

# Chapitre 6 : Propriétés des ondes

## Connaissances et compétences :

- Savoir que l'importance du phénomène de diffraction est liée au rapport de la longueur d'onde aux dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle.
- Connaître et exploiter la relation  $\theta = \lambda/a$ .
- Identifier les situations physiques où il est pertinent de prendre en compte le phénomène de diffraction.
- Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier ou utiliser le phénomène de diffraction dans le cas des ondes lumineuses.
- Connaître et exploiter les conditions d'interférences constructives et destructives pour des ondes monochromatiques.
- Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier quantitativement le phénomène d'interférence dans le cas des ondes lumineuses.
- Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour mesurer une vitesse en utilisant l'effet Doppler.
- Exploiter l'expression du décalage Doppler de la fréquence dans le cas des faibles vitesses.
- Utiliser des données spectrales et un logiciel de traitement d'image pour illustrer l'utilisation de l'effet Doppler comme moyen d'investigation en astrophysique.

## I. Diffraction des ondes

⇒ AE « Cuve à ondes » + Activités 1 p62 et 2 p63

### 1. Observations expérimentales

Lorsqu'une onde rencontre un obstacle ou une fente de **petite dimension**, sa direction de propagation est modifiée, c'est le phénomène de **diffraction**. L'onde diffractée présente alors des maxima et des minima d'amplitude.

### 2. Influence de divers paramètres

On considère une onde incidente progressive sinusoidale diffractée par un obstacle. Le phénomène de diffraction dépend de la **longueur d'onde  $\lambda$**  de l'onde incidente et de la **dimension  $a$**  de l'obstacle. Il est d'autant plus marqué que  **$a$  est voisin ou inférieur à  $\lambda$** .

### 3. Ecart angulaire

La diffraction d'une onde est caractérisée par le demi-angle délimitant les premiers minima d'amplitude. On le nomme **écart angulaire  $\theta$**  ou demi-angle de diffraction. Il s'exprime en radian. L'écart angulaire vérifie la relation suivante :

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

$\theta$  est l'écart angulaire en rad,  $\lambda$  est la longueur d'onde de l'onde incidente en m et  $a$  est la dimension de l'obstacle en m.

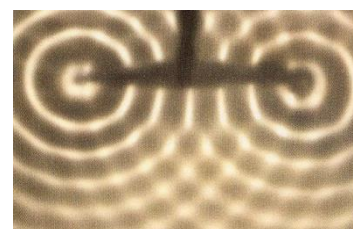
## II. Interférences

⇒ AE « Cuve à ondes » + Activité 3 p64 : « Interférences lumineuses »

### 1. Rencontre des deux ondes

Lorsque deux faisceaux de lumière issus d'une même source laser passent par deux ouvertures (fentes d'Young) et se superposent, on observe une succession de zones **brillantes** et **sombres**. De même, lorsque deux ondes mécaniques de même longueur d'onde se rencontrent, on constate qu'elles se renforcent ou s'annulent par endroit.

Deux ondes de **même fréquence** qui se superposent peuvent **interférer**. On observe alors des **franges d'interférence**. Une **figure d'interférence stable** s'obtient avec des ondes de même fréquence et présentant un déphasage constant. Ce sont des ondes cohérentes ; elles sont émises par des **sources cohérentes**.



## Interférences constructives et destructives

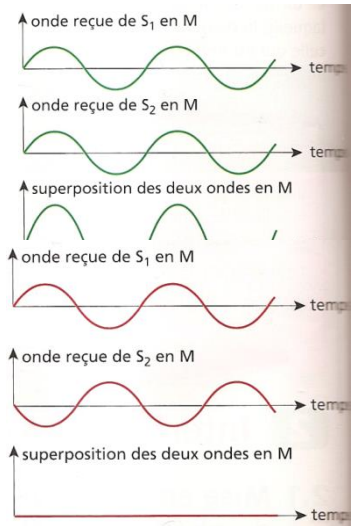
Les deux ondes qui interfèrent sont émises simultanément par chacune des sources, mais doivent parcourir des **distances différentes** pour parvenir à un endroit donné du milieu. La différence entre les distances parcourues par deux ondes issues de sources synchrones qui interfèrent en un point M, est appelée **différence de marche**, notée  $\delta$ .

On observe des **interférences constructives** quand  $\delta = k \cdot \lambda$ . Les ondes sont **en phase** et l'amplitude est **maximale**.

On observe des **interférences destructives** quand  $\delta = (k + \frac{1}{2}) \cdot \lambda$ . Les ondes sont **en opposition de phase** et l'amplitude est **nulle**.

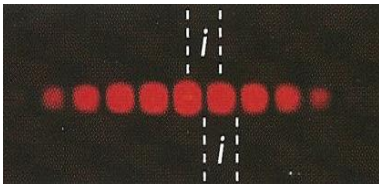
$k$  est un nombre entier positif ou négatif appelé **ordre d'interférence**.

Dans le cas où la différence de marche est quelconque, l'amplitude n'est ni nulle, ni maximale.



## 2. Cas de la lumière

Dans le cas de la lumière, les conditions d'interférences sont obtenues en utilisant une même source que l'on divise puis que l'on recombine. Les faisceaux se rencontrant en un point du récepteur n'ont pas parcouru le même trajet et interfèrent.



Si la source est une **lumière monochromatique**, on constate sur l'écran une succession périodique de franges brillantes et sombres, caractérisée par l'**interfrange  $i$** , qui est la distance séparant deux franges brillantes (ou sombres) consécutives. L'interfrange dépend de la longueur d'onde.

Si la source est une **lumière polychromatique**, chaque radiation de la lumière blanche forme une figure d'interférence, mais des radiations de fréquence différentes n'interfèrent pas entre elles. La figure observée est donc l'addition des figures d'interférence de toutes les radiations. La position de ces franges étant différente, on observe une **décomposition** de la lumière : on parle de **couleurs interférentielles**.



## III. Effet Doppler

⇒ Activités 4 p65 et 5 p66

### 1. Définition

Une onde électromagnétique ou mécanique émise avec une fréquence  $f_e$  est perçue avec une **fréquence  $f_r$  différente** lorsque l'émetteur et le récepteur sont **en déplacement relatif** : c'est l'**effet Doppler**.

### 2. Variation de fréquence et vitesse

La **variation de fréquence** entre l'onde émise (de célérité  $v$ ) et l'onde reçue **dépend de la vitesse  $u$**  de l'émetteur par rapport au récepteur.

La fréquence de l'onde reçue par le récepteur fixe  $f_r$  est telle que :

- $f_r = f_e \cdot \frac{v}{(v-u)}$  si l'émetteur s'approche du récepteur ( $f_r > f_e$ ) ;
- $f_r = f_e \cdot \frac{v}{(v+u)}$  si l'émetteur s'éloigne du récepteur ( $f_r < f_e$ ).

### 3. Application à l'astrophysique

La mesure du décalage des raies d'absorption d'un élément chimique sur le spectre d'une étoile permet de déterminer si celle-ci s'éloigne ou se rapproche de la Terre, ainsi que sa vitesse de déplacement.