

1. La diffraction

Toutes les ondes, qu'elles soient électromagnétiques (IR, lumière visible, UV, Rayons X, etc...) ou mécaniques (ondes sonores, ondes à la surface de l'eau, etc...) peuvent subir le phénomène de diffraction. La diffraction est une signature de la nature ondulatoire d'un phénomène.

1. Définition

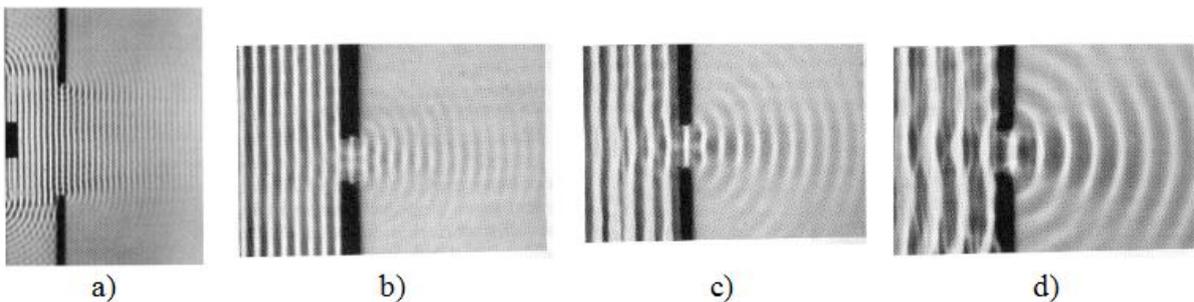
La diffraction est une propriété des ondes qui se manifeste par un étalement des directions de propagation de l'onde, lorsque celle-ci rencontre une ouverture ou un obstacle.

Exemple diffraction de la houle



2. Conditions d'observation

Les photos ci-dessous représentent des ondes à la surface de l'eau dans une cuve à ondes.



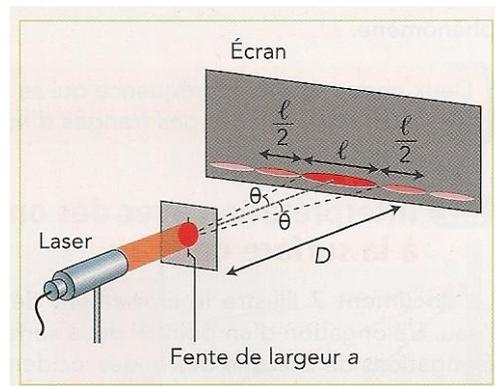
Questions

1. Sur quels exemples le phénomène de diffraction est-il visible ?

- Repérer une longueur d'onde sur chaque schéma. Comment évolue la taille de la longueur d'onde du cas a) vers le cas d).
- Comparer la dimension de l'ouverture à la longueur d'onde dans chaque cas. Comment doivent être ces deux grandeurs pour que le phénomène de diffraction soit apparent.

3. Observation avec des ondes lumineuses

On éclaire une fente de petite dimension à l'aide d'une lumière monochromatique.



Une partie de la lumière s'étale autour de la tâche centrale, c'est le phénomène de diffraction.



Figure de diffraction obtenue avec :

- une fente verticale.
- un trou circulaire.

Pour une lumière monochromatique de longueur d'onde λ et une fente de largeur a (ou un fil de diamètre a), le demi angle de diffraction θ a pour expression :

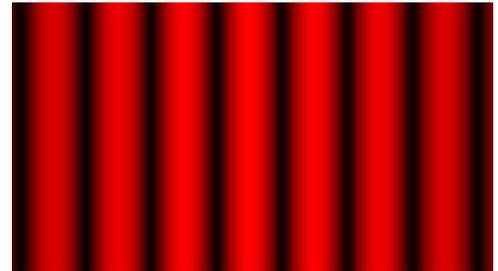
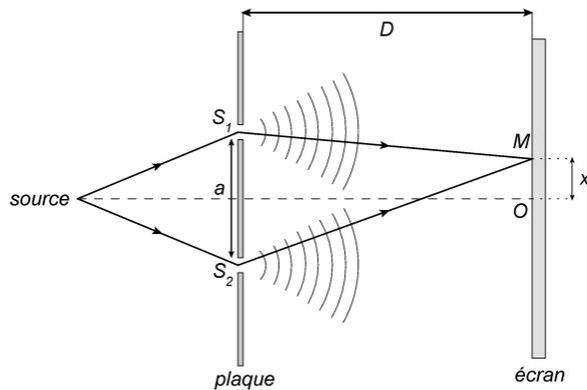
$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

λ en mètre (m)
 a en mètre (m)
 θ en radian (rad)

2. Interférences lumineuses

1. Observation d'interférences lumineuses

On éclaire deux fentes étroites et parallèles (fentes d'Young) à l'aide d'une source laser. S_1 et S_2 sont appelées sources secondaires. Sur l'écran on observe alors des interférences lumineuses, franges alternativement brillantes et sombres de même largeur.



2. Superposition de deux ondes

Expérience 1

On génère deux ondes à la surface de la cuve à ondes. Une de chaque côté. On regarde comment évoluent ces ondes au cours de leur propagation et notamment après qu'elles se soient croisées.



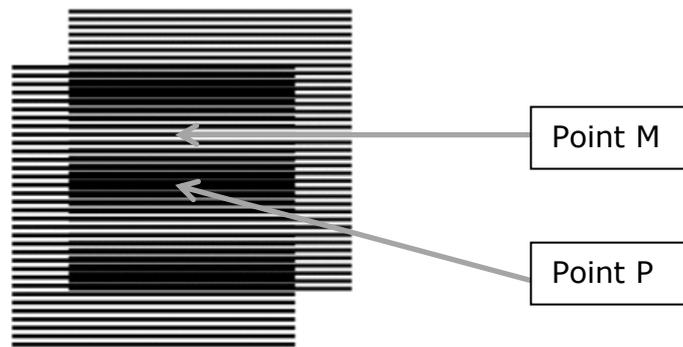
Observation

Conclusion

Lorsque deux ondes se croisent, celles-ci continuent leur trajet sans être modifiées. L'amplitude résultante en un point donné est la somme des amplitudes créées par chaque onde. On dit que les ondes interfèrent au point considéré.

Expérience 2

On superpose 2 réseaux de traits noir et blanc régulièrement espacés. On obtient une figure appelée moiré.

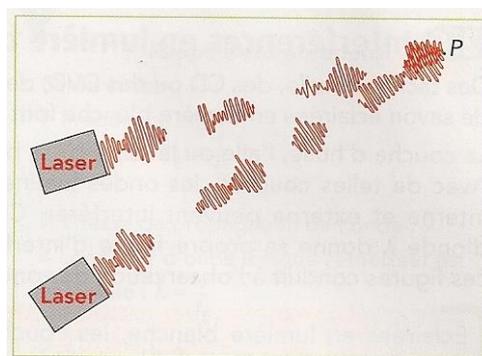


On observe alors des franges d'interférences alternativement foncées et claires.

3. Conditions d'interférences

Pour que deux ondes puissent interférer, il faut que :

- Les deux ondes soient cohérentes, c'est-à-dire qu'elles gardent un déphasage constant dans le temps. Cette condition n'est remplie que si les sources secondaires sont éclairées à l'aide d'une source unique. En effet, la lumière est émise par trains d'ondes de courtes durées, si on a deux sources différentes, les ondes qui se superposent en P ne conservent pas un déphasage constant dans le temps et la figure d'interférences n'apparaît pas stable.



Extrait du manuel Hachette TS

- Les deux ondes soient synchrones, c'est-à-dire avoir la même fréquence.

4. Interférences constructives et destructives

On considère deux ondes synchrones et cohérentes qui interfèrent en un point M. Soit $y_1(t)$ l'amplitude de l'onde 1 et $y_2(t)$ l'amplitude de l'onde 2 en M. Dans ce cas, les ondes arrivent en phase en M. L'amplitude de l'onde résultante est donnée par y_1+y_2 et est maximale dans ce cas (fig.1)

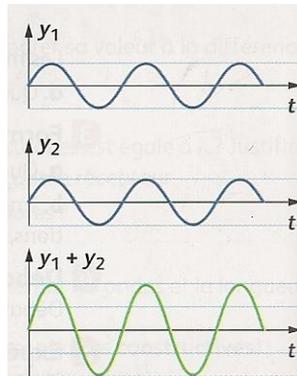


Figure 1

Lorsque les deux ondes arrivent en un autre point, point P, en opposition de phase, à chaque instant en ce point, les amplitudes sont opposées. L'amplitude de l'onde résultante est donnée par y_1+y_2 et est nulle dans ce cas (fig.2).

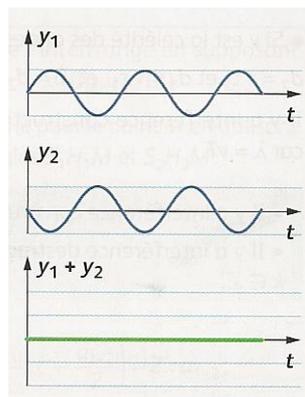


Figure 2

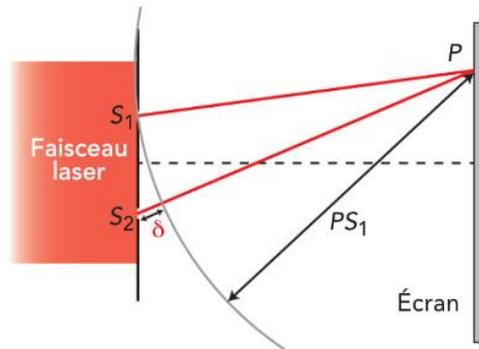
Les points M et P sont par exemple les points indiqués sur le moiré de l'expérience 2.

On dit que les interférences sont constructives en un point lorsque la somme des amplitudes des deux ondes est maximale.

On dit que les interférences sont destructives en un point lorsque la somme des amplitudes des deux ondes est nulle.

5. Différence de marche

Le déphasage entre les deux ondes en un point de l'écran d'observation, dépend de la différence de chemin parcouru par les ondes entre S_1 et M d'une part et S_2 et M d'autre part. On note $\delta=S_2M-S_1M$ la différence de marche.



Quand $\delta = k \cdot \lambda$, on observe des interférences constructives car les ondes sont en phase.

Quand $\delta = (k + 1/2) \cdot \lambda$, on observe des interférences destructives car les ondes sont en opposition de phase.

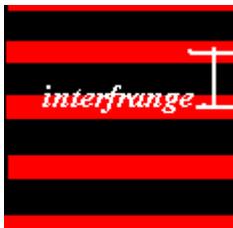
k est un nombre entier.

6. interfrange

L'interfrange i est la distance qui sépare le milieu de deux franges brillantes successives ou le milieu de deux franges sombres successives.

Avec un dispositif des fentes d'Young, éclairé en lumière monochromatique de longueur d'onde λ , l'interfrange s'écrit :

$$i = \frac{\lambda \cdot D}{a}$$



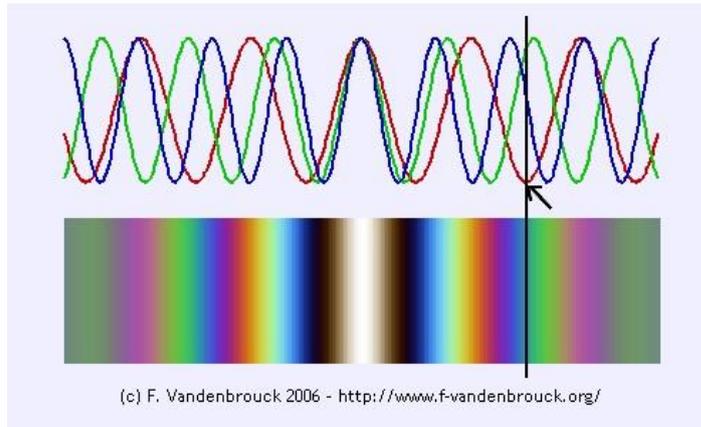
a est la distance séparant les deux fentes et D la distance entre le plan des fentes et l'écran.

La mesure de l'interfrange permet de mesurer par exemple la longueur d'onde d'une source (voir TP 11).

7. Cas de la lumière blanche, couleurs interférentielles

Lumière blanche

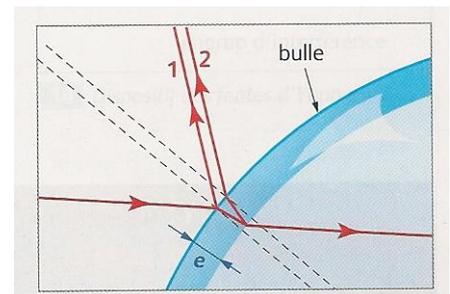
Lorsqu'on réalise une figure d'interférences en lumière blanche, on obtient une frange blanche au centre, une frange noire ensuite puis des franges irisées sur le côté.



1. Deux ondes de couleurs différentes peuvent elles interférer ?
2. Expliquer les irisations observées.
3. Expliquer la présence d'une raie blanche au milieu puis d'une raie noire à côté.
4. Pourquoi le bleu est il plus proche du centre de la figure que le rouge ?

Couleurs interférentielles

Prenons l'exemple d'une bulle de savon. Lorsqu'un rayon arrive sur une bulle, il subit de multiples réflexions sur les deux faces extérieures et intérieures de la bulle. Seuls les rayons 1 et 2 ont une intensité suffisante et voisine et vont pouvoir interférer. Les ondes 1 et 2 sont synchrones car issues de la même source. La différence de marche dépend de l'épaisseur e de la bulle et de l'angle d'incidence. Pour certaines longueurs d'ondes l'interférence est destructive. Des lors la lumière réfléchie n'est plus blanche mais colorée.



Il se produit le même phénomène à la surface des ailes de certains insectes (mouche, papillon), c'est aussi ce principe qui est utilisé pour fabriquer des verres de lunettes anti reflets.