

CARACTERISER LES PHENOMENES ONDULATOIRES - COURS

Ondes mécaniques : perturbations qui se propagent uniquement dans la matière (ondes sismiques, son, la houle).

Onde longitudinale: C'est une onde dont la perturbation est parallèle à la direction de propagation

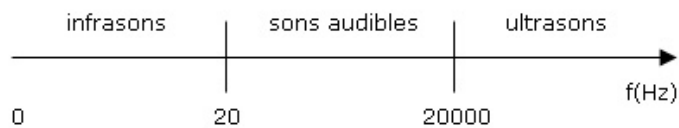
Onde transversale: C'est une onde dont la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation

Ondes progressives : Une onde progressive est le phénomène de transport d'une perturbation sans transport de matière, mais avec un transport d'énergie. Une onde se propage dans toutes les directions possibles de son environnement.

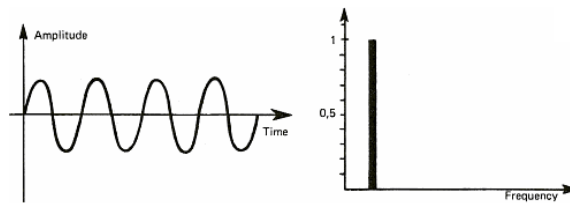
Onde progressive sinusoïdale : C'est une onde dont la perturbation est décrite par une fonction sinusoïdale du temps.

Ondes sonores :

Ce sont des ondes longitudinales

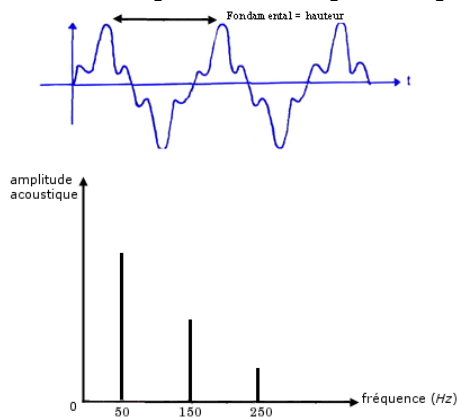


Un son pur est sinusoïdal.



Spectre sinusoïdal et spectre en fréquence d'un son pur

Un son complexe est composé de plusieurs signaux sinusoïdaux.



Spectre d'un son complexe

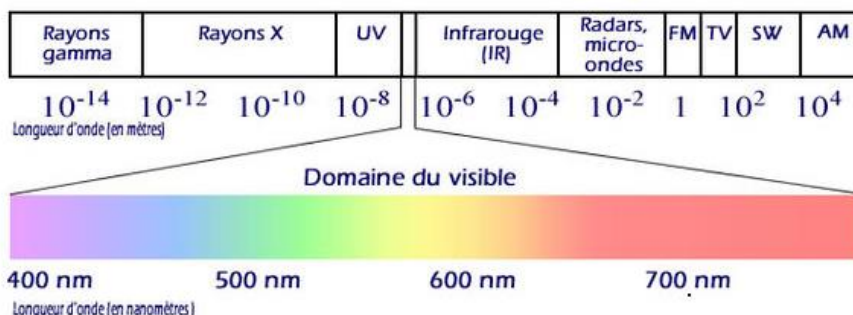
Hauteur d'un son : c'est la fréquence du fondamental f_0 . C'est la plus petite fréquence du spectre en fréquence d'un son.

Les autres fréquences du spectre sont appelées **harmoniques** n°i de fréquence $f_i = i \times f_0$

Timbre d'un son : Selon la provenance (instrument) du son le nombre et l'amplitude des harmoniques peut varier, c'est le timbre.

Ondes électromagnétiques :

Ce sont des ondes qui peuvent se propager dans le vide (lumière visible, rayonnements UV et IR, ondes radio, ...)



Célérité : $c = \frac{\lambda}{T}$ avec

λ : longueur d'onde (en m)

T : la période temporelle (en s)

c : la célérité de la lumière $c = 3 \times 10^8$ (en m.s⁻¹)

Grandeurs physiques des ondes (Rappels)

La célérité d'une onde progressive se calcule via :

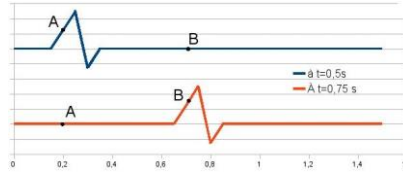
$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

d : la distance parcourue par l'onde (en m)
 Δt : la durée mise par l'onde pour parcourir cette distance (en s)
v : la célérité de l'onde (en m.s⁻¹)

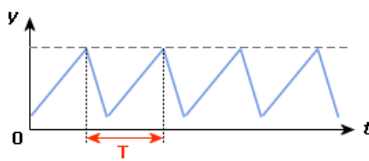
Le retard : c'est la durée mise par l'onde pour se propager d'un point A à un point B

$$\tau = \frac{AB}{v}$$

AB : la distance séparant A et B (en m)
 τ : le retard (en s)
v : la célérité de l'onde (en m.s⁻¹)



Onde progressive périodique : C'est une onde dont la perturbation se reproduit à l'identique à intervalles de temps régulier appelés période temporelle T



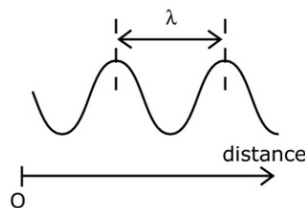
Fréquence : la fréquence d'une onde correspond au nombre de périodes temporelles par unité de temps.

$$f = \frac{1}{T}$$

f : la fréquence (en Hz)
T : la période (en s)

Périodicité spatiale (longueur d'onde) : C'est la plus petite distance séparant deux points du milieu présentant le même état vibratoire. C'est également la distance parcourue par l'onde en une période temporelle T. $\lambda = v \times T$

λ : longueur d'onde (en m)
T : la période temporelle (en s)
v : la célérité de l'onde (en m.s⁻¹)



Propriétés des ondes :

Intensité sonore : $I = \frac{P}{S}$ avec P : la puissance (en W) ; S : la surface du récepteur (m²) et I : l'intensité (en W.m⁻²)

Le niveau d'intensité sonore L est liée à I par $L = 10 \log(\frac{I}{I_0})$ avec

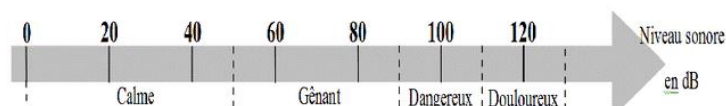
I : intensité sonore (en W.m⁻²)
I₀ : intensité sonore de référence (en W.m⁻²)
L : niveau d'intensité sonore (en dB)

Atténuation : L'atténuation (en dB) d'un son dont le niveau d'intensité sonore passe de L à L' est

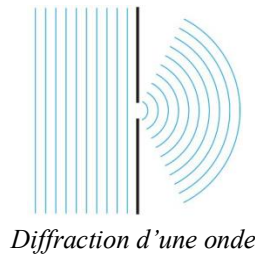
$$A = L - L' = 10 \log(\frac{I}{I'}) \text{ avec } I \text{ et } I' \text{ intensité sonore (en W.m}^{-2}\text{)}$$

Atténuation géométrique : L'intensité sonore diminue lorsque l'on s'éloigne d'une source

Atténuation par absorption : L'intensité sonore diminue lorsque le son traverse un milieu matériel

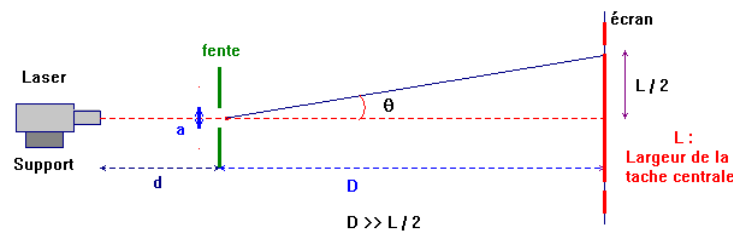


Diffraction : C'est l'étalement des directions de propagation de l'onde lorsque celle-ci rencontre un obstacle ou une ouverture dont la dimension est du même ordre de grandeur (ou inférieur soit $a \leq 10\lambda$) à la longueur d'onde.



Diffraction d'une onde

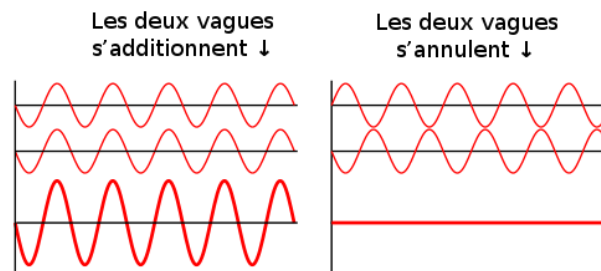
Caractérisation de l'angle :



θ : écart angulaire (en radian) $\theta = \frac{\lambda}{a}$
 λ : longueur d'onde (en m) Pour θ proche de 0
 a : largeur de la fente (en m)
 On a alors : $L = \frac{2\lambda D}{a}$

Interférences : Il y a interférence en tout point d'un milieu lorsque deux ondes de même fréquence se superposent. L'élongation résultante est la somme des élongations des deux ondes.

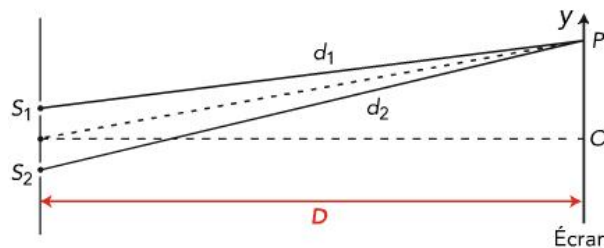
Sources cohérentes : deux sources sont cohérentes si elles émettent des ondes sinusoïdales de même fréquence et si le retard de l'une par rapport à l'autre ne varie pas au cours du temps : elles gardent alors un déphasage constant. Il peut alors y avoir des interférences constructives et destructives



Interférences constructives et destructives

Les interférences sont constructives si $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1 = kT$ avec k un entier relatif.

Les interférences sont destructives si $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1 = (2k + 1)\frac{T}{2}$ avec k un entier relatif.



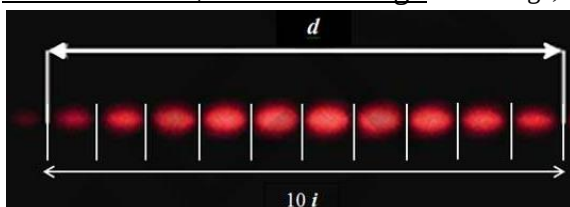
Deux sources cohérentes S1 et S2 interfèrent en P

On note δ la différence de marche telle que $\delta = d_2 - d_1$

Les interférences sont constructives si $\delta = k\lambda$ avec k un entier relatif.

Les interférences sont destructives si $\delta = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ avec k un entier relatif.

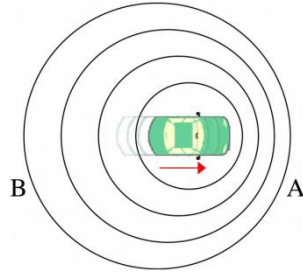
Caractérisation, fentes d'Young : interfrange, noté i , est la distance entre les milieux de deux franges consécutives.



i : interfrange (en m)
 λ : longueur d'onde (en m)
 b : distance séparant les deux sources (en m)
 D : distance entre l'écran et les sources (en m)
 Dans le cas de cette expérience, on a $\delta = \frac{bx}{D}$
 On a alors : $i = \frac{\lambda D}{b}$

Effet Doppler : C'est le décalage entre la fréquence f_R du signal reçu par un récepteur R et la fréquence f_S du signal émis par la source S, lors R et S sont en mouvement l'un par rapport à l'autre : $\Delta f = f_R - f_S$ et $\delta f = |f_R - f_S| = f_S \times \frac{v}{c}$ avec v la vitesse de la source et c la vitesse de la lumière

- Si R et S se rapprochent, $\Delta f > 0$ et $f_R > f_S$ et $f_R = f_S + \delta f$ (on a également $\lambda_R < \lambda_S$)
- Si R et S s'éloignent, $\Delta f < 0$ et $f_R < f_S$ et $f_R = f_S - \delta f$ (on a également $\lambda_R > \lambda_S$)
- Si R et S sont au repos, $\Delta f = 0$ et $f_R = f_S$ (pas d'effet Doppler)



La source se rapproche de A et s'éloigne de B

Effet Doppler, effet sur les ondes sonores :

- Si R et S se rapprochent, $\Delta f > 0$ et $f_R > f_S$ donc le son est perçu plus aigu
- Si R et S s'éloignent, $\Delta f < 0$ et $f_R < f_S$ donc le son est perçu plus grave

Effet Doppler appliquée à l'astrophysique : En observant les fréquences des ondes émises par des astres lointains et en les comparant à des spectres de référence.

- Si l'astre s'éloigne de la Terre, on a $\lambda_R > \lambda_S$ et dans ce cas, on parle de redshift le spectre se décale vers le rouge.
- Si l'astre se rapproche de la Terre, on a $\lambda_R < \lambda_S$ et dans ce cas, on parle de blueshift le spectre se décale vers le bleu.