

Physique Optique

Romain Gille

12/02/2016

Définition étude de la lumière, de ses propriétés ainsi que des systèmes qui la produisent ou l'utilisent.

Spectre visible souvent associé à la lumière, environ entre 400 nm et 750 nm.

Les propriétés de la lumière se manifeste par des phénomènes physique différents : couleur d'un objet, polarisation électrique, effet photoélectrique et le chemin d'un rayon lumineux. Au fil de l'histoire, les physiciens ont représentés ces phénomènes sous forme de modèles :

- Optique géométrique → rayon lumineux (réflexion, réfraction à la surface de dioptries : miroirs, lentilles)
- Optique ondulatoire → onde : vibration lumineuse dans l'espace (diffraction et interférence)
- Optique quantique → photon (hors cours)

Sources et détecteurs de lumière

Les sources

- Les lampes à incandescence → ex : lampe halogène (lampe halogène à incandescence)

→ fonctionnement : filament réfractaire porté à 2500°C en tungstène (métal).

- Les lampes à décharges
 - Haute pression
 - Basse pression

→ La lumière est issue d'une décharge électrique dans une vapeur métallique (Na, Hg, ...) ou un gaz rare (Ar, Xe, ...)

→ Spectre de raies quasi monochromatique (la longueur spectrale $\Delta\lambda \approx 1\text{nm}$).

- Le LASER (Light Amplification of Stimulated Emission of Radiation)
 - Produit une lumière cohérente spatialement et temporellement (la longueur spectrale $\Delta\lambda < 1\text{pm}$).

Les détecteurs

L'œil a une sensibilité à la lumière élevée : capable de détecter une puissance lumineuse de 10^{-16}W . Le maximum de sensibilité de nuit (vision scotopique) est à $\lambda = 550\text{nm}$ (bleu), de jour (vision photopique) est à $\lambda = 500\text{nm}$ (vert-jaune).

- **La plaque photographique** : sous l'effet de la lumière, les ions Ag^+ se réduisent.
- **Les détecteurs thermiques (détecteurs d'IR)** : l'absorption du rayonnement crée une augmentation de température qui va être convertie en signal électrique (thermopile, thermocouple).
- **Les détecteurs photoniques** : l'absorption de photons produit l'effet photoélectrique (photodiodes, photorésistances, cellules photovoltaïques, capteur CCD).

Les milieux matériaux

Célérité la vitesse de la lumière dans le vide.

Célérité c tel que $n = \frac{c}{v}$ avec n la vitesse de réfraction et v la vitesse de la lumière dans le milieu considéré. La célérité est un invariant universel : $c = 3.10^8 \text{m.s}^{-1}$. C'est une constante quelle que soit la longueur d'onde.
→ le vide est un milieu non dispersif. $n_{\text{air}} \approx n_{\text{vide}} = 1$

Milieu homogène ses propriétés physiques scalaires sont identiques en tout point du milieu.

Milieu isotrope ses propriétés vectorielles sont les mêmes dans toutes les directions du milieu.

Un matériau non isotrope est dit anisotrope. ex : quartz

Milieu transparent l'indice de réfraction est réel et ≥ 1

Milieu dispersif l'indice de réfraction et la vitesse de la lumière dans le milieu dépendent du λ (et du f) de l'onde. Pour un rayonnement visible dans un milieu transparent, on a une loi empirique (issue de l'expérimentation) qui relie n à λ . → la loi de Cauchy $n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \dots$

A, B, C sont des constantes

Optique géométrique

L'optique géométrique introduit la notion de rayon lumineux. Le rayon lumineux est le trajet de la lumière pour aller d'un point à un autre. Le principe de Fermat est à la base de l'optique géométrique.

Chemin optique

Chemin optique élémentaire (élément différentiel)

$$dL = n.ds \rightarrow dL = \frac{c}{v}.ds = c.dt$$

dt le temps de parcours de la lumière dans le milieu considéré/

→ dL est donc la distance qu'aurait parcouru la lumière dans le vide pendant le temps dt dans le milieu considéré.

Principe de Fermat

Énoncé :

Entre deux points A et B atteints par la lumière, le chemin optique le long du trajet suivi par la lumière est minimal.

Conséquence immédiate :

- Dans un milieu homogène ($n = \text{constante}$, la lumière se propage en ligne droite.

$$\begin{aligned} L = (AB) &= [AB] = \int_A^B n \cdot ds \\ &= n \int_A^B ds \\ &= n \widehat{AB} \end{aligned}$$

Or L doit être minimal $\rightarrow L = nAB$

- Le trajet suivi par la lumière est indépendant des sens de parcours (principe de retour inverse de la lumière).

$$L(AB) = \int_A^B n \cdot ds = \int_B^A n \cdot (-ds) = L(BA)$$

Stigmatisme

Système optique ensemble de dioptries et/ou miroirs.

Systèmes optiques centrés l'ensemble des composants du système présents sur un axe de révolution.

Axe optique c'est le tracé d'un rayon lumineux qui n'est pas dévié durant la traversée du système optique centré.

Centre optique O c'est un point du système optique centré tel que tous rayons incidents passant par O correspondent à un rayon transmis parallèle.

Pour une lentille mince, l'épaisseur de celle-ci, est par définition très inférieure au rayon de courbure des dioptries et donc négligeable.

Stigmatisme rigoureux lorsque le rayon issu d'un point A, dit point objet immergé d'un système optique, passant par un point, dit point image.

Lorsque le système optique fait converger les rayons issus d'un point A vers un point A' extérieur au système optique (après le dioptrie du système optique), on dit que A' est l'image réelle du point A. Lorsque A' est avant le dioptrie de sortie (dans le système optique), A' est l'image virtuelle de A.

$$L(AA') = nAI + nII' + n'I'A'$$

$$L(AA') = nAJ + nJJ' + n'J'A'$$

$$L(\overline{AA'}) = n\overline{AI} + n\overline{II'} + n'\overline{I'A'}$$

$$L(\overline{AA'}) = n\overline{AJ} + n\overline{JJ'} + n'\overline{J'A'}$$

La notation précédente permet de noter les distances algébriquement, c'est à dire positivement si dans le sens de propagation et négativement dans le sens opposé.

Bien que A' soit virtuel pour le système divergent et à l'intérieur du système optique, l'indice de réfraction affecté à I'A' et J'A' est bien celui de l'espace de sortie.

On parle de système approximativement stigmatique s'il donne de l'ensemble des rayons issus d'un point objet, un ensemble de points images très rapprochés.

En pratique, on peut obtenir un stigmatisme approché dans les conditions de Gauss.

L'approximation de Gauss est applicable à un système centré pour des rayons peu inclinés sur l'axe optique et s'écartant peu de celui-ci. Ces rayons sont dits paraxiaux.

Conditions de Gauss :

- Système optique centré
- Rayons paraxiaux

Parmi des systèmes optiques stigmatiques ou stigmatiques approchés, les lentilles sont des systèmes à foyer par opposition aux systèmes afocaux.

Le foyer principal objet F est le point objet sur l'axe optique dont l'image se trouve à l'infini.

Le foyer principal image F' est l'image d'un point objet situé à l'infini.