

Les ondes, qu'elles soient mécaniques ou électromagnétiques, partagent des phénomènes communs.

▪ Intensité sonore

Les ondes sonores transportent de l'énergie, depuis leurs sources et dans toutes les directions disponibles.

Intensité sonore : notée I , c'est la puissance de l'onde sonore par unité de d'aire de la surface de propagation.

$$I = \mathcal{P}/S. \text{ Elle s'exprime en } W \cdot m^{-2}$$

Cas du milieu homogène tridimensionnel non contraint : la puissance de l'onde se répartit sur une sphère, centrée sur sa source, dont le rayon d augmente au cours du temps et dont l'aire est $S = 4 \times \pi \times d^2$.

Seuil d'audition : intensité sonore minimale détectée par l'oreille humaine, notée I_0 et

$$I_0 = 1,00 \times 10^{-12} W \cdot m^{-2}$$

La sensation auditive produite par l'oreille ne correspond pas directement à l'intensité sonore, mais au *niveau* d'intensité sonore :

noté L , il s'exprime en décibels (acoustiques) (dB ou dBA). Min à 0 dB, danger à 90 dB, douleur à 110 dB

Expression :

$$L = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Quelques propriétés de la fonction logarithme décimal : quels que soient a et b deux réels strictement positifs,

- $\log(a \times b) = \log(a) + \log(b)$;
- $\log(1) = 0$;
- $\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log(a) - \log(b)$;
- Quel que soit c réel, $\log(a) = c \Leftrightarrow a = 10^c$.

Le niveau d'intensité sonore d'un son peut être atténué par deux mécanismes.

Atténuation : Différence de niveau sonore par éloignement à la source ou par absorption de l'onde par la matière.

$$\text{Notée } A, \text{ s'exprime en dB et } A = L_{\text{fort}} - L_{\text{faible}}$$

D'abord en raison de l'étalement de l'onde dans un espace de plus en plus étendu à mesure qu'elle progresse : c'est l'atténuation géométrique. En cas de propagation du son dans un milieu homogène tridimensionnel non contraint, le niveau d'intensité sonore diminue d'environ 6 dB à chaque fois que la distance à la source double.

Ensuite par absorption : lorsque les ondes sonores doivent se propager au travers d'un matériau, comme une paroi par exemple, l'interaction entre l'onde et le matériau dissipe de l'énergie, le niveau d'intensité sonore diminue. Chaque matériau est caractérisé par son coefficient d'atténuation linéique, qui indique l'atténuation réalisée par unité d'épaisseur de matériau. Expression : $\alpha = \frac{A}{e}$ en dB/m

▪ Diffraction

Diffraction : Étalement de la direction de propagation d'une onde en aval d'un obstacle (creux ou plein). Ex. : diffraction des vagues contre une jetée, diffraction du son contre les lèvres, diffraction de la lumière contre un fil.



Condition d'observation : La dimension a de l'obstacle est inférieure ou comparable à la longueur d'onde de l'onde : $a \lesssim \lambda$

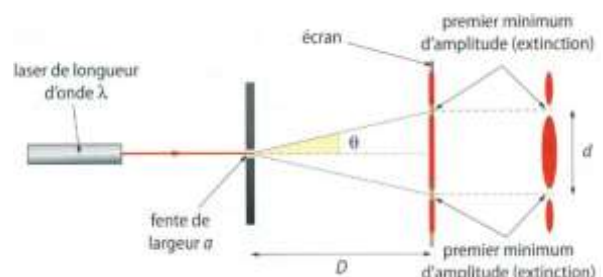


Angle caractéristique :

Noté θ , c'est le demi-angle au sommet à l'obstacle qui caractérise l'étalement de la direction de propagation de l'onde.

$$\theta = \frac{\lambda}{a}, \text{ s'exprime en radians (rad).}$$

Cas d'une fente : $\theta = \frac{\lambda}{a}$ et dans le cas des petits angles $\theta = \frac{L/2}{D}$



▪ Interférences

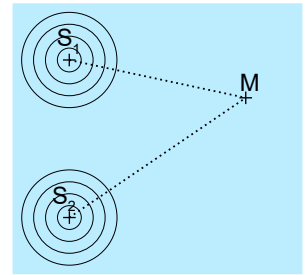
Sources cohérentes : _____

Génèrent des ondes qui vibrent à la même fréquence et avec un éventuel déphasage constant dans le temps.

Interférences : _____

Phénomène par lequel les amplitudes d'ondes produites par des sources cohérentes peuvent s'amplifier ou s'atténuer par superposition en un point de leur espace commun de propagation.

Schéma de la situation



Retard τ entre deux ondes et différence de marche δ , exprimés en un point M du milieu de propagation :

- le retard τ désigne la différence de durées Δt_1 et Δt_2 des parcours entre la source S_1 et M d'une part, et S_2 et M d'autre part ;
- la différence de marche δ désigne la différence de longueurs de parcours du front d'onde entre la source S_1 et M d'une part, et S_2 et M d'autre part.

Déphasage entre deux ondes en un même point du milieu de propagation :

Ondes en phase au point M	Ondes en opposition de phase au point M	Ondes en déphasage quelconque au point M

- Si deux ondes se rejoignent en phase à un même point M du milieu, leurs amplitudes s'ajoutent, l'ébranlement est d'amplitude maximale, les interférences sont constructives. C'est le cas si, en ce point, Le retard est un multiple pair de la demi-période des ondes : $\tau = \Delta t_1 - \Delta t_2 = (2 \cdot k) \cdot T/2$ où $k \in \mathbb{Z}$, ce qui revient à dire, en termes d'espace, que

La différence de marche est un multiple pair de la demi-longueur d'onde des ondes :

$$\delta = S_2M - S_1M = (2 \cdot k) \cdot \lambda/2.$$

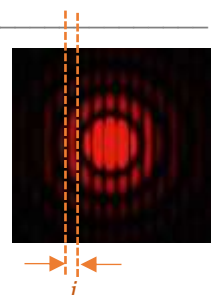
- Si deux ondes se rejoignent en opposition de phase à un même point M du milieu, leurs amplitudes se compensent, l'ébranlement total est nul, les interférences sont destructives. C'est le cas si, en ce point,

Le retard est un multiple impair de la demi-période des ondes : $\tau = \Delta t_1 - \Delta t_2 = (2 \cdot k + 1) \cdot T/2$ où $k \in \mathbb{Z}$, ce qui revient à dire, en termes d'espace, que

La différence de marche est un multiple impair de la demi-longueur d'onde des ondes :

$$\delta = S_2M - S_1M = (2 \cdot k + 1) \cdot \lambda/2.$$

Interfrange : Distance qui sépare deux franges brillantes voisines (ou deux franges sombres) dans le cas d'une figure d'interférences lumineuses. L'interfrange est noté i , il s'exprime bien souvent en mm.



Chemin optique : _____

C'est la marche de l'onde pondérée par l'indice optique (ou indice de

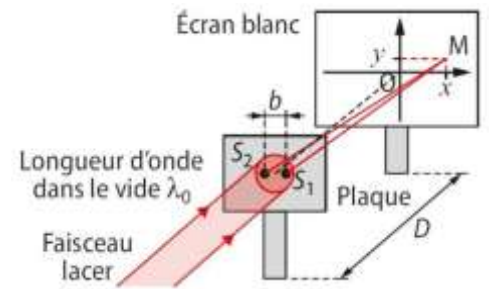
réfraction) du milieu : $\delta_M = n \cdot S_1 M$

Expérience des trous d'Young : il est possible de démontrer que dans cette expérience, en un point M d'abscisse x, la différence de marche entre les

deux ondes issues de S1 et S2 vaut $\delta = \frac{n \cdot b \cdot x}{D}$ si $D \gg b$.

Expression de l'interfrange :

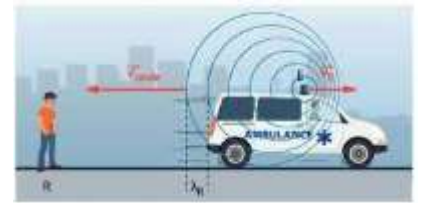
$$i = x_{k+1} - x_k = \frac{D \cdot \delta_{k+1}}{n \cdot b} - \frac{D \cdot \delta_k}{n \cdot b} = \frac{D}{n \cdot b} \left[(2k+2) \cdot \frac{\lambda}{2} - 2k \cdot \frac{\lambda}{2} \right] = \frac{D \cdot \lambda}{n \cdot b}$$



• Effet Doppler

Effet Doppler : _____

Phénomène par lequel un observateur perçoit, dans son référentiel, un changement de fréquence de l'onde selon le mouvement de la source par rapport à lui.

On note v la vitesse de la source dans le référentiel de l'observateur et c la célérité des ondes dans le référentiel de la source

Décalage Doppler :

La source émet un signal périodique, de période T_E , de fréquence f_E et de longueur d'onde λ_E dans son référentiel.

Lorsque la source s'approche du récepteur	Lorsque la source s'éloigne du récepteur
En une période, l'émetteur s'est déplacé de la distance $v \cdot T_E$.	En une période, l'émetteur s'est déplacé de la distance $v \cdot T_E$.
Les fronts d'onde ☐ s'espacent ☒ se rapprochent.	Les fronts d'onde ☒ s'espacent ☐ se rapprochent.
Expression de la longueur d'onde reçue :	Expression de la longueur d'onde reçue :
$\lambda_R = \lambda_E - v \cdot T_E$	$\lambda_R = \lambda_E + v \cdot T_E$
Expression de la fréquence reçue :	Expression de la fréquence reçue :
Or $\lambda = c/f$ donc $\frac{c}{f_R} = \frac{c}{f_E} - \frac{v}{f_E} = \frac{c-v}{f_E}$	Or $\lambda = c/f$ donc $\frac{c}{f_R} = \frac{c}{f_E} + \frac{v}{f_E} = \frac{c+v}{f_E}$
Invertissons membre à membre : $\frac{f_R}{c} = \frac{f_E}{c-v}$ donc	Invertissons membre à membre : $\frac{f_R}{c} = \frac{f_E}{c+v}$ donc
$f_R = \frac{c}{c-v} \cdot f_E$	$f_R = \frac{c}{c+v} \cdot f_E$
Décalage Doppler :	Décalage Doppler :
$\Delta f = f_R - f_E = \frac{v}{c-v} \cdot f_E \approx \frac{v}{c} \cdot f_E \propto v$	$\Delta f = f_R - f_E = \frac{v}{c+v} \cdot f_E \approx \frac{v}{c} \cdot f_E \propto v$
Le son est perçu plus ☐ grave ☒ aigu.	Le son est perçu plus ☒ grave ☐ aigu.