

Synthèse physique : la propagation de la lumière.

1. Opposition Newton - Huygens

Newton: Traité de l'optique 1704: la lumière est faite de corpuscules se propageant en ligne droite à une vitesse étonnante.

En rencontrant des milieux matériels ces corpuscules suscitaient l'apparition de forces provoquant réflexion et réfraction.

Huygens: Traité de la lumière 1691: concept^o ondulatoire.

Cel: deux modèles s'affrontent: un modèle corpusculaire et un modèle ondulatoire.
lumière = grains de matière lumière = perturbation dans l'éther

Voyons comment se comportent les 2 modèles par rapport aux comportements connus de la lumière.

les comportements connus de la lumière.
propagation de la lumière.

- Transporte de l'énergie.
- Dans un milieu homogène, elle se propage en ligne droite.
- On peut créer un faisceau //.
- Deux faisceaux peuvent se croiser et continuer en ligne droite.

réflexion

- la lumière est réfléchi par certaines surfaces* (miroirs, eau).
- \angle d'incidence = \angle de réflexion

$$i = r$$



NB: N: normale au plan de réflexion.

*: il faut des surfaces brillantes car si surface mates: un peu d'absorption et beaucoup de diffusion

a) en passant par une fente de quelques mm les rayons cessent de se propager en ligne droite.



réfraction

a) la lumière est réfractée en passant d'un milieu transparent à un autre.



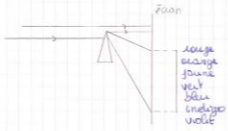
b) $\frac{\sin i}{\sin r} = n_{1 \rightarrow 2}$
↳ où n : indice de réfraction

décomposit° de la lumière

lumière blanche = lumière composée de lumières monochromatiques

Prisme = décomposeur de lumière

spectre = ensemble des lumières monochromatiques (7).



↳ rouge : la - dévié : $n = 1,515$
↳ bleu : la + dévié : $n = 1,52$

les modèles ondulatoire et corpusculaire face aux comportements de la lumière,

modèle ondulatoire

- Propagato° : a) qe déf d'1 onde p 38 → OK
- b) } ondes planes → OK
- c) }
- d) exactement la principe de superposit° → OK
- e) $\lambda \ll$ taille fente (voir de diffraç° p 75) → OK


Réflexion: $i = 1 \rightarrow OK$

Diffusion: si irrégularité $\gg \lambda$

Réfract°: $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_i}{v_r} \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} = \text{cste} \rightarrow OK$

(\Rightarrow on pourra bien plus ensuite)

modèle corpusculaire

Propagat°: a)  $E = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow OK$

b) 
c) 

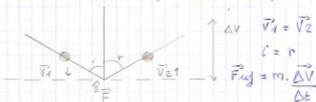
masse très petite donc lumière tombe très doucement.

(Non) lumière tellement rapide (\gg km/s) qu'on ne la voit pas tomber et qu'on croit qu'elle va en ligne droite $\rightarrow OK$

d) corpuscules tellement petits que quasi aucune chance de se percuter lors du croisement $\rightarrow OK$

e) aucune difficulté $\rightarrow OK$

Réflexion: // rebond sur un mur par choc élastique donc $i = r$



Diffusion: taille des billes \ll irrégularité

Réfract°: $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_r}{v_i} = \text{cste} \rightarrow OK$

Voir exp sur le lancement d'une bille sur deux surfaces liées par un plan incliné (p 119-120): jeu agissant sur les corpuscules responsable de la réfract°

Conclusion sur les modèles

Les deux modèles semblent valables par rapport aux caractéristiques optiques de la lumière.

Cependant, les chgts de vitesses contradictoires vont permettre de trouver le bon modèle.

⇒ Selon Newton, la lumière va plus vite dans l'eau que dans l'air. En effet, $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_{\text{eau}}}{v_{\text{air}}} = n_{\text{air} \rightarrow \text{eau}} = 1,33$



$$v_{\text{eau}} = 1,33 v_{\text{air}}$$

Selon Huygens, la lumière va plus vite dans l'air

$$v_{\text{air}} = v_{\text{eau}} \cdot 1,33$$

Frisiau et Foucault déterminèrent la v de la lumière dans l'eau et ds l'air en 1850 et

prouvèrent que $v_{\text{lum air}}^{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}} > v_{\text{lum eau}}^{2,21 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$ ce qui donna

raison à Huygens.

En 1802, Thomas Young réalisa une figure d'interférence (artère pour détecter le caractère ondulatoire d'un phénomène) avec la lumière, ce qui confirmait déjà le modèle de Huygens.

Expérience de Young

- une lumière provenant d'une source S traverse un écran percé de deux fentes très fines ($99 \frac{1}{10}$ de mm), proches et //.
- un écran blanc placé à plusieurs m permet d'observer la lumière suite à son passage par les fentes.



écran blanc

On observe une figure d'interférences sur l'écran blanc



Explicite

La largeur des fentes se rapprochent de λ cm.

\Rightarrow diffract^o: les deux fentes agissent comme des sources ponctuelles vibrant en concordance de phase avec une nt amplitude A . Les ondes des deux S vont donc interférer. Des lignes de tempête s'observent lors d'interférence constructive et des lignes de repos s'observent lors d'interférences destructives.

! lumière + lumière peut donc être synonyme de noir.

Les points lumineux sur le tableau sont des interférences constructives alors que les trous noirs sont des interférences destructives.

Formule :

$$\lambda = \frac{c \cdot a}{d}$$

λ : longueur d'onde

c : interférence: d entre points d'éclairement ^{max} ou 2 pt noir

a : d entre les 2 fentes: d entre les 2 sources.

d : d entre les S et le tableau d'observat^o
 c fentes

! λ lum: tjs situés ds les nm.

Rem: d'expérience de Young ne marche pas avec deux lampes placés à qq cm l'une de l'autre et sans fente car:

• a seraient beaucoup trop $>$ et donc c ne seraient pas visible à l'œil

- et y aurait une infinité de sources et l'exp. ne serait pas valable.

Fréquence d'une lumière monochromatique.

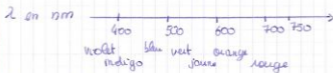
$$\lambda = \frac{v}{f}$$

on connaît v : $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$$\lambda : \text{avec} \quad \lambda = \frac{c \cdot a}{d}$$

Il ne reste plus qu'à isoler f !

Spectre de la lumière blanche



f : calculer.

Interférence des couches minces.

Ex: bulles de savon



Les \neq couleurs qu'on observe sont dues à des phénomènes d'interférences.

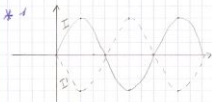
Lorsque la lumière blanche atteint une couche mince, une partie est réfléchi par la première surface et l'autre par la deuxième.

Il y a interférence des ondes réfléchies.

Lorsque l'interférence est destructive pour une certaine

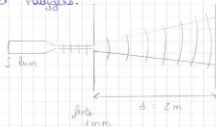
2, la lumière perd l'une de ses composantes et n'est plus blanche. *1

Et, comme l'épaisseur d'une couche varie généralement d'un point à l'autre, les condit^o d'interférences constructives et destructives varient d'un point à un autre également, d'où l'observat^o de plusieurs couleurs.



3. Diffraction de la lumière (Guimaldi 1860) Fresnel 1816

= Preuve supplémentaire de la théorie ondulatoire d' Huygens.



Rem: au plus on diminue la largeur de la fente, au plus ça diffracte et au plus la largeur de la zone douce centrale augmente.

Applicat^o: limite du grossissement des microscopes et télescopes.

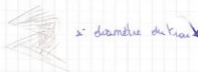
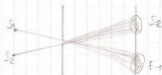
On place 2 sources ponctuelles très proches envoyant de la lumière sur un obstacle percé d'un trou. Vu la petitesse du trou, on obtient les figures de diffraction.

F₁ et F₂.

En diminuant le diamètre des trous, les figures de diffraction vont grandir jusqu'à se confondre. D'où la limite.

Dans le microscope, les trous sont des lentilles. Les lentilles, très petites pour pouvoir agrandir un maximum, confondent deux objets placés à moins de 0,2 μm .

Schéma des trous.



4. Labo: détermination du rapport des v_{lum} de l'air et dans l'eau.

Réseau de diffraction

= Réseau constitué d'un très grand nombre de fentes (plusieurs milliers par cm), très fines, très proches les unes des autres, // et équidistantes.



M' : point central dans le prolongement du faisceau incident
+ pts P; P', ... répartis symétriquement de part et d'autre de M'. Entre, pas de lumière.

Rem: ici, avec laser : lumière rouge monochromatique
→ pt rouge

si avec lumière blanche : M' blanc, et autres, couleurs ≠

Etude mathématique

Comme chaque fente est très étroite, grosse diffraction.
→ Chaque fente se comporte quasi comme une source ponctuelle qui envoie des ondes dans les deux sens.

Les ondes de chacune des fentes se dirigeant vers un point P vont interférer car certaines ont plus de chemin que d'autres (fentes les + éloignées de P) → différence de marche.

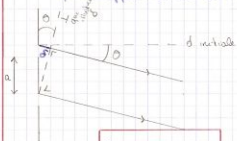
Formules

δ : Δ de marche entre deux ondes provenant de fentes voisines.

a : écart entre deux fentes consécutives

d : distance réseau - écran

θ : α de déviation de la lumière diffractée par rapport à la direction initiale.



$$\delta = \sin \theta \cdot a$$

Si $\delta = k \lambda$ → interférence constructive → P éclairé.

$$\delta = \sin \theta a = k \lambda$$

$$\sin \theta = k \cdot \frac{\lambda}{a}$$

Si $\delta \neq k \lambda$ → les nombreuses ondes se détruisent quasi mutuellement.

! k : nbre entiers

• correspond au numéro p' du rayon diffracté.



Déterminatio de λ

$$\sin \theta = k \frac{\lambda}{a} \Leftrightarrow \lambda = \sin \theta \cdot a \quad (\text{si } k=1)$$



$$\sin \theta = \frac{x}{y} = \sqrt{x^2 + d^2}$$

$$\lambda = a \cdot \frac{x}{y}$$

$$\lambda = \frac{a \cdot x}{\sqrt{x^2 + d^2}}$$

Déterminatio de rapport entre v_{air} et v_{eau} .

$$\frac{v_{\text{air}}}{v_{\text{eau}}} = \frac{\lambda_{\text{air}} \cdot f}{\lambda_{\text{eau}} \cdot f} = \frac{\lambda_{\text{air}}}{\lambda_{\text{eau}}} = 1,33$$

On calcule λ en faisant l'ex. de la page 135 et en utilisant la formule vue ci-dessus.

5. Polarisation de la lumière.

Lumière = onde transversale = onde dont la vibration est \perp à la direct° de propagat°.

Lumière naturelle = lumière non polarisée = lumière qui correspond à une succession d'ondes venant

perpendiculairement à la direct° de propagat°, aucune direct° de vibrat° n' étant privilégiée.



1 filtre entre la source et l'écran.

Le but d'un filtre est de privilégier une direct° de vibrat°.

À l'émission, aucune direct° de vibrat° n' étant privilégiée, le filtre ne change pas l'intensité lumineuse (ni si on le tourne).

2 filtres entre la source et l'écran.

• Si le deuxième filtre sélectionne la même direct° de propagat° que le premier, l'intensité lumineuse est max.



• Si le deuxième filtre sélectionne une direct° de vibrat° \perp à celle du premier, l'intensité lumineuse est nulle.



On passe de l'un à l'autre par une rotat° de 90° du 2^{ème} filtre.

Entre les deux, l'intensité lumineuse de la lumière polarisée varie selon la loi de Malus.



$$A // = A \cos \theta$$

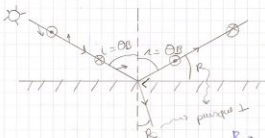
$$I // = I_0 \cos^2 \theta$$

\downarrow initial.
 \downarrow Sens du filtre

si succession de filtres on applique la formule plusieurs fois en se rapportant à chaque étape au rayon initial.

Application.

Polarisation par réflexion sur une surface NON CONDUCTRICE



! θ_B by rayon réfléchi \perp réfracté.

$$R = 90^\circ - \theta_B$$

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{\text{air}} \rightarrow \text{eau}$$

$$\parallel \frac{\sin \theta_B}{\sin R}$$

$$\parallel \frac{\sin \theta_B}{\sin 90^\circ - \theta_B} = \frac{\sin \theta_B}{\cos \theta_B} = \tan \theta_B$$

$$= n_{\text{air}} \rightarrow \text{eau} = \frac{n_{\text{air}}}{n_{\text{eau}}} = 1,33$$

$$\theta_B = \tan^{-1} 1,33 = 53^\circ$$

NB: l'eau fortement polarisée.