

## Optique

- Présentation 1
- Lumière et propagation 2
- Optique géométrique 2
- Système optique 3
- Œil 3
- Lentilles sphériques 4

## Dualité onde-corpuscule

- onde électromagnétique (EM) de célérité  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- particules nommées photons de masse nulle, d'énergie  $E = h\nu$ , d'impulsion  $p = \frac{h\nu}{c}$ , de vitesse  $c$ .

## Sources lumineuses

- Thermiques : tout corps chauffé émet un rayonnement EM de spectre continu.  $T \uparrow \Leftrightarrow \lambda \rightarrow \lambda_{\text{max}} \downarrow$
- spectrales : spectre discontinu caractéristique de l'élément X.
- laser : Laser Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Se compose d'un oscillateur émettant spontanément, d'une cavité réfléchissante (amplificateur) et d'un milieu actif (fonctionne comme filtre passe-bande).  
pts : très directif, monochromatique

► sources primaires (émission)  $\neq$  secondaires (absorption et diffusion)

## Milieu transparent, homogène, isotrope (MHTI)

absorption négligée      indép. de l'endroit      indép. de direction de lumière

## Indice de réfraction $n$

$$n = \frac{c}{v_{\text{lumière}}}$$

► Plus  $n$  est grand, plus le milieu est réfringent

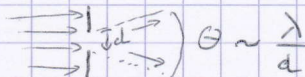
► Milieu	vide	air	eau	verre	diamant
Indice	1	$\approx 1$	1,3	1,5 $\rightarrow$ 1,8	2,4

► Loi de Cauchy : pour la plupart des milieux, il existe  $A, B$  tq 
$$n(\lambda_0) = A + \frac{B}{\lambda_0^2}$$
 pour tout  $\lambda_0$ .



**Optique géométrique** étudie des rayons lumineux

► Diffraction si  $d \leq 1 \text{ mm}$ :



$$\theta \sim \frac{\lambda}{d}$$

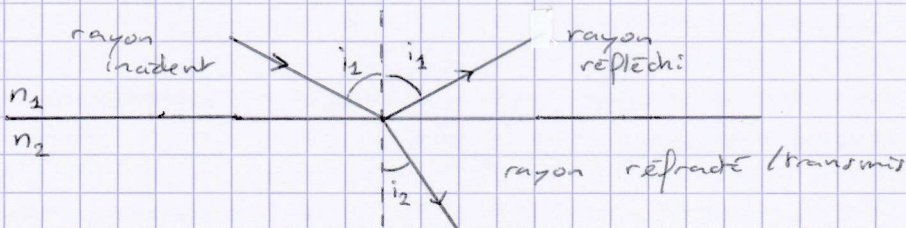
**Rayon lumineux** : courbe limite que suivrait la lumière si l'on pouvait diaphragmer

- Indépendants  $\rightarrow$  additifs
- Principe de Fermat / de moindre temps:  $\rightarrow$  dans MHTI la lumière se propage en ligne droite.
- Principe de retour inverse de la lumière

► Énoncer les propriétés utilisées

**Dioptre** : surface séparant deux MHTI d'indices différents

► Point d'incidence, plan d'incidence, normale



**Loi de Snell-Descartes**

$$n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$$

↳ Trouver le  $x$  minimisant le temps de trajet ci-contre:



► Réflexion totale / Réfraction limite, rayon réfracté rasant

**Système optique** ensemble de dioptries et de catadioptries limité par des surfaces d'entrée et de sortie.

- centré  $\Leftrightarrow$  possède un axe de symétrie de révolution qui définit l'axe optique  $\Delta$

## Stigmatisme pour le couple $(A, A')$ de $(S)$

Lorsque tout rayon émis en  $A$  et passant par  $(S)$  passe par  $A'$ . Il existe alors une relation de conjugaison que l'on note :

$$\underset{\text{(antécédent de } A')}{A} \xrightarrow{(S)} \underset{\text{(image conjuguée de } A)}{A'}$$

- Toujours faire un schéma synoptique
- S'il n'y a pas stigmatisme, une tâche se forme : on parle d'aberration géométrique.
- Stigmatisme approché :  $i \ll 1 \text{ rad}$ ,  $i \leq 6^\circ$   
ou taille tâche  $\leq$  taille pixel
- Aplatissement approché :  $AB \perp \Delta \xrightarrow{(S)} A'B' \perp \Delta$   
Grandissement  $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$

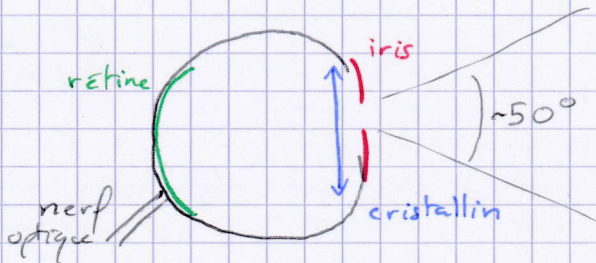
**Conditions de Gauss** rayons paraxiaux, c'est-à-dire proche de  $\Delta$  et faiblement incliné par rapport à  $\Delta$ .

**Foyer** objet  $F$  image  $F'$   $t_g$   $t_g$   $F \xrightarrow{(S)} \infty$   $\infty \xrightarrow{(S)} F'$

**Plan focal** objet  $\Pi_F$  image  $\Pi_{F'}$   $t_g$   $t_g$   $F \in \Pi_F$ ,  $\Pi_F \perp \Delta$   $F' \in \Pi_{F'}$ ,  $\Pi_{F'} \perp \Delta$

**Foyers secondaires** objet  $F_2$  image  $F_2'$   $t_g$   $t_g$   $F_2 \in \Pi_F$   $F_2' \in \Pi_{F'}$





## Description

- Cristallin** lentille convergente  $p' = 2\text{ cm}$   
**Rétine** surface photosensible  $\begin{cases} 7 \cdot 10^6 \text{ cônes (centre)} \\ 120 \cdot 10^6 \text{ bâtonnets (ext.)} \end{cases}$   
**Iris** Diaphragme permettant de moduler la quantité de lumière entrante

## Propriétés

- Champ angulaire ( $\sim 50^\circ$ ) et 2 yeux  $\leadsto$  impression de relief
- Profondeur de champ: PP-PR avec  
 Punctum Proximum:  $d_{\min}$  quand oeil accomode ( $\sim 25\text{ cm}$ )  
 Punctum Remotum:  $d_{\text{repos}}$  de vision ( $\infty$ )
- Pouvoir séparateur:  $3 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$

## Defauts

- Myopie  $\Leftrightarrow$  oeil trop convergent  $\Leftrightarrow$  PR  $< \infty$
- Hypermétropie  $\Leftrightarrow$  oeil trop peu cvg  $\Leftrightarrow$  PP  $> 25\text{ cm}$
- Presbytie  $\Leftrightarrow$  oeil accomode mal
- Astigmatisme  $\Leftrightarrow$   $\nabla$  symétrie de révolution

**Lentille sphérique** : portion de MHTI délimitée par 2 dioptries sphériques centrés sur  $\Delta$

► Distance focale  $f' = \overline{OF'} = -\overline{OF}$   
Vergence  $v = \frac{1}{f'}$

► Lentilles minces accolées :  $\{L_1, L_2\}_{\text{accollées}} = L_{\text{eq}}$  de vergence  $v_{\text{eq}} = v_1 + v_2$

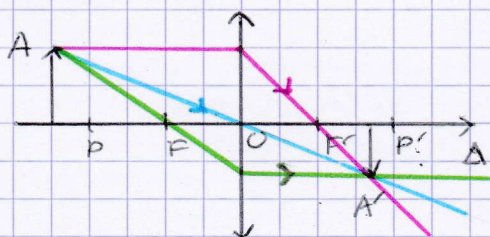
► Permet de mesurer la focale d'une lentille

► Avant  $O$  : objets réels, images virtuelles  
Après  $O$  : objets virtuels, images réelles

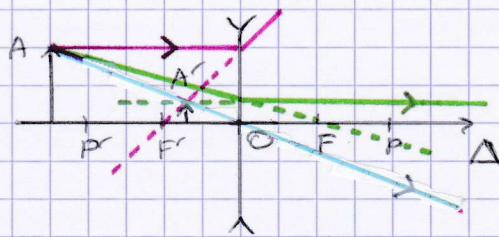
► Pour déterminer la position d'une image, tracer

- Un rayon arrivant de l'infini (passant par  $F'$ )
- Un rayon passant par  $O$  (non dévié)
- Un rayon allant à l'infini (passant par  $F$ )

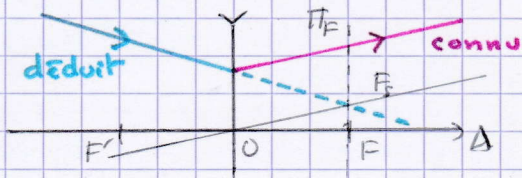
### Lentille convergente



### Lentille divergente

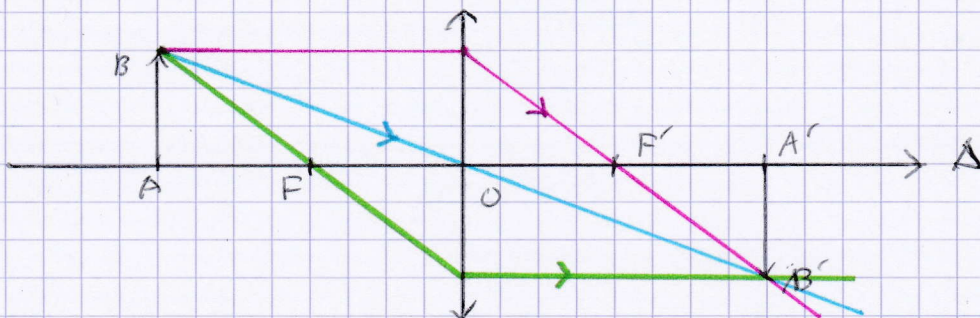


► Connaître le rayon sortant (resp. incident) d'un rayon incident (resp. sortant) quelconque : utiliser le fait que les rayons issus de  $F_s$  sortent parallèles / des rayons arrivant en  $F_s'$  arrivent parallèle puis tracer le rayon non dévié, i.e. passant par  $O$ .





# OPT



- ▶ C'est le "montage 4f" : système le plus compact permettant d'avoir objet et image réels. On a alors  $|AA'| = 4|p|$

## Trigonométrie

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}} = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

Newton  $\overline{F'A'} - \overline{FA} = \overline{FO} \times \overline{F'O} = p \times p' = -p'^2$

↳ cf trigonométrie

## Descartes

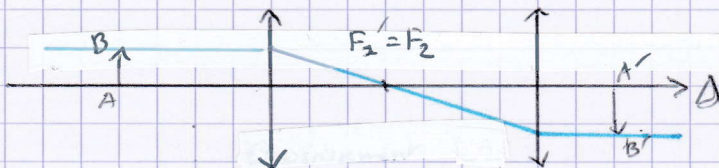
$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{p'}$$

↳ Newton  $\leadsto$  Chasles  $\leadsto$  diviser par  $\overline{OA} \overline{OA'} p'^2$

## Système apocal

ou  $\xrightarrow{CS} \infty$

▶  $\gamma = \frac{-p_2'}{p_2}$



▶ Grossissement  $G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{p_2'}{p_2} = -\frac{1}{\gamma}$