



Chapitre 1 : Phénomènes ondulatoires

I. Intensité et atténuation des ondes sonores

a) Intensité sonore

L'intensité sonore en un point M d'une surface S est égale au quotient de la puissance sonore qui la traverse par sa surface.

$$I = \frac{P}{S}$$

I : intensité sonore en W.m^{-2}

P : puissance sonore en W

S : surface en m^2

b) Niveau d'intensité sonore

L'intensité sonore ne permet pas de rendre compte de la sensation auditive perçue. On définit pour cela le niveau d'intensité sonore tel que :

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

I : intensité sonore en W.m^{-2}

$I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ l'intensité sonore de référence

L : niveau d'intensité sonore en décibel (dB)

c) Atténuation

La propagation d'une onde dans un milieu s'accompagne d'une atténuation qui lui est propre et définie par la relation :

$$A = L - L' = 10 \times \log\left(\frac{I}{I'}\right)$$

L : niveau d'intensité sonore de départ

L' : niveau d'intensité sonore d'arrivée

I : intensité sonore de départ

I' : intensité sonore d'arrivée

Deux facteurs interviennent dans le phénomène d'atténuation : la géométrie et la nature du milieu (fréquence).

II. Diffraction

a) Manifestation et condition d'observation

Propriété qui se manifeste par un étalement des directions de propagation de l'onde lorsque celle-ci rencontre **un obstacle ou une ouverture**.



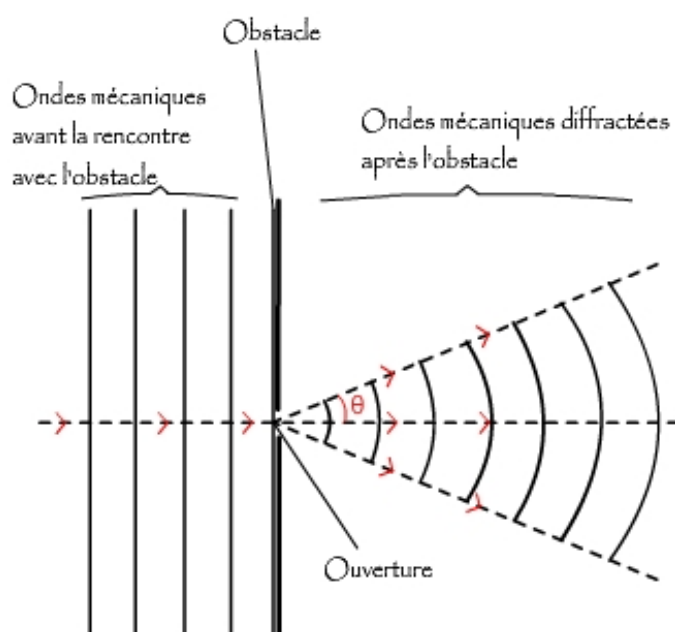
Elle est observable lorsque la dimension a de cet obstacle ou de l'ouverture est un même ordre de grandeur ou inférieur à la longueur d'onde λ de l'onde incidente ($a \leq \lambda$ pour les ondes mécaniques et $a \leq 100 \times \lambda$ pour la lumière environ).

b) Angle caractéristique

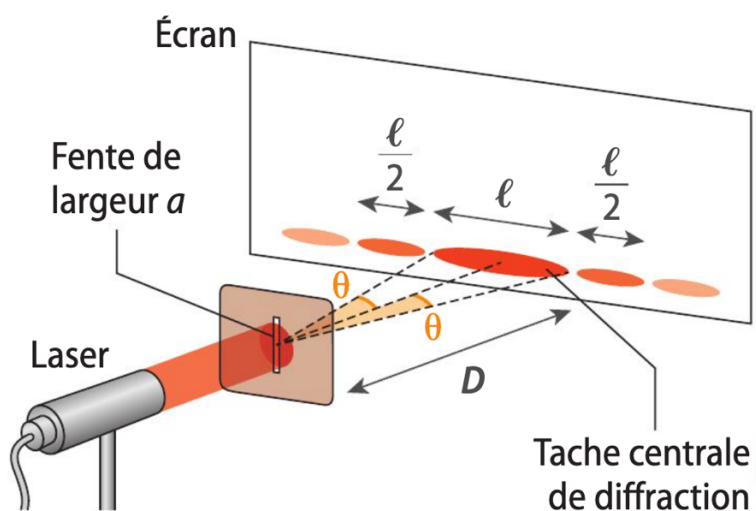
Il est possible de quantifier le phénomène en déterminant l'angle de déviation de la direction de propagation de l'onde. Cet angle est appelé **demi-écart angulaire** et est noté θ . Les premières extinctions visibles permettent de définir l'écart angulaire.

Exemples :

- Onde mécanique diffractée



- Onde électromagnétique : lumière





Le demi-écart angulaire est lié à la longueur d'onde et à la largeur de l'obstacle ou de l'ouverture par la relation :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

λ : longueur d'onde en mètre (m)

a : largeur de l'obstacle ou de l'ouverture en mètre (m)

θ : demi-écart angulaire en radian (rad)

Remarque : En lumière blanche, un phénomène d'irisation apparaît. Il traduit la superposition des différentes figures de diffraction correspondantes à chaque longueur d'onde.

III. Interférences

a) Manifestation et conditions d'observation

Les ondes issues de deux sources vont pouvoir interagir en un point donné de l'espace. L'amplitude résultante en ce point est la somme des amplitudes des ondes produites par chacune des sources.

Le phénomène d'interférence ne sera observable que si :

- Les deux sources sont de même fréquence
- Les deux sources sont **cohérentes**, c'est-à-dire avec un déphasage **constant**

Le cas le plus simple correspond à deux ondes **synchrones**, c'est-à-dire dont le **déphasage est nul**. On peut l'obtenir en séparant l'onde produite par une source primaire en deux ondes secondaires.

b) Interférences constructives et destructives

Suivant la position d'observation (M), les ondes issues de deux sources synchrones (S_1 et S_2) n'ont pas forcément parcouru la même distance et ne seront donc pas en phase (état vibratoire identique) en ce point. La différence de distance parcourue par les deux ondes synchrones est appelée différence de marche et est notée :

$$\delta = S_2M - S_1M$$

- Il y a interférences constructives (amplitude maximale) si la différence de marche vérifie la relation : $\delta = k\lambda$ avec $k \in \mathbb{Z}$
- Il y a interférences destructives (amplitude minimale) si la différence de marche vérifie la relation : $\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$ avec $k \in \mathbb{Z}$

c) Interfrange

Lors d'interférences lumineuses, l'interfrange, noté i , est la distance entre deux franges brillantes ou sombres consécutives. Dans le cas des fentes d'Young et pour une onde monochromatique de longueur d'onde λ , elle vérifie la relation :

$$i = \frac{\lambda D}{b}$$



D : distance séparant l'écran des fentes en m
b : distance séparant les fentes en m
 λ : longueur d'onde en m
i : interfrange en m

Remarque : En lumière blanche, un phénomène d'irisation apparaît. Il traduit la superposition des différentes figures d'interférence correspondantes à chaque longueur d'onde.

IV. Effet Doppler

a) Manifestation

L'effet Doppler correspond au décalage $\delta_f = f_r - f_e$ non nul entre la fréquence f_r du signal reçu par un récepteur R et la fréquence f_e du signal émis par un émetteur E lorsque R et E sont en mouvement l'un par rapport à l'autre.

- Si R et E se rapprochent : $f_r > f_e$
- Si R et E s'éloignent : $f_r < f_e$

b) Décalage Doppler

Établir l'expression du décalage en fréquence dans le cas où le récepteur est immobile.

Formules :

- Approche : $f_r = f_e \times \frac{c}{c-v}$
- Éloignement : $f_r = f_e \times \frac{c}{c+v}$

v est la vitesse de déplacement de l'émetteur et c la célérité de l'onde.