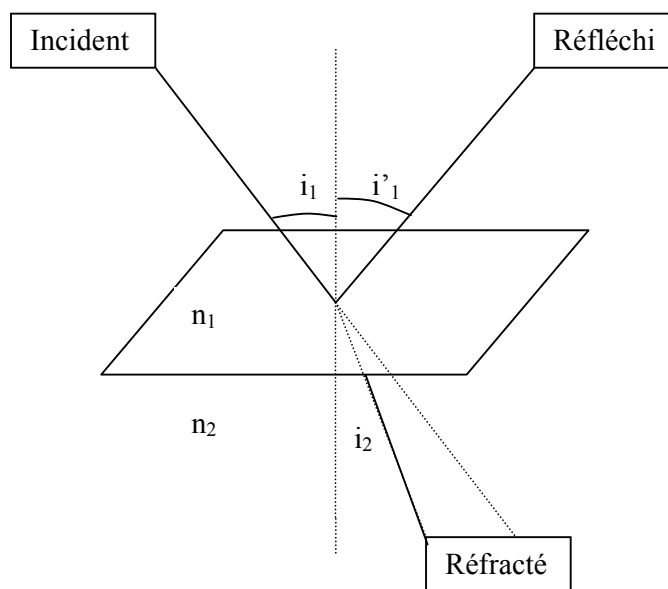


LES BASES DE L'OPTIQUE GEOMETRIQUE

Modèle applicable à des milieux transparents, homogènes et isotropes :

- La lumière se propage suivant des trajectoires appelées **rayons lumineux** ; les rayons issus d'une même source ou de sources (ponctuelles) distinctes se propagent **indépendamment** les uns des autres (*principe de l'indépendance des rayons lumineux*)
- La lumière se propage en ligne droite : les rayons sont **rectilignes** (*principe de propagation rectiligne de la lumière*)
- A la surface de séparation (dioptre) entre deux milieux, un rayon incident peut être **réfléchi** et/ou **réfracté** (ou transmis). Les directions des rayons réfléchis et réfractés obéissent aux **lois de SNELL-DESCARTES** :
- u transmis). Les directions des rayons réfléchis et réfractés obéissent aux **lois de SNELL-DESCARTES** :



- **Lois de la réflexion :**

- le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence
- $i_1 = i'_1$

- **Lois de la réfraction :**

- le rayon réfracté est dans le plan d'incidence
- $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

- Le trajet suivi par la lumière entre deux points situés sur un même rayon est **indépendant du sens de propagation** de la lumière entre ces deux points (*principe du retour inverse de la lumière*)

Remarques :

- Les principes de propagation rectiligne et du retour inverse de la lumière ainsi que les **lois de SNELL-DESCARTES** (1620 à 1637) peuvent être établis à partir du **principe de FERMAT** (1658) relatif au temps de propagation. Ce principe défini à l'origine comme un principe de moindre temps est aujourd'hui reformulé de la manière suivante :

Pour aller d'un point à un autre, la lumière suit, parmi toutes les trajectoires possibles, celle dont le **temps de parcours est extrémal** ou en d'autres termes **celle pour laquelle le chemin optique est stationnaire**.

- Le principe de Fermat peut être démontré à partir des équations de Maxwell, dans le cas particulier où les champs électromagnétiques (\vec{E} et \vec{H}) et les caractéristiques du milieu (ϵ et μ) varient peu à l'échelle de λ ($\omega \rightarrow 0$ ou $\lambda \rightarrow 0$).
L'équation iconale qui décrit les milieux inhomogènes peut aussi être déduite du principe de Fermat ou directement des équations de Maxwell.
- La lumière se propage à la vitesse c dans le vide et à la vitesse $v < c$ dans un milieu matériel ; ces vitesses sont indépendantes de la direction. **L'indice du milieu** est défini par le rapport (nombre sans dimension et sans unité) $n = c/v$. Cet indice est toujours supérieur ou égal à 1 et il dépend de la longueur d'onde.
- L'optique géométrique est la limite vers laquelle tend l'optique ondulatoire lorsque la longueur d'onde λ de la lumière devient petite devant les dimensions des obstacles interposés sur son trajet (ouvertures ou diaphragmes) : un effet n'est « vu » par une onde que si cet effet a une dimension D comparable à la longueur d'onde (échelle de mesure pour une onde) ; s'il est de grande dimension, les variations à l'échelle de λ ne sont pas perceptibles (car l'aspect ondulatoire disparaît, on ne voit qu'un effet moyenné sur la distance D) ; idem s'il est très petit devant λ (car la vibration est alors d'amplitude pratiquement constante sur la distance D).

Ainsi l'optique géométrique est un **modèle** qui permet de caractériser la propagation de la lumière en utilisant uniquement des constructions géométriques ce qui revient à négliger son caractère ondulatoire (vrai si $\lambda \ll D$). Cette approche constitue une bonne approximation des solutions des équations de Maxwell (qui décrivent la propagation des ondes électromagnétiques) tant que les caractéristiques des milieux (?) varient peu à l'échelle de λ .

L'optique géométrique permet d'étudier très simplement la trajectoire des rayons lumineux et la formation des images, dans des situations où la résolution des équations de Maxwell est trop complexe pour être envisageable.

- L'optique géométrique repose sur la notion de rayon lumineux qui est une notion très abstraite et idéalisée car sa matérialisation est expérimentalement impossible. Le rayon lumineux correspond à la direction de propagation de l'énergie (direction du vecteur de Poynting). Ce rayon est normal aux surfaces d'onde.
- Les **ondes** dites **lumineuses** sont les ondes électromagnétiques détectées par l'œil humain c'est à dire celles qui constituent le spectre visible (de 400 à 800 nm).

- Les lois de l'optique géométrique concernent le domaine des ondes électromagnétiques allant de l'ultraviolet à l'infrarouge (~ 0.1 à $100 \mu\text{m}$) c'est à dire du domaine où λ est grand vis à vis des distances inter atomiques (le milieu est alors considéré comme continu pour l'onde) et petit vis à vis des dimensions géométriques des systèmes utilisés (les phénomènes de diffraction sont alors négligeables).

Les lois de Snell-Descartes concernent également les **ondes acoustiques** : dans ce cas il faut remplacer n par c/v $\Rightarrow v_2 \sin i_1 = v_1 \sin i_2$

- En physique, le mot principe est synonyme de loi

Cadre général de l'optique

	Optique géométrique	Optique ondulatoire	Optique quantique
Echelle des systèmes	$\gg \lambda$	$\sim \lambda$ ou $< \lambda$	$\ll \lambda$
Modèle	Rayon lumineux	Onde lumineuse	Corpuscule (photon)
Domaine concerné	Formation des images	Effets de phase	Interactions lumière-matière
Sujets d'étude	Réflexion Réfraction Dispersion Photométrie	Interférence Diffraction Diffusion Polarisation	Emission de lumière (lasers) Récepteurs de lumière Effet photoélectrique Effets optiques non linéaires
Historique	Kepler (1611) Snell (1621) Descartes (1637) Fermat (1657) Newton (1666)	Grimaldi (1665) Huygens (1678) Fresnel (1821) Young Faraday Maxwell (1876)	Newton (1704) Hertz (1887) Planck (1900) Bohr (1913) Einstein (1905) De Broglie (1923) Heisenberg (1925) Schrödinger (1926)

Cadre de l'optique géométrique enseignée en 1^{ère} année

L'**objectif** du cours de 1^{ère} année est de comprendre le fonctionnement des appareils d'optique usuels : loupe, microscope, lunette, appareil photographique..., c'est à dire de comprendre comment se forment les **images** à travers ces appareils.

Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire d'étudier :

- La propagation d'une lumière monochromatique à travers différents milieux et notamment le phénomène de réflexion et de réfraction aux interfaces.
- Le phénomène de dispersion de la lumière blanche par certains systèmes optiques.
- Les éléments constituants d'un appareil d'optique : miroirs (plans, sphériques,...), dioptrés (plans, sphériques,...), lentilles (convergentes, divergentes)