Pour cela on utilise un montage décrit en document 6.

- ⑥ ✂ En utilisant ce dernier document, expliquer et mettre en œuvre un protocole permettant de vérifier l'efficacité et la précision de votre radar.