

P3 – Diffraction

Ondes

« Dans le flou..., on n'attend pas de la clarté qu'elle fasse toute la lumière. »

Jean Rouaud

I. Diffraction des ondes mécaniques

1. Propriétés



Diffraction de la houle



Diffraction d'ondes capillaires

Définition

La diffraction est la modification de la direction de propagation et du front d'onde lors du passage d'une onde par une ouverture ou autour d'un obstacle.

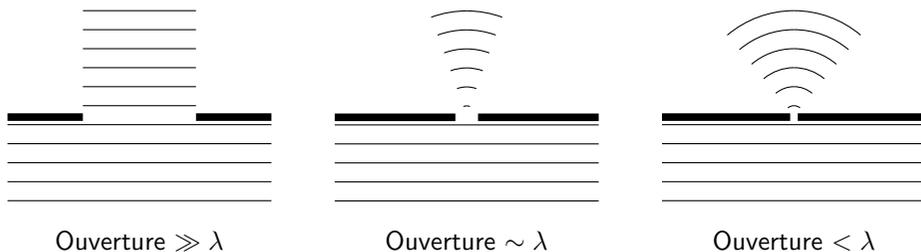
Propriétés

- La diffraction ne modifie pas la longueur d'onde.
- Une ouverture et un obstacle de même forme produisent la même figure de diffraction.
- Si la largeur de l'ouverture (ou de l'obstacle) augmente les effets de la diffraction diminuent.

2. Condition de diffraction

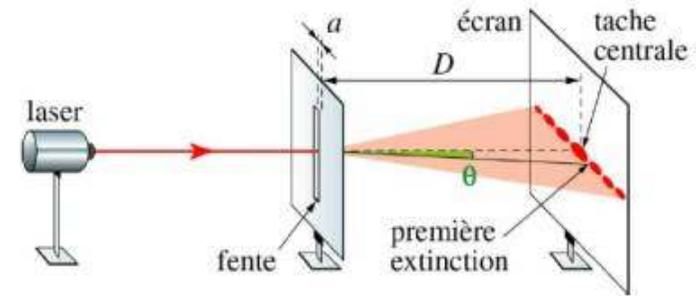
On considère qu'il y a diffraction lorsque la taille de l'obstacle ou de l'ouverture est plus petite ou du même ordre de grandeur que la longueur d'onde.

Ex. 7 p. 81 : diffraction de la houle



II. Diffraction des ondes lumineuses

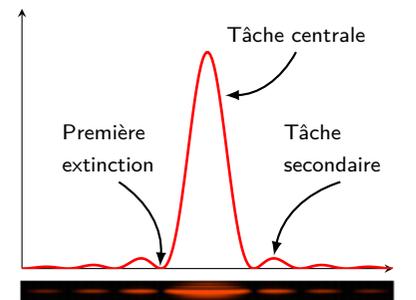
1. Description



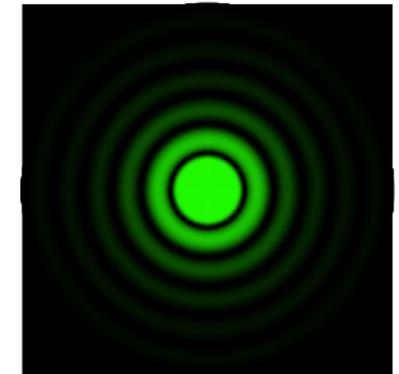
Condition de diffraction

Pour la lumière, la diffraction est sensible jusqu'à : $a \sim 100 \lambda$.

Intensité (u.a.)



► Diffraction par une fente



► Diffraction par un trou

Influence des variables

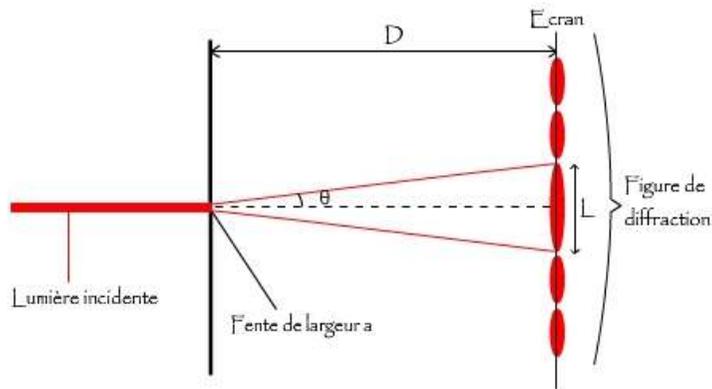
- Si a augmente, L et θ diminuent — La diffraction est moins importante.
- Si D augmente, L et θ augmentent — La diffraction est plus importante.
- Si λ augmente, L et θ augmentent — La diffraction est plus importante.

Remarque

La distance entre la source de lumière et la fente n'a aucune influence sur la figure de diffraction.

2. Écart angulaire

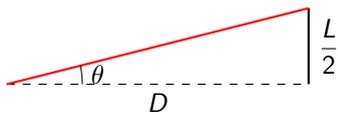
L'écart angulaire est la moitié de l'angle du faisceau formant la tâche centrale de diffraction.



On admet la formule suivante :

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

θ : écart angulaire (rad)
 λ : longueur d'onde (m)
 a : largeur de l'ouverture (m)



Dans le triangle rectangle formé par l'axe du faisceau incident et la demi tâche centrale :

$$\tan \theta = \frac{L}{2D}$$

Pour $D \gg L$: $\tan \theta \simeq \theta$, donc $\frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a}$.

$$L = \frac{2\lambda D}{a}$$

L : largeur de la tâche centrale (m)
 λ : longueur d'onde (m)
 D : distance obstacle-écran (m)
 a : largeur de l'obstacle (m)

Remarque : trou ou obstacle circulaire

Pour un obstacle circulaire la largeur de la tâche centrale devient : $L = \frac{1,22 \lambda D}{a}$

Ex. 10 p. 81 : largeur de tâche centrale

III. Implications quotidiennes

1. Aigrettes de diffraction

Les instruments optiques (téléscope, appareils photo...) possèdent une ouverture qui diffracte la lumière.

Lorsque l'ouverture n'est pas circulaire, l'image d'un point très lumineux est une « étoile » à plusieurs branches ou aigrettes.



Barres de suspension du miroir secondaire



Aigrettes dues aux barres de suspension du télescope

La diffraction déforme les images et en limite la résolution.

Le même phénomène est observé à travers un tissu transparent.



Diffraction par la trame d'un tissu, ensemble de trous carrés.



Irisations dues à la superposition des figures de diffraction en lumière blanche

2. Sons et lumières

Limite de diffraction du son

Limite de taille d'un obstacle pour la diffraction de la voie humaine ($\nu=1000$ Hz) :

$$a = \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{340}{1000} = 0,34 \text{ m} \simeq 1 \text{ m}$$

Le son n'est pas arrêté par un objet à taille humaine. Il est diffracté et contourne les obstacles.

Limite de diffraction de la lumière

Limite de taille d'un obstacle pour la diffraction de la lumière ($\lambda=600$ nm) :

$$a = 100 \lambda = 100 \times 600 \times 10^{-9} = 6,0 \times 10^{-5} \text{ m} \simeq 1 \mu\text{m}$$

À l'échelle humaine la lumière se propage en ligne droite, elle ne peut contourner les obstacles.

Limite de diffraction des micro-ondes

Limite de taille d'un obstacle pour la diffraction d'une micro-onde ($\nu=2,4$ GHz) :

$$a = 100 \lambda = \frac{100 c}{\nu} = \frac{100 \times 3 \times 10^8}{2,4 \times 10^9} = 12 \text{ m} \simeq 10 \text{ m}$$

Les portables fonctionnent dans un bâtiment car ses ouvertures (portes, fenêtres) diffractent les micro-ondes qui se propagent dans toutes les directions.