CHAPITRE 3 : DIFFRACTION ET INTERFÉRENCES

Pierre-André LABOLLE

Lycée International des Pontonniers

Septembre 2019

I. Diffraction des ondes

1. Onde diaphragmée, onde diffractée : exemple des ondes mécaniques

- Mise en évidence du phénomène sur la cuve à ondes (schémas).
- Soient a la dimension caractéristique d'un obstacle ou d'une ouverture et λ la longueur d'onde de l'onde considérée. Deux cas de figure se présentent.
- Soit la dimension de l'obstacle ou de l'ouverture a est grande par rapport à la longueur d'onde $(\mathbf{a} \gg \lambda)$ et l'onde est simplement diaphragmée (elle a même fréquence, même longueur d'onde et même direction de propagation avant et après l'obstacle).
- Soit la dimension de l'obstacle ou de l'ouverture a est petite par rapport à la longueur d'onde $(\mathbf{a} \lesssim \lambda)$ et l'onde est diffractée (elle a même fréquence, même longueur d'onde mais on assiste à un éparpillement des directions de propagation après l'obstacle).
- <u>Remarque</u> : plus la dimension a de l'obstacle ou de l'ouverture est petite, plus le phénomène de diffraction est marqué.

I. Diffraction des ondes

1. Onde diaphragmée, onde diffractée : exemple des ondes mécaniques

Définition du phénomène de diffraction

La diffraction est une propriété caractéristique des ondes qui se manifeste par un étalement des directions de propagation de l'onde lorsque celle-ci rencontre un obstacle ou une ouverture de petite dimension devant la longueur d'onde $(\mathbf{a} \lesssim \lambda)$.

Plus la dimension de l'obstacle ou de l'ouverture est petite, plus la diffraction est prononcée.

I. Diffraction des ondes

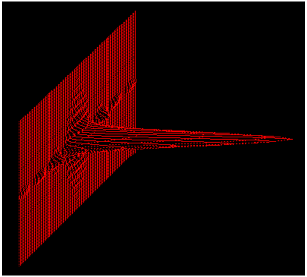
2. Diffraction des ondes lumineuses

- Dans le cas des ondes lumineuses, la diffraction peut encore être observée avec des obstacles ou des ouvertures dont la dimension peut atteindre jusqu'à 100 fois la longueur d'onde.
- On définit l'écart angulaire de diffraction θ comme l'angle sous lequel on voit, depuis l'obstacle, la demie tache centrale de diffraction (voir schéma).
- Dans le cas d'un obstacle ou d'une **ouverture rectangulaire** (fente ou fil par exemple), l'écart angulaire est tel que : $\boxed{\theta = \dfrac{\lambda}{a}}$
- Dans le cas d'un obstacle ou d'une ouverture circulaire (trou ou point par exemple), l'écart angulaire est tel que : $\theta = 1,22 \cdot \dfrac{\lambda}{a}$
- Remarque : en lumière blanche, la figure de diffraction présente une tache centrale blanche et des taches latérales de diffraction irisées.

I. Diffraction des ondes

2. Diffraction des ondes lumineuses

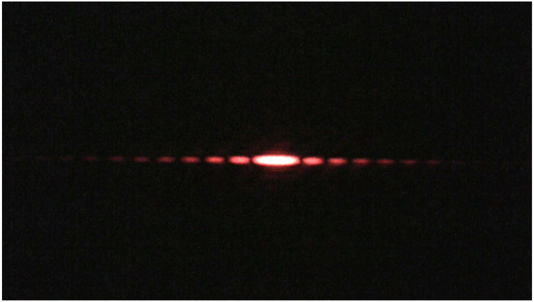
Répartition de l'intensité lumineuse dans une figure de diffraction par une fente éclairée en un point



I. Diffraction des ondes

2. Diffraction des ondes lumineuses

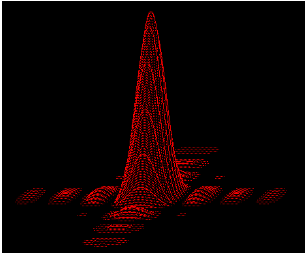
Figure de diffraction par une fente éclairée en un point



I. Diffraction des ondes

2. Diffraction des ondes lumineuses

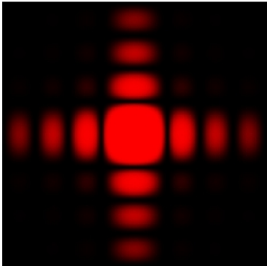
Répartition de l'intensité lumineuse dans une figure de diffraction par une ouverture carrée



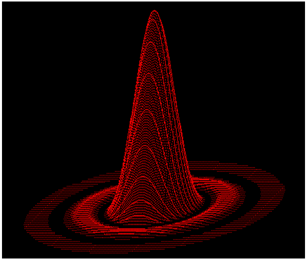
I. Diffraction des ondes

2. Diffraction des ondes lumineuses

Figure de diffraction par une ouverture carrée



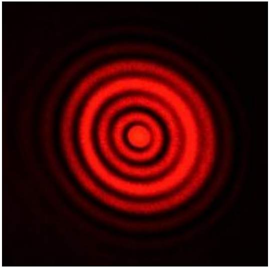
Répartition de l'intensité lumineuse dans une figure de diffraction par une ouverture circulaire



I. Diffraction des ondes

2. Diffraction des ondes lumineuses

Figure de diffraction par une ouverture circulaire



I. Diffraction des ondes

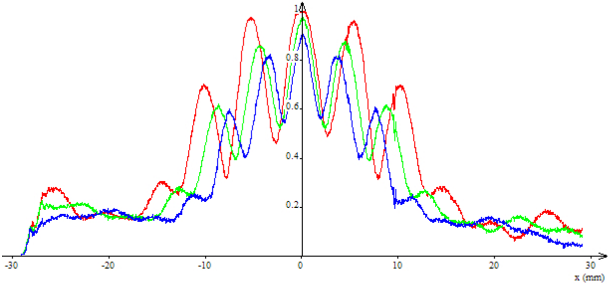
2. Diffraction des ondes lumineuses

Figure de diffraction par une fente éclairée en lumière blanche

I. Diffraction des ondes

2. Diffraction des ondes lumineuses

Répartition de l'intensité lumineuse dans une
figure de diffraction par une fente éclairée en lumière blanche



II. Interférences

1. Quand les ondes se rencontrent...

- Au cours de leur propagation, il est possible qu'en un même point de l'espace, deux ondes se croisent.
- Lorsque deux ondes se rencontrent en un point de l'espace, la perturbation résultante en ce point est la somme des perturbations générées en ce point par chaque onde.
- On parle alors d'interférences au sens le plus général du terme ; l'étude sera ici limitée aux ondes monochromatiques.

II. Interférences

2. Cas des ondes sinusoïdales

- Dans le cadre de cette étude, on dira qu'**il y a interférence en un point du milieu matériel considéré si deux ondes de même fréquence se superposent en ce point**. Là aussi, la perturbation résultante est la somme des perturbations de chaque onde.
- En règle générale, deux ondes sinusoïdales présentent un déphasage (elles sont décalées dans le temps). Ce déphasage est le plus souvent aléatoire et ces conditions ne sont généralement pas très propices à l'observation des interférences.
- On utilisera donc des sources produisant des ondes monochromatiques qui présentent un déphasage constant. **On dit alors que ces deux sources sont cohérentes.**

II. Interférences

3. Conditions d'interférences

- Soient deux ondes monochromatiques, de même fréquence, produites par deux sources cohérentes S_1 et S_2 qui interfèrent (se superposent) en un point M de l'espace.
- L'onde produite par la source S_1 arrivera au point M avec un retard τ_1 constant et celle produite par la source S_2 avec un retard τ_2 constant lui aussi.
- Si les deux ondes arrivent en phase au point M (leur décalage temporel est donc un multiple entier de la période T de l'onde), alors les deux ondes vont se renforcer et l'amplitude de la perturbation résultante au point M sera maximale. **On dit qu'il y a interférences constructives.**
- Si, au contraire, les deux ondes arrivent en opposition de phase au point M (leur décalage temporel est donc un nombre entier impair de demi-périodes), alors les deux ondes vont s'annihiler et l'amplitude de la perturbation résultante au point M sera minimale. **On dit qu'il y a interférences destructives.**

II. Interférences

4. Différence de marche

- **Définition** : on appelle différence de marche, notée δ en un point M la différence entre les distances $d_1 = S_1M$ et $d_2 = S_2M$ (distances séparant le point M de chacune des sources). Autrement dit : $\boxed{\delta = d_2 - d_1}$
- D'après ce qui précède, le décalage temporel entre les deux ondes au point M est donné par $\Delta t = \tau_2 - \tau_1$.
- **Cas des interférences constructives** : $\Delta t = \tau_2 - \tau_1 = k \cdot T = k \cdot \dfrac{\lambda}{v}$, v étant la célérité de l'onde. On a donc $v \cdot (\tau_2 - \tau_1) = k \cdot \lambda$ ou encore $v \cdot \tau_2 - v \cdot \tau_1 = k \cdot \lambda$ soit $d_2 - d_1 = k \cdot \lambda$ d'où $\boxed{\delta = k \cdot \lambda}$

II. Interférences

4. Différence de marche

- **Cas des interférences destructives** :

  $\Delta t = \tau_2 - \tau_1 = (2k+1) \cdot \dfrac{T}{2} = (2k+1) \cdot \dfrac{\lambda}{2 \cdot v}$. On a donc

  $v \cdot (\tau_2 - \tau_1) = (2k+1) \cdot \dfrac{\lambda}{2}$ ou encore $v \cdot \tau_2 - v \cdot \tau_1 = (2k+1) \cdot \dfrac{\lambda}{2}$ soit

  $d_2 - d_1 = (2k+1) \cdot \dfrac{\lambda}{2}$ d'où $\boxed{\delta = (2k+1) \cdot \dfrac{\lambda}{2}}$

II. Interférences

5. Figure d'interférences et interfrange

- Champ d'interférences (voir schéma).
- Figure d'interférences (voir T.P.).
- Interfrange (voir T.P.).

EXERCICES PP88-99 n°18, 27 & 31, 32, 39