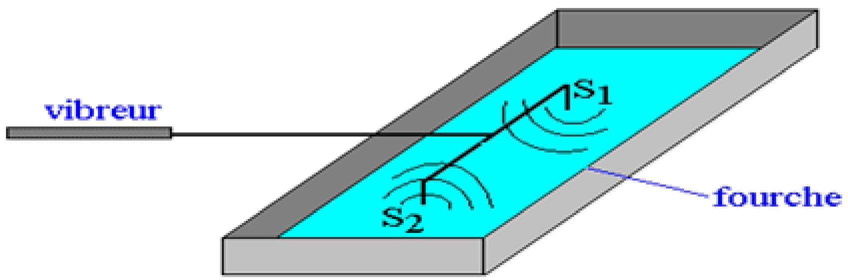
INTERFÉRENCES MÉCANIQUES

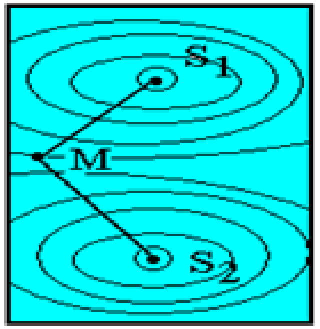
1- Définition et exemple

On appelle interférence d'onde, le phénomène résultant de la superposition d'au moins deux ondes progressives de même nature et de même fréquence.
Pour que de telles ondes puissent interférer, elles doivent être cohérentes.
Exemple: **interférence d'onde mécanique à la surface de l'eau.**
Une fourche munie de deux pointes est actionnée par un vibreur de pulsation ω. Les deux points créent en S_1 et S_2 à la surface d'un liquide des ondes qui se propagent. On peut alors observer le phénomène résultant de la superposition de ces ondes.

En éclairage normal on observe à la surface du liquide:

- Dans la zone située entre les sources S_1 et S_2 des lignes de crête en forme d'arc d'hyperbole: Ce sont des franges ou lignes d'interférences.
- En dehors de cette zone des rides circulaires qui s'agrandissent en s'éloignant de S_1 et S_2





On appelle **champ d'interférence** la zone située entre S_1 et S_2 où des lignes stationnaires vibrent.
En éclairage stroboscopique les franges d'interférence sont de deux types: les franges au repos (ensembles de points ayant une amplitude nulle); des franges d'agitation maximales (ensemble des points vibrant avec une amplitude plus grande que celle des sources prises individuellement).

2- Interprétation

2.1 Mouvement d'un point M du champ d'interférence

Supposons $Y_{S1}(t) = Y_{S2}(t) = a\sin\frac{2\pi}{T}t$ à t = 0.

Si S_1 vibrait seule, l-équation horaire du mouvement de M serait :

$$Y_{S1M}(t) = a\sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}d1\right).$$

Si S_2 vibrait seule, l-équation horaire du mouvement de M serait :

$$Y_{S2M}(t) = a\sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}d2\right).$$

Lorsque les deux sources vibrent, d'après le principe de superposition des petits mouvements, l'élongation de M à l'instant t est :

$Y_M = Y_{S1M}(t) + Y_{S2M}(t) = \mathcal{A}\sin(\omega t + \phi)$: (les deux vibrations étant de même direction).

$$Y_M = a\sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}d1\right) + a\sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}d2\right)$$

$$Y_M = a\left[\sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}d1\right) + \sin\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}d2\right)\right]$$

D'après la formule $\sin p + \sin q = 2\cos\frac{p-q}{2}\sin\frac{p+q}{2}$, on en déduit :

$Y_M = \mathbf{2a\cos\frac{\pi}{\lambda}(d2 - d1)\sin\left[\frac{2\pi}{T}t - \frac{\pi}{\lambda}(d1 + d2)\right]}$.Il vient que :

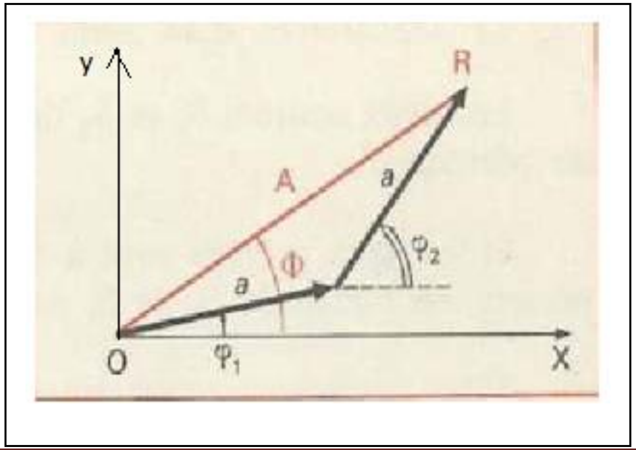
$\mathcal{A} = \mathbf{2a\cos\left|\frac{\pi}{\lambda}(d2 - d1)\right|}$ et $\boldsymbol{\phi} = \mathbf{-\frac{\pi}{\lambda}(d1 + d2)}$

Remarque : on peut à la place de la méthode trigonométrique utiliser la construction de Fresnel.

Les élongations $Y_{S1M}(t)$et $Y_{S2M}(t)$ sont représentés par des vecteurs de norme a et d'angle avec l'axe Ox : $\varphi_1 = -\frac{2\pi}{\lambda}d1$ et $\varphi_2 = -\frac{2\pi}{\lambda}d2$.

YM(t) Est représenté par le vecteur $\overrightarrow{OR}$ et a pour expression :

$Y_M = \mathcal{A}\sin(\frac{2\pi}{T}t + \phi)$



A étant la longueur de $\overrightarrow{OR}$, Φ l'angle $(\overrightarrow{OX}, \overrightarrow{OR})$

$$A = 2a\left|\cos\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right| = 2a\left|\cos\pi\frac{d_2 - d_1}{\lambda}\right|$$ et

$$\Phi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = -\pi\frac{d_1 + d_2}{\lambda}$$ (à π rd près)

Lignes ou points d'amplitude maximale

A est maximale si $\cos\pi\frac{d2 - d1}{\lambda} = \pm 1 \Rightarrow \pi\frac{d2 - d1}{\lambda} = k\pi$

- **d2 –d1 = k.λ**

Le lieu des points d'amplitude maximale est constitué par une famille d'hyperboles admettant pour foyers S_1 et S_2. La valeur k = 0 correspond à la médiatrice du segment S_1S_2. Toutefois ce nombre est limité car :

$- S_1S_2 \le d_2 - d_1 \le S_1S_2 \Leftrightarrow - S_1S_2 \le k\lambda \le S_1S_2$ soit $-\frac{\mathbf{S_1S_2}}{\boldsymbol{\lambda}} \le \mathbf{k} \le \frac{\mathbf{S_1S_2}}{\boldsymbol{\lambda}}$

Lignes de repos ou points immobiles

Lorsque l'amplitude est nulle, le point est immobile, au repos. Dans ce cas $\cos\pi\frac{d2 - d1}{\lambda} = 0 \Rightarrow \pi\frac{d2 - d1}{\lambda} = \frac{\pi}{2} + k\pi$ ce qui correspond à :

$$d_2 - d_1 = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

Le lieu des points au repos est une autre famille d'hyperboles admettant pour foyers S_1S_2 et s'intercalant entre les points d''amplitude maximale :

Ce nombre de points est également limité :

$$-S_1S_2 \le (2k+1)\frac{\lambda}{2} \le S_1S_2 \Rightarrow -\frac{1}{2} - \frac{S_1S_2}{\lambda} \le k \le \frac{S_1S_2}{\lambda} - \frac{1}{2}$$

Position des franges par rapport à une source : cas des franges d'amplitude maximale.

$d_2 + d_1 = S_1S_2$ et $d_2 - d_1 = k\lambda$. En faisant l'addition membre à membre, on obtient $d_2 = \frac{S_1S_2}{2} + k\frac{\lambda}{2}$

Pour k = 0, on a Mo ; pour k = 1, on a M1 et ainsi de suite ; les sommets des points d'amplitude maximale sont séparés d'une demi-longueur d'onde :