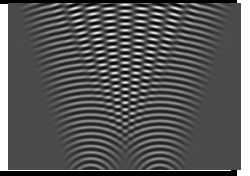


INTERFERENCES DES ULTRASONS



OBJECTIFS

- ✓ Mettre en évidence le phénomène d'interférence pour les ondes.
- ✓ Mesurer l'interfrange.
- ✓ Obtenir expérimentalement la longueur d'onde des ultrasons.

MATERIEL

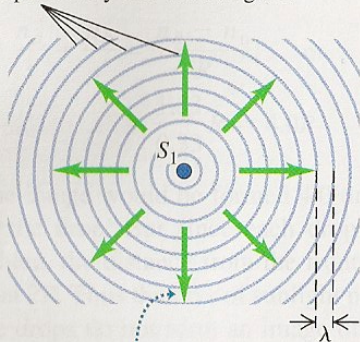
- | | |
|--|---------------------|
| ✓ Emetteur d'ultrasons à 40 kHz, interrupteurs | ✓ Alimentation |
| ✓ Récepteur d'ultrasons | ✓ Fils de connexion |
| ✓ Oscilloscope | ✓ Règle graduée |

1. LE PHENOMENE D'INTERFERENCE: RAPPELS ET COMPLEMENTS

Dans le cours, nous avons étudié le phénomène d'interférence de deux ondes synchrones se propageant uniquement suivant une direction. Mais dans le cas générale les ondes se propagent dans **deux ou trois directions de l'espace**. Les émetteurs d'ultrasons produisent des ondes qui se propagent dans les trois directions de l'espace. Si l'on travaille uniquement sur le plan de la paillasse de la salle de TP, comme cela va être le cas, nous aurons à faire à des ondes se propageant dans deux directions de l'espace, **on parle d'ondes circulaires** (cf. figure ci-dessous à gauche). On aura le même type d'onde à la surface d'un lac lorsque l'on y jette un caillou ou lorsque l'on utilise une cuve à onde (cf. Figure ci-dessous à droite).

35.1 A "snapshot" of sinusoidal waves of frequency f and wavelength λ spreading out from source S_1 in all directions.

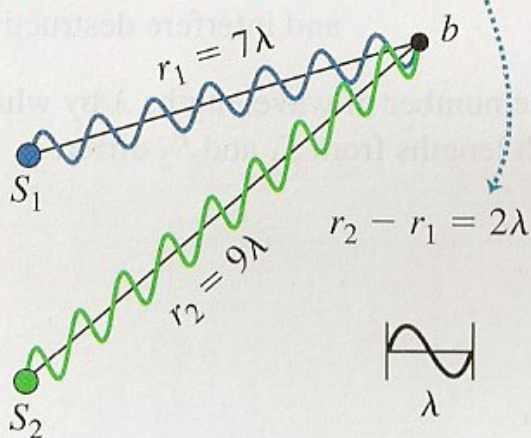
Wave fronts: crests of the wave (frequency f) separated by one wavelength λ



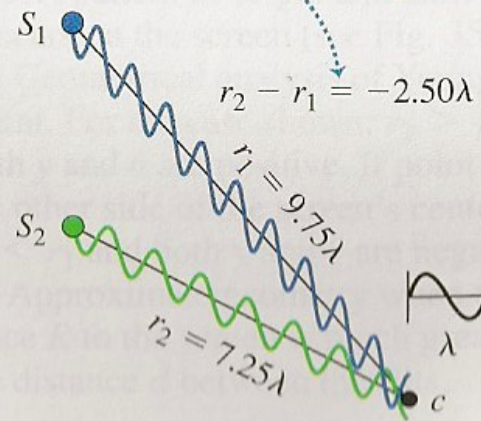
The wave fronts move outward from source S_1 at the wave speed $v = f\lambda$.



(b) Conditions for constructive interference: Waves interfere constructively if their path lengths differ by an integral number of wavelengths: $r_2 - r_1 = m\lambda$.



(c) Conditions for destructive interference: Waves interfere destructively if their path lengths differ by a half-integral number of wavelengths: $r_2 - r_1 = (m + \frac{1}{2})\lambda$.



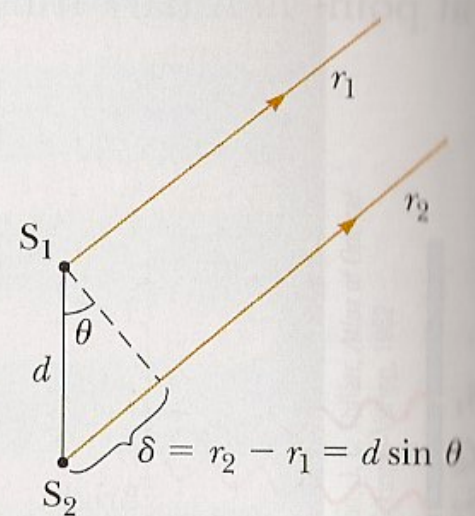
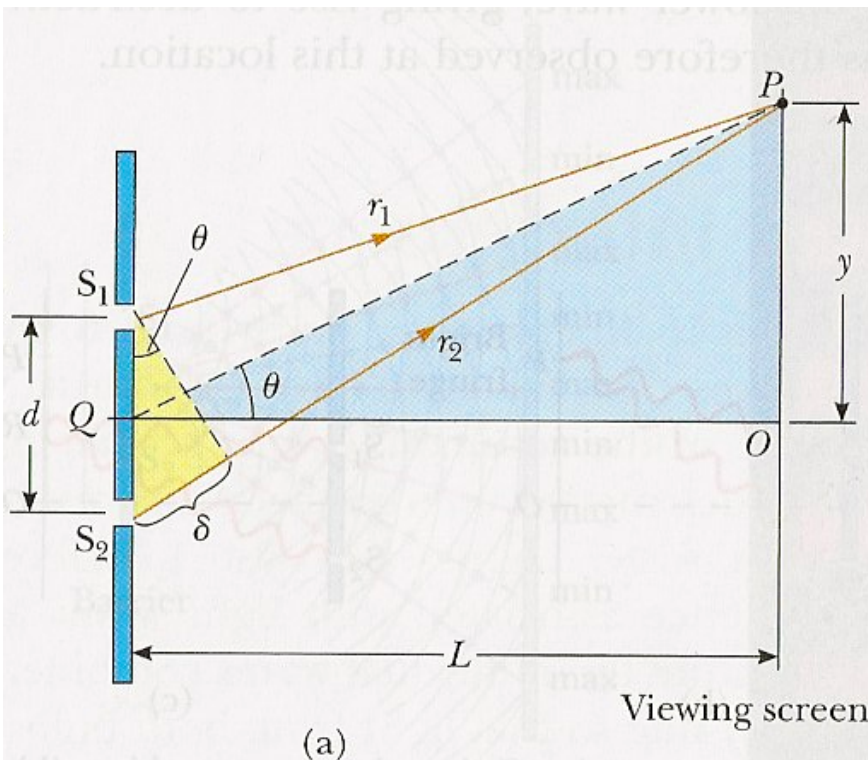
Considérons les figures ci-dessus où deux sources synchrones émettent des ondes dans toutes les directions de l'espace. On s'intéresse à l'onde résultante en un point P quelconque de l'espace. La **différence de marche** en P s'écrit à présent $\Delta r = r_2 - r_1$. Le déphasage correspondant vaudra

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta r \quad (\text{ici les deux sources sont supposées identiques donc } \Delta\phi_0).$$

⇒ Si $r_2 - r_1 = n\lambda$ (avec n entier), il y aura **interférence constructive** en P , les ondes se renforcent.

⇒ Si $r_2 - r_1 = (n + 1/2)\lambda$ (avec n entier), il y aura **interférence destructives** en P , les ondes se détruisent.

Calculons à présent $\Delta r = r_2 - r_1$ plus en détail en utilisant la figure ci-dessous.



On va se placer dans le cas où la distance S_2S_1 entre les deux sources est inférieure à la distance L .

On cherche à calculer la différence de marche en un point P situé sur un plan perpendiculaire à l'axe de symétrie des sources et repéré par la coordonnée y . Si $S_2S_1 = d \ll L$, on peut considérer que les directions de propagation des deux ondes sont quasi parallèles. Dans ce cas, on a immédiatement (cf. figure ci-dessus) que $r_2 - r_1 = d \sin \theta$. La différence de marche $r_2 - r_1$ est souvent notée par la lettre grecque δ surtout en optique comme vous le verrez dans le cours de PT.

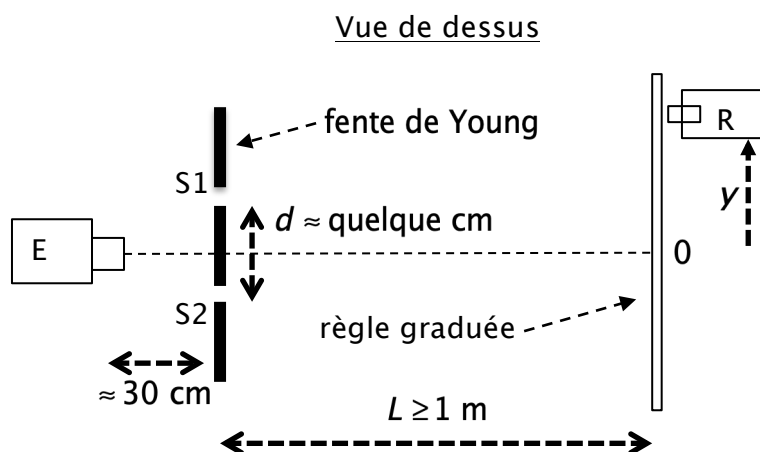
L'angle θ est donné par $\tan \theta = y/L$. Si les angles sont faibles $\tan \theta \approx \theta$ et $\sin \theta \approx \theta$, dans ce cas la différence de marche vaut :

$$r_2 - r_1 \approx \frac{dy}{L} \Rightarrow \text{différence de marche si } \theta \text{ faible}$$

2. OBSERVATION DES INTERFERENCES, MESURE DE L'INTERFRANGE ET OBTENTION DE LA LONGUEUR D'ONDE DES ULTRASONS

PROCEDURE EXPERIMENTALE

- Un émetteur E d'ultrasons (US) produit des ondes à $f = 40 \text{ kHz}$.
- Un récepteur R , relié à un oscilloscope, peut se déplacer le long d'une règle, perpendiculaire à l'axe de symétrie du montage.
- Un système de fentes de Young permet, grâce à la diffraction (cf. TP sur le sujet et cours de PT) d'obtenir deux sources secondaires d'ultrasons parfaitement synchrones (on a deux sources dites cohérentes) qui vont interférer.



EXPLOITATION ET ANALYSE

- 1)  Relever vos valeurs de d et de L ($L \gg d$).



2) Obstruer la fente S_2 et placer le récepteur en face de S_1 . Observer le signal sur l'oscilloscope et noter la valeur de l'amplitude du signal. Déplacer R le long de la règle graduée de part et d'autre de l'axe de symétrie ($S_1 - R$). Noter ce que vous observez sur l'oscilloscope.



3) Les deux fentes sont ouvertes. Placer R sur l'axe de symétrie des fentes de Young. Relever l'amplitude du signal sur l'oscilloscope et comparer cette valeur à celle de la question 2).



Expliquer ce qu'il se passe.

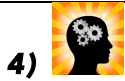


Déplacer R le long de la règle graduée et constater l'existence de minimums et de maximums sur l'oscilloscope.



Comparer au cas précédent. Conclusion.

Notes : Le déplacement du récepteur ne doit pas être trop important de part et d'autre de l'axe de symétrie afin que l'angle θ sous lequel on observe les interférences ne soit pas trop important.



4) On appelle **interfrange**, en général notée i , la distance entre deux maximums ou deux minimums successifs. Calculer l'interfrange grâce aux compléments de la partie 1.



5) Proposer une méthode pour déterminer le plus précisément possible l'interfrange. Comparer la valeur mesurée à la valeur calculée.



6) En déduire la longueur d'onde λ des ultrasons. Comparer à la valeur obtenue au TP sur les ondes progressives (par vous-même ou par vos camarades). Déterminer la vitesse des ultrasons dans l'air dans les conditions de l'expérience.