

Partie 2  
*Optique géométrique*

Sidi M. Khefif

Département de Physique  
EPST Tlemcen

13 janvier 2013

# Chapitre 1 : Introduction

## Définition

L'optique est la science de la lumière.

## 1. Jalons historiques

- ▶ 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> siècle ap. J.C. : L'étude de la lumière a commencé avec les Grecs de l'école d'Alexandrie en Egypte : Euclide, Héron l'Ancien, Ptolémée.
- ▶ Euclide est le 1<sup>er</sup> à utiliser le terme *optique* dans son livre sur la perception visuelle.
- ▶ 11<sup>e</sup> siècle : Alhazen (ابن الهيثم) dans *كِتَابُ الْمَنَاطِرِ* a établi les fondements de l'optique moderne.
- ▶ 11<sup>e</sup> siècle : Al-Biruni (البيروني) a découvert que la vitesse de la lumière est supérieure à celle du son.

- ▶ 17<sup>e</sup> siècle : Snell et Descartes ont découvert la loi de la réfraction.
- ▶ 1637 : Descartes a défendu la nature corpusculaire de la lumière (*La Dioptrique*).
- ▶ 1678 : Huygens a opté pour la nature ondulatoire de la lumière (*Traité de la Lumière*).
- ▶ 1704 : Newton a défendu la nature corpusculaire *et* mécaniste de la lumière (*Traité d'Optique*).
- ▶ 1802 : Young a réalisé la 1<sup>re</sup> expérience d'interférence.
- ▶ 1870 : Maxwell a établi que les ondes lumineuses sont des ondes électromagnétiques (*Traité d'Électromagnétisme*).
- ▶ 1905 : Einstein a postulé que la vitesse de la lumière dans le vide est une limite supérieure à toutes les vitesses, l'hypothèse du photon et les lois d'absorption et d'émission : avènement de *la théorie quantique*.

## 2. Premières applications

- ▶ 1600 : Hans et Jansen ont inventé le 1<sup>er</sup> microscope.
- ▶ 1609 : Galilée a inventé la 1<sup>re</sup> lunette à réfraction.
- ▶ 1611 : Kepler a également construit une lunette à réfraction.
- ▶ 1676 : Römer a mis en évidence la vitesse limite de la lumière.
- ▶ 1804 : Wollaston a utilisé des lentilles pour corriger la vue.
- ▶ 1960 : Maiman a mis en place le 1<sup>er</sup> LASER.
- ▶ 1963 : Martins a inventé le premier endoscope à base de fibre optique.
- ▶ 2012 : Capasso *et al.* ont fabriqué la 1<sup>re</sup> lentille ultra-plate dépourvue de toute distorsion.

### 3. Branches de l'optique

- ▶ L'optique *géométrique*.
- ▶ L'optique *ondulatoire* (*physique*).
- ▶ L'optique *quantique*.

### 3.a. L'Optique géométrique

- ▶ *Elle fait l'objet de notre cours.*
- ▶ Elle a été développée entre le 11<sup>e</sup> et le 18<sup>e</sup> siècle.
- ▶ Elle étudie la propagation de la lumière et la formation des images.
- ▶ Elle utilise la notion de *rayon lumineux*, les lois de la *propagation rectiligne*, de *réflexion* et de *réfraction*.
- ▶ Son champ d'application est très vaste : L'observation des corps très petits (microscopes), très grands (télescopes), très rapides (caméras ultra-rapides), médecine (endoscopes), télécommunications (fibres optiques), topographie, ...

### 3.b. L'Optique ondulatoire

- ▶ Elle a été développée au cours du 19<sup>e</sup> siècle.
- ▶ Elle étudie la propagation de la lumière comme une *onde*.
- ▶ Elle utilise les notions d'*interférence*, de *diffraction*, de *diffusion*, ...
- ▶ Elle fait l'objet du module *Physique 4* (2<sup>e</sup> année).
- ▶ Les mesures de très haute précision (doppler), spectroscopie, analyse chimique, astrophysique, métallurgie, ...

### 3.c. L'Optique quantique

- ▶ Elle a été développée au cours du 20<sup>e</sup> siècle.
- ▶ Elle étudie l'interaction du rayonnement avec la matière.
- ▶ Développement des MASER, LASER, l'holographie, les images 3D, ...



## 4. Principes de base de l'optique géométrique

### 4.1 Nature de la lumière

- ▶ Depuis les travaux de Maxwell, on sait que la lumière est une *onde électromagnétique*.
- ▶ Einstein a démontré, également, que la lumière est un ensemble de particules sans masses appelés *photons*.
- ▶ Ainsi, *la lumière est une onde-particule*.

## 4.2 Propriétés de la lumière

- ▶ Une lumière *monochromatique* (une seule couleur) se caractérise par trois nombres :
  - ▶ *La fréquence*  $\nu$  ( Hz). Elle représente la fréquence de variation du champ électrique,
  - ▶ *La période*  $T$  ( s), avec  $T = \frac{1}{\nu}$ ,
  - ▶ *La longueur d'onde*  $\lambda$  ( m), avec  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ , où  $c$  est la célérité de la lumière dans le vide.
- ▶ La lumière *visible* comprend les longueurs d'ondes allant de **360 nm** (violet) et **830 nm** (rouge).
- ▶ Cette gamme de longueurs d'ondes n'est qu'une infime partie du spectre électromagnétique.

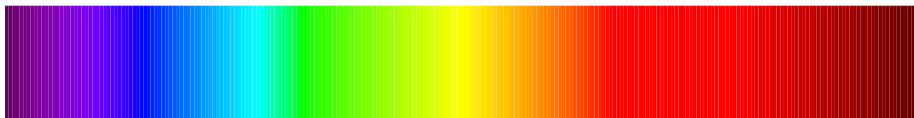


FIGURE: Spectre de la lumière visible

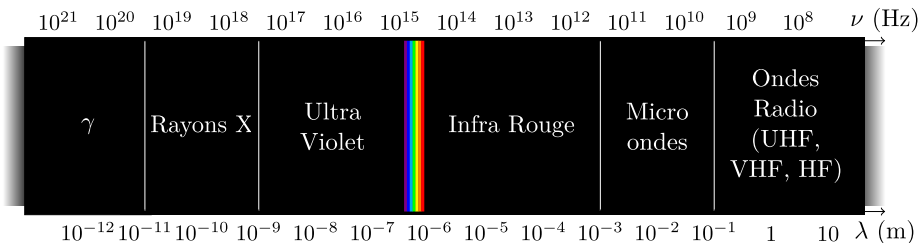


FIGURE: Spectre électromagnétique

*Attention !*

*On caractérise une onde lumineuse (une couleur) par sa fréquence ou par sa longueur d'onde dans le vide.*

## 4.2 Propriétés de la lumière (suite)

- ▶ Une onde électromagnétique, et donc la lumière, se propage *dans le vide* à la vitesse  $c = 299.792.458 \text{ m s}^{-1}$ .
- ▶ La *mesure expérimentale* la plus connue de  $c$  est celle réalisée par H. Fizeau en 1849.
- ▶ Dans tout autre milieu, la lumière se propage moins vite que dans le vide ( $v < c$ ).
- ▶ On définit, alors, *l'indice de réfraction* (indice optique) du milieu par  $n = \frac{c}{v} \geq 1$ .
- ▶ Quelques indice de réfraction :  
 $n_{\text{vide}} = 1$ ,  $n_{\text{eau}} = 1.3$ ,  $n_{\text{verre}} = 1.5$ ,  $n_{\text{diamant}} = 2.42$ .

## 4.2 Propriétés de la lumière (suite)

- ▶ **Attention** : l'indice de réfraction dépend de la couleur de la lumière (fréquence). Les valeurs de  $n$  sont souvent données par rapport à une (seule) couleur de référence (jaune du doublet du sodium).

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{v}{c} \frac{c}{\nu} = \frac{\lambda_0}{n}.$$

- ▶ On peut dire que plus la fréquence est grande (plus la longueur d'onde est petite), plus la vitesse de propagation est faible, et donc, plus l'indice du milieu est grand.
- ▶ À noter que pour un milieu transparent *inhomogène*, l'indice  $n$  dépend du point de l'espace considéré (mirages).

## 4.3 Éléments de base de l'optique géométrique

- ▶ La notion de base de l'optique géométrique est le *rayon lumineux* : C'est la ligne suivant laquelle l'énergie lumineuse se propage.
- ▶ Dans les milieux homogènes, la lumière se propage en *lignes droites* à partir de la *source* jusqu'au *récepteur*.
- ▶ En passant d'un milieu transparent à un autre, la propagation de la lumière n'est pas rectiligne : elle subit une *réfraction*.
- ▶ La propagation n'est pas rectiligne, si la lumière passe par de petites ouvertures, si elle rencontre de petits obstacles ou même si elle se propage près du bord d'un grand obstacle : elle subit une *diffraction*.
- ▶ Les fluctuations locales de température, de densité ou de composition chimique sont sources d'hétérogénéités induisant la *diffusion* de la lumière dans toutes les directions : vapeur, brouillard, nuages, couleur bleue du ciel, ...
- ▶ Nous admettons, également, que *les rayons lumineux sont indépendants*. La direction d'un rayon n'est pas affectée par celle des autres rayons.

## 4.3 Éléments de base de l'optique géométrique (Suite)

### Hypothèse de travail :

*À la limite où la longueur d'onde est beaucoup plus petite que les distances caractéristiques du système, les lois de l'optique géométrique sont alors valables.*

### Références :

- ▶ *Optique*, S. Houard, éditions de boeck, 2011.
- ▶ *Optique géométrique*, T. Bécherrawy, éditions de boeck, 2006.
- ▶ *Geometrical and Trigonometric Optics*, E. L. Dereniak, T. D. Dereniak, Cambridge University Press, 2008.
- ▶ physagreg.fr
- ▶ Images sous licence Creative Commons 3.0

