

Chapitre 4 : Quelles sont les propriétés des ondes progressives ?

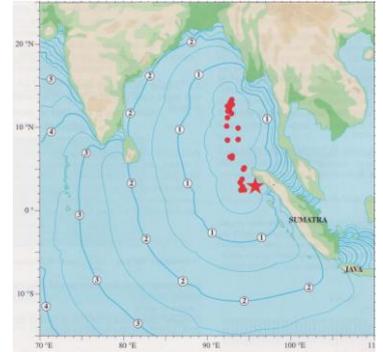
I. La diffraction.

- 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.
- Identifier les situations physiques où il est pertinent de prendre en compte le phénomène de diffraction.

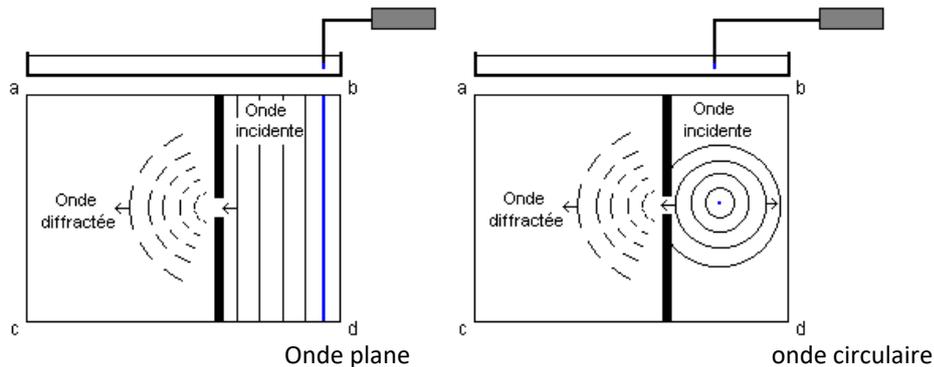
1. Exemple du phénomène de diffraction.

Tsunami :

Au détroit situé entre les îles de Sumatra et de Java, une nouvelle onde se propage : c'est le phénomène de diffraction.



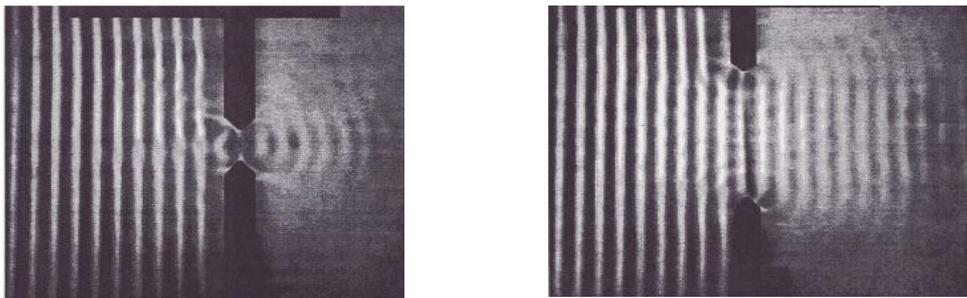
Expérience avec la cuve à onde.



Lorsqu'une onde progressive sinusoïdale rencontre une ouverture ou un obstacle de petite taille, sa propagation est modifiée : l'onde est déformée. On appelle ce phénomène la **diffraction**.

Quelle est l'influence de la taille de l'ouverture ou de l'obstacle sur le phénomène de diffraction ?

La diffraction de l'onde est d'autant plus marquée que les dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle sont proches de la valeur de la longueur d'onde (voir photo avec fente de 13 mm puis de 58 mm).



Ce phénomène se manifeste si les dimensions d'une ouverture ou d'un obstacle sont du même ordre de grandeur que la longueur d'onde.

L'onde diffractée a la même longueur d'onde et la même fréquence que l'onde incidente.

2. Diffraction des ondes lumineuses.

- Connaître et exploiter la relation $\theta = \lambda/a$.
- Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier ou utiliser le phénomène de diffraction dans le cas des ondes lumineuses.

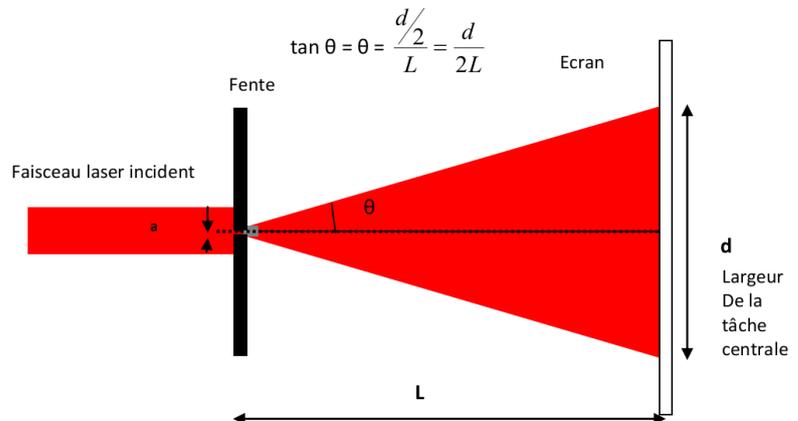
Interposons devant un faisceau laser une fente très fine, un trou très fin ou un fil fin.

Dans tous les cas, **nos observations ne sont pas conformes avec nos prévisions** (guidées par la théorie de la **propagation rectiligne de la lumière**). Nous observons un phénomène de diffraction : la lumière sur l'écran est séparée par des bandes sombres.

Quelle est l'influence de la largeur de la fente sur la diffraction ?

Nous avons vu que la figure de diffraction contient une tache centrale large et plusieurs taches de part et d'autre.

Un faisceau de lumière monochromatique arrivant sur une fente diverge d'un angle θ , appelé demi-écart angulaire entre le centre de la tache et la première extinction.



Des mesures expérimentales

permettent de montrer que $\theta = \frac{\lambda}{a}$

On montre donc : $\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{d}{2L}$

(Demi écart angulaire en radian = longueur d'onde en mètre / largeur fente en mètre).

II. Les interférences.

Interférence / Cas des ondes lumineuses monochromatiques, cas de la lumière blanche / Couleurs interférentielles.

- 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

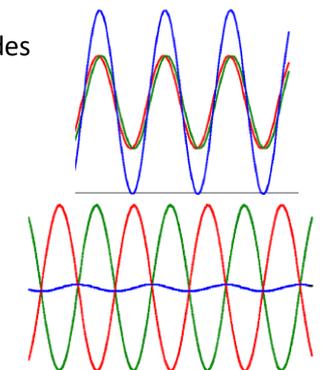
1. La différence de marche d'un rayon.

Il y a interférence lorsque deux ondes (dites cohérentes) de même période « T » et de même longueur d'onde « λ » arrivent en un même point de l'espace alors qu'elles sont passées par deux chemins différents. La différence de chemin est appelée différence de marche et notée δ .

- Si l'interférence est constructive, on perçoit de la lumière : il y a superposition des ondes.

Cela veut dire que les deux ondes sont en phase : $\delta = k \times \lambda$ (la différence de marche est proportionnelle à un nombre entier de longueur d'onde)

- Si l'interférence est destructive, il y a extinction de la lumière.
Cela veut dire que les deux ondes sont en opposition de phases, donc la différence de marche est égale à un multiple impair de demi longueur d'ondes : $\delta = (k + \frac{1}{2}) \times \lambda$



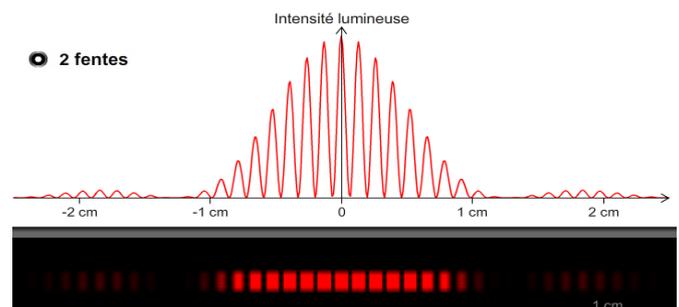
2. Interférence lumineuse.

On fait arriver sur 2 fentes un faisceau laser.
On obtient la figure d'interférence suivante :

L'interfrange (distance entre partie sombre) est donné par la relation : $i = \frac{\lambda D}{a}$

Avec λ longueur d'onde de la lumière, D distance entre les fentes et l'écran et a distance entre les 2 fentes.

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/InterferenceLaser.swf
http://www.ostralo.net/3_animations/swf/interferences.swf





Si la source émet en lumière blanche, on voit des franges colorées.

III. Une utilisation pratique des ondes : l'effet Doppler

- 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'images pour illustrer l'utilisation de l'effet Doppler comme moyen d'investigation en astrophysique.

1. Qu'est ce que l'effet doppler ?

Si une onde acoustique est émise à une certaine fréquence, lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie en fonction du temps, la fréquence de l'onde semble varier. Ce phénomène physique est connu sous le nom d'effet Doppler.

<http://www.onera.fr/lumiere/medias/doppler.swf>

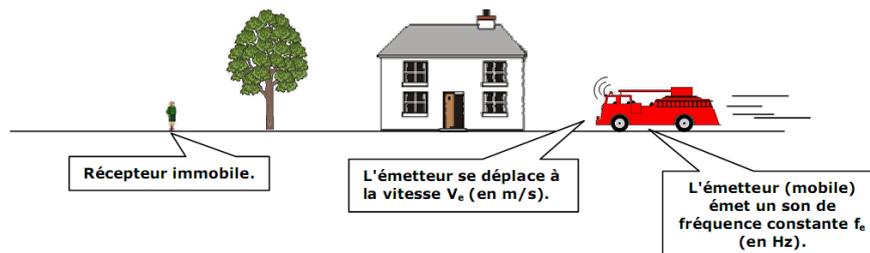
Plusieurs cas peuvent être envisagés :

Emetteur et observateur tous deux en mouvement.

Emetteur en mouvement et observateur immobile.

Emetteur immobile et observateur en mouvement.

Dans chaque cas il peut être envisagé que l'émetteur et l'observateur s'éloignent ou se rapprochent l'un de l'autre.



Si f est la fréquence de l'onde émise et f' la fréquence de l'onde perçue :

- $f' = f \left(1 + \frac{V}{c} \right)$ lorsque la source et le récepteur se rapprochent.
- $f' = f \left(1 - \frac{V}{c} \right)$ lorsque la source et le récepteur s'éloignent.

En savoir plus sur les math : http://maths-sciences-lp.ac-amiens.fr/sites/math-sciences-lp.ac-amiens.fr/IMG/dossier_radar/doppler_dossier.pdf

2. Utilisation de l'effet Doppler pour mesurer une vitesse.

En reprenant les mesures précédentes, si $f' - f$ est appelé décalage Doppler et noté δf , alors :

$$\delta f = f \cdot V/c \quad \text{avec } V \text{ vitesse de l'émetteur (ou observateur par rapport à la source)} \\ \text{et } c \text{ vitesse de l'onde sonore}$$

Dans le cas d'un radar routier, l'émetteur et le récepteur sont fixe et c'est la voiture qui renvoie l'onde qui est en mouvement. Dans ce cas, l'onde fait un aller-retour donc $\delta f = 2 \cdot f \cdot V/c$

3. L'effet Doppler en astronomie.

Le spectre de la lumière émise par une étoile ou une galaxie comporte des raies d'absorption caractéristique des éléments.

Si une étoile ou une galaxie s'éloigne ou se rapproche, on observe un décalage des raies qui permet de calculer la vitesse de l'étoile.