

Partie Observer : Ondes et matière

CHAP 03-COURS Propriétés des ondes

Objectifs : Quelles sont les propriétés des ondes ?

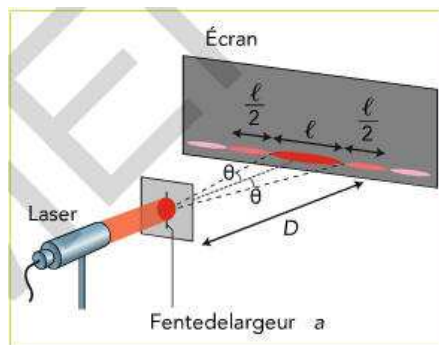
- Connaître le phénomène de diffraction et savoir identifier des situations dans lesquelles il intervient
- Connaître le phénomène d'interférences.
- Connaître l'effet Doppler et des applications en astrophysique

1. DIFFRACTION

exp laser : diffraction par une fente

1.1. Expérience avec les ondes lumineuses

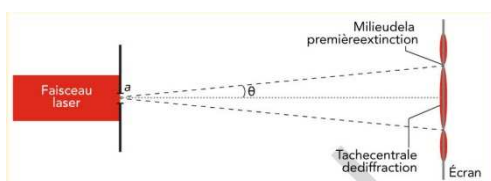
- Diriger le faisceau laser sur une fente dont la largeur est de quelques dixièmes de millimètre.
- Observer sur un écran
- Faire varier la largeur de la fente et observer l'écran.



Doc. 2 Schéma de l'expérience de diffraction de la lumière par une fente.

1.2 Observations et conclusion

cf site web : <http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/diffraction/diffracfente/diffracfente.htm>



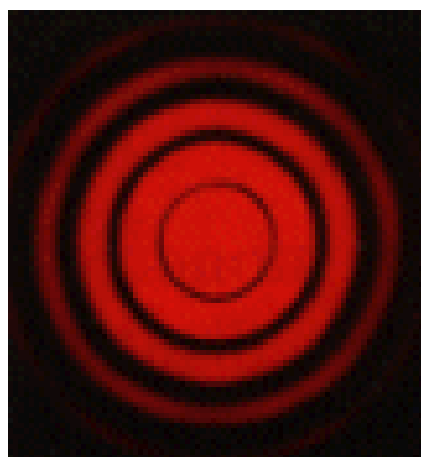
- On observe **une tache centrale brillante** et de petites taches latérales moins brillantes
- La fente a diffracté la lumière dans une direction **perpendiculaire** à celle de la fente
- La diffraction est d'autant plus marquée que la taille de l'ouverture est petite

Remarque :

Figure de diffraction avec un trou circulaire

Exp avec laser

+site web : <http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/diffraction/diffracrou/diffracrou.html>



1.3. Ouverture angulaire du faisceau diffracté

a) Définition

L'ouverture angulaire θ du faisceau diffracté est, par définition, la moitié de l'angle sous lequel on voit la tache centrale de diffraction depuis la fente

b) Formules

On a : $\tan(\theta) = \frac{l}{2.D}$

Si θ est petit, $\tan(\theta) \approx \theta$ (avec θ exprimé en radian)

D'où : $\theta = \frac{l}{2.D}$ (d et D en mètres)

On admet également que :

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

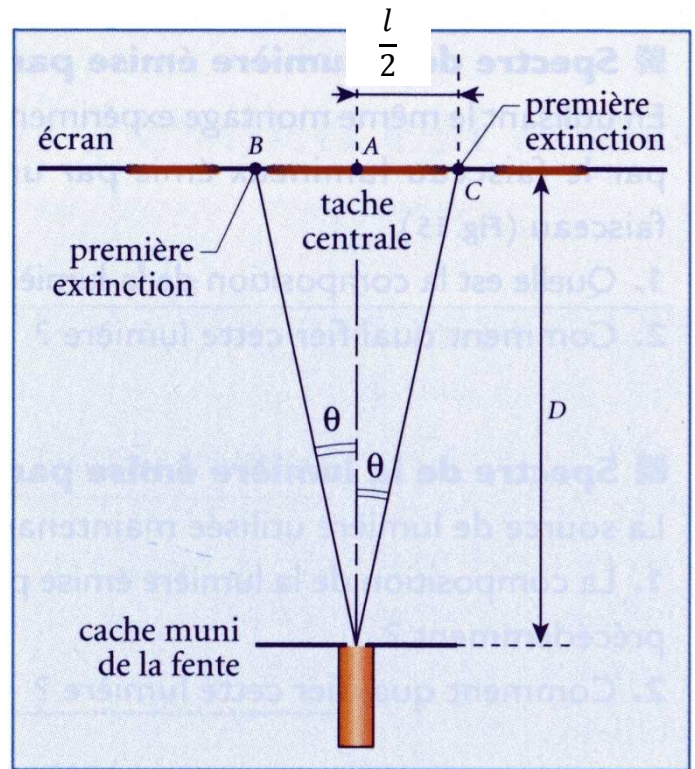
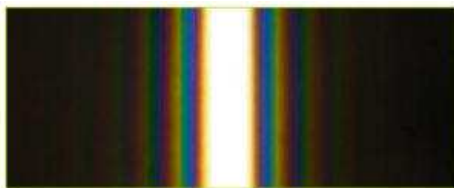


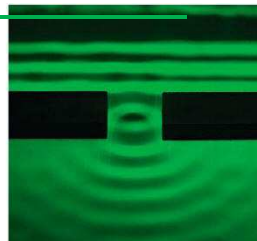
Fig. 13 Position géométrique des premières extinctions sur la figure de diffraction.

(λ la longueur d'onde de la lumière en mètres et a la largeur de la fente en mètres m)

1.4. Autres diffractions



Doc. 3 Diffraction avec une fente éclairée en lumière blanche.



Doc. 5 Diffraction sur une cuve à ondes (ici les ondes se propagent du haut vers le bas).

Site web diffraction à la surface de l'eau : <http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/diffraction/eau/diffraction.htm>

+VIDEO

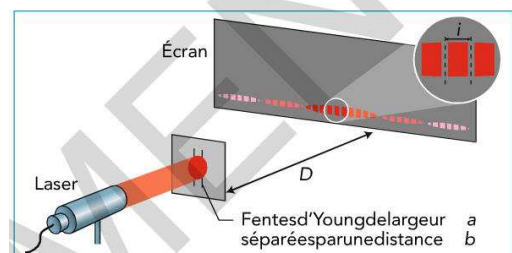
Site web diffraction par une fente d'une lumière blanche : <http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/diffraction/diffractionfente/diffractionfente.htm>

2. INTERFERENCES EN LUMIERE MONOCHROMATIQUE

2.1. Expérience et observations

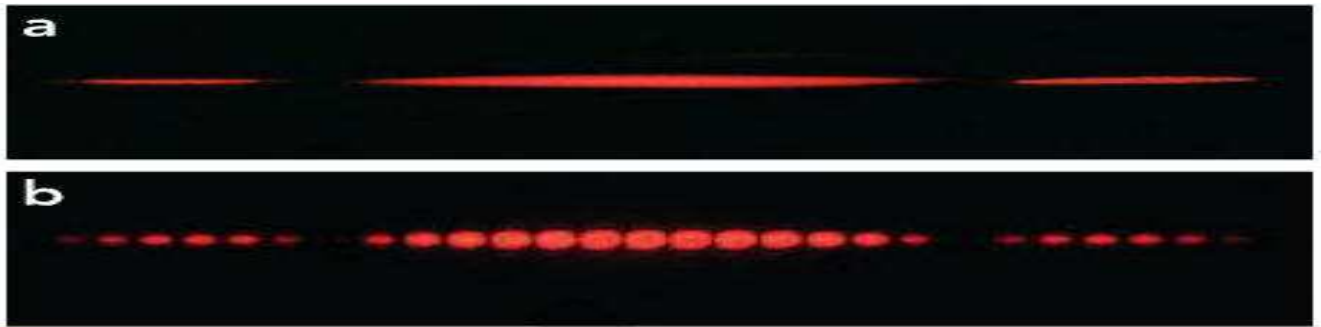
Exp laser+ fentes d'Young (Act 3 p64)

On éclaire deux fentes proches et parallèles (fentes d'Young) avec de la lumière monochromatique,



Doc. 3 Schématisation de l'expérience des fentes d'Young.

- On observe une figure de diffraction striée d'une alternance de bandes noires et lumineuses appelées « franges d'interférences » (doc. 3).



Doc. 6 Figure obtenue avec une fente (a) et avec deux fentes parallèles (b). Les fentes parallèles sont appelées des fentes d'Young.

2.2. Conclusion

- Chaque fente se comporte comme une source lumineuse ponctuelle. La superposition des ondes issues de ces fentes donne des **interférences**.
- Deux ondes de même fréquence qui se superposent peuvent interférer. On observe alors des franges d'interférences.
- Lorsque deux ondes se superposent, leurs elongations s'ajoutent.
- Les interférences sont **constructives** (zone lumineuses) en tout point où les ondes qui interfèrent sont en **phase**.
- Les interférences sont **destructives** (zones sombres) en tout point où les ondes qui interfèrent sont en **opposition de phase**.
- Une figure d'interférences 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**.

2.3. Différence de marche

a) Définition

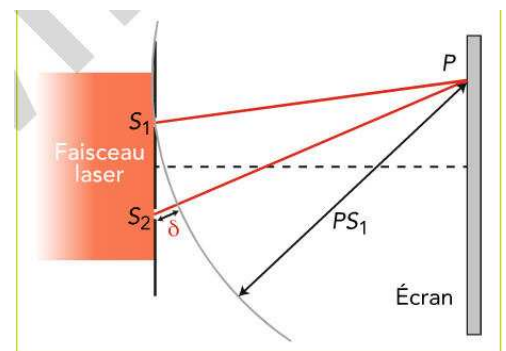
Deux ondes émises par des sources cohérentes situées en S_1 et S_2 ont, en un point P du milieu de propagation, un déphasage constant qui dépend de la durée de leurs trajets respectifs et du déphasage entre les sources.

Le déphasage observé au point P est lié à la différence de marche δ de ces ondes.

b) Formules

$$\delta = S_2P - S_1P$$

δ : différence de marche (m)
 S_2P et S_1P en mètres

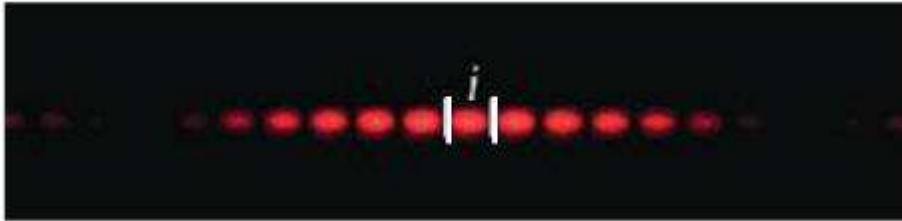


Doc. 10 Dans le cas de l'expérience des fentes d'Young dans l'air, la différence de marche des ondes qui interfèrent en P est $\delta = S_2P - S_1P$.

- On observe des interférences constructives quand $\delta = k.\lambda$
 - On observe des interférences destructives quand $\delta = (k + \frac{1}{2}).\lambda$
- k est un nombre entier positif ou négatif appelé ordre d'interférences.

2.4. Interfrange

a) Définition



Lors d'interférences lumineuses, l'interfrange, noté i , est la distance séparant deux franges brillantes ou deux franges sombres consécutives.

b) Formule

L'interfrange i s'exprime par :

$$i = \frac{\lambda.D}{b}$$

λ : Longueur d'onde (m)

D : Distance fente écran (m)

b : Distance entre les 2 fentes (m)

2.5. Interférences en lumière blanche

Site web : <http://gilbert.gastebois.pagesperso-orange.fr/java/interference/lumiere/interference.htm>

Éclairées en lumière blanche, les couches minces font apparaître des couleurs interférentielles.

ex :

Des taches d'huile, des CD ou des DVD, des ailes d'insectes ou des bulles de savon éclairées en lumière blanche font apparaître des irisations.

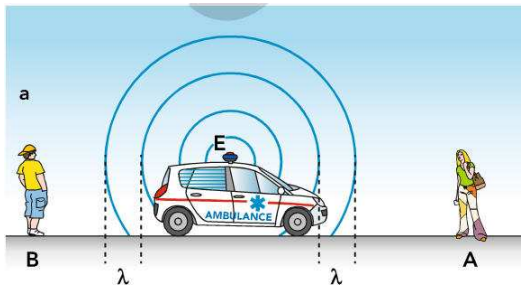
3. EFFET DOPPLER

3.1. Définition

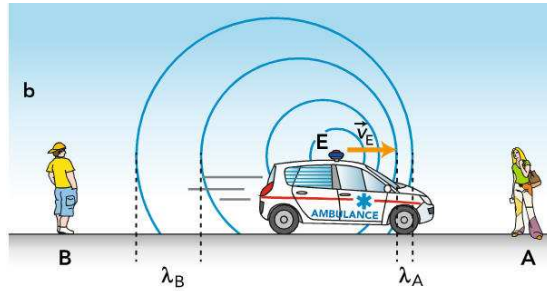
Le son d'un moteur ou d'une sirène est perçu plus aigu quand le véhicule qui l'émet s'approche d'un observateur et plus grave quand il s'en éloigne.

- Une onde électromagnétique ou mécanique émise avec une fréquence $f_{\text{émise}}$ est perçue avec une fréquence $f_{\text{perçue}}$ différente lorsque l'émetteur et le récepteur sont en déplacement relatif : c'est l'effet Doppler.

- L'effet Doppler constitue une méthode de mesure de vitesses.

3.2. Démonstration

Doc. 13 Lorsque l'émetteur est immobile, les observateurs immobiles A et B perçoivent des ondes de même longueur d'onde : $\lambda = \frac{v}{f_E}$.



Doc. 14 Lorsque l'émetteur se déplace à la vitesse v_E en s'approchant de l'observateur A et en s'éloignant de l'observateur B, ceux-ci perçoivent des ondes de longueurs d'onde $\lambda_A < \lambda$ et $\lambda_B > \lambda$.

- L'émetteur E produit des ondes sonores de fréquence f_E qui se propagent à la vitesse v .
- Les vitesses sont mesurées dans un référentiel terrestre.
- La vitesse de déplacement de l'émetteur v_E est faible et inférieure à la vitesse de l'onde dans le milieu de propagation

a) lorsque l'émetteur s'approche de l'observateur, le son de la sirène est perçu plus aigu

- Quand l'émetteur est immobile, la longueur d'onde est λ
- Lorsque l'émetteur s'approche de l'observateur, la longueur d'onde perçue par l'observateur est plus petite que la longueur d'onde émise, on a donc :

$$\lambda_A < \lambda$$

D'où

$$\frac{\lambda_A}{v} < \frac{\lambda}{v}$$

D'où

$$\frac{1}{f_A} < \frac{1}{f}$$

D'où

$$f_A > f$$

CQFD

b) lorsque l'émetteur s'éloigne de l'observateur,
le son de la sirène est perçu plus grave

$$\lambda_B > \lambda$$

D'où

$$\frac{\lambda_B}{v} > \frac{\lambda}{v}$$

D'où

$$\frac{1}{f_B} > \frac{1}{f}$$

D'où

$$f_B < f$$

CQFD

3.3. Relations

Pour l'observateur A :

$$v_E = v \cdot \frac{f_A - f_E}{f_A}$$

Pour l'observateur B :

$$v_E = v \cdot \frac{-f_B + f_E}{f_B}$$

3.4. Utilisation

- Les radars routiers (cinémomètres) utilisent l'effet Doppler avec des ondes électromagnétiques pour mesurer la valeur de la vitesse des véhicules (doc. 1 5). Leur fonctionnement est différent de l'exemple de l'ambulance, car ils sont à la fois émetteurs et récepteurs.

- De même, en imagerie médicale, la valeur de la vitesse de déplacement du sang est mesurée par effet Doppler

3.5. Effet Doppler-Fizeau en astronomie

- L'effet Doppler-Fizeau permet de calculer la valeur de la vitesse radiale d'une étoile en comparant les longueurs d'onde de son spectre d'absorption à celles d'un spectre de référence.

- Lorsqu'une étoile ou une galaxie **s'éloigne** de la Terre, on observe un décalage vers les grandes longueurs d'onde (vers le rouge pour les raies du visible); ce **décalage vers le rouge** est appelé « **redshift** ».

- Lorsqu'une étoile ou une galaxie se **rapproche** de la Terre, on observe un décalage vers les petites longueurs d'onde (vers le bleu) ; ce **décalage vers le bleu** est appelé « **blueshift** ».