

# Mise en évidence de l'Interférence sonore

## 1. Définition

Obtenir de l'obscurité en superposant de la lumière et du silence en additionnant du bruit ... Éliminer les bruits parasites pour écouter sa musique préférée ... Voir des franges d'interférences contrastées qui disparaissent ... Observer des flaques d'huiles de toutes les couleurs ... Admirer des ailes de papillons bariolées et des écailles de poissons multicolores ... Jouer à cache-cache derrière des fentes avec des particules subatomiques... Mais qu'y a-t-il de commun entre ces phénomènes ?

Des ondes lumineuses peuvent se superposer, on dit qu'elles interfèrent. Il est en de même pour des ondes acoustiques ou pour des ondes de matière. La somme de deux ondes de même fréquence en phase conduit à une onde résultante importante alors que l'addition de ces deux ondes, cette fois en opposition de phase, a pour conséquence une amplitude résultante faible.

Nous comprenons ainsi le fonctionnement des casques à réducteurs de bruits dont le principe est de superposer l'onde sonore indésirable (le bruit continu d'un moteur d'avion, par exemple) avec ce même son traité mathématiquement en temps réel, pour qu'il devienne en opposition de phase.

## 2. Mise en évidence de l'interférence acoustique

Nous allons présenter l'équivalent de l'expérience des fentes d'Young avec des ondes acoustiques. La première expérience que l'on peut réaliser est de placer une source sonore (GBF) et deux haut parleurs, qui représenteront les deux fentes d'Young. (voir vidéo « la physique animée interférence acoustique »)

On sonde l'espace ponctuellement en se bouchant une oreille et on perçoit des variations dans l'intensité sonore. En choisissant une fréquence de 3kHz, la longueur d'onde est de l'ordre de la dizaine de cm et en se déplaçant légèrement, on perçoit clairement une palette d'intensités avec des zones pour lesquelles le son est puissant et des zones pour lesquelles il paraît très amoindri. Cette expérience fonctionne particulièrement bien physiologiquement due à la réponse en sensibilité logarithmique de l'oreille

Maintenant, pour visualiser ces sensations, utilisons un système d'émetteurs-récepteurs ultrason qui permet de travailler plus facilement sur une paillasse.

De la même manière, les deux émetteurs sont alimentés par un GBF à une fréquence proche de 40kHz, et nous sondons l'espace avec un récepteur relié à un oscilloscope.

Dans un premier temps si l'on alimente qu'un seul émetteur, sur le récepteur nous percevons simplement une forte amplitude face à l'émetteur puis le signal s'atténue avec l'éloignement.

Lorsque les deux émetteurs sont alimentés, observons maintenant le signal reçu .

Il y a des zones de l'espace dans lesquelles le signal devient très faible et d'autres pour lesquelles l'intensité est forte. Plaçons nous sur un minimum d'énergie et débranchons un émetteur. Lorsqu'on enlève une source, le signal devient plus fort ! Etonnant, non ?!

Mais pourquoi obtient-on soit davantage de bruit soit au contraire du silence ?

Les ondes émises par les deux émetteurs sont sinusoïdales et de même fréquence. Elles se superposent en un point M quelconque de l'espace en ayant parcouru des distances différentes : elles sont déphasées l'une par rapport à l'autre.

Si le déphasage est égal à  $\pi$  (ou un multiple impaire de  $\pi$ ), les deux ondes se retrouvent en opposition de phase. Ainsi du bruit plus du bruit conduit à du silence.

Par contre si le déphasage est un multiple de  $2\pi$ , les deux ondes sont en phase. L'intensité sonore augmente.

Nous allons maintenant exprimer le déphasage entre les deux ondes au point M.

On note  $a$  la distance entre les haut-parleurs situés en  $O_1$  et  $O_2$ .  $O$  est au centre des haut parleurs et  $D$  représente la distance qui sépare le plan des haut-parleurs et M.

On va calculer  $d = O_2M - O_1M$  la différence de distance parcourue par les deux ondes, encore appelée différence de marche

Les amplitudes à l'instant  $t$  des deux ondes acoustiques peuvent s'écrire, au point M du champ d'interférences :

$$s_1(t) = A \cos(2\pi f t) \text{ et } s_2(t) = A \cos(2\pi f t - \phi)$$

Où  $A$  est l'amplitude maximale commune des deux ondes et  $\phi$  le déphasage de l'onde provenant du deuxième haut-parleur par rapport à celle provenant du premier

L'amplitude de la deuxième onde peut encore s'écrire :  $s_2(t) = A \cos(2\pi f (t - \frac{\phi}{2\pi f}))$

le terme  $\frac{\phi}{2\pi f}$  correspond au retard temporel pris par la deuxième onde par rapport à la première,

égale, par ailleurs à :  $\frac{\phi}{2\pi f} = \frac{d}{c}$  où  $c$  est la vitesse des ondes acoustiques dans l'air, de l'ordre

de 340 m/s. Finalement, avec  $\lambda = \frac{c}{f}$  la longueur d'onde, on obtient :  $d = \frac{\lambda \phi}{2\pi} \rightarrow \phi = \frac{2\pi d}{\lambda}$

Par conséquent : Du bruit plus du bruit égale du silence si  $d = (k + \frac{1}{2})\lambda$

Du bruit plus du bruit égale du bruit si  $d = k\lambda$

Soit  $x$  l'abscisse du point M situé dans le champ d'interférences

La différence de marche vaut  $O_2M - O_1M$  égale  $O_2M \cdot u_2 - O_1M \cdot u_1$

Où  $\vec{u}_1$  et  $\vec{u}_2$  sont les vecteurs unitaires des droites  $O_1M$  et  $O_2M$ . Si le point  $M$  est loin des deux haut-parleurs ( $D \gg a$ ), on peut alors confondre les vecteurs unitaires  $\vec{u}_1$ ,  $\vec{u}_2$  avec le vecteur unitaire  $u$  de la droite  $OM$  et écrire :  $d = O_2O_1u'$

En notant  $\theta$  l'angle entre l'axe  $Oz$  et la droite  $OM$  :  $d = a \sin \theta$

Finalement, en supposant  $\theta$  faible :  $d \approx a \theta \approx \frac{ax}{D}$

Et le déphasage vaut :  $\phi = 2\pi \frac{ax}{\lambda D}$