O3 | Optique

Instruments optiques

Prérequis

- Stigmatisme : image d'un point est un point — O2
- Relation de *Snell-Descartes* pour la réflexion et réfraction — O1
- Relation de conjugaison de Descartes — O2
- Lentille : objet, image, foyers, tracés de rayons — O2
- Trigonométrie — math

Plan

I. L'oeil
- I.A. Anatomie de l'œil
- I.B. Plage d'accommodation
- I.C. Pouvoir séparateur
- I.D. Défauts de l'œil

II. Fibre optique

III. Instruments à deux lentilles
- III.A. Lunette astronomique
- III.B. Microscope

IV. L'appareil photo numérique

Figure de cours

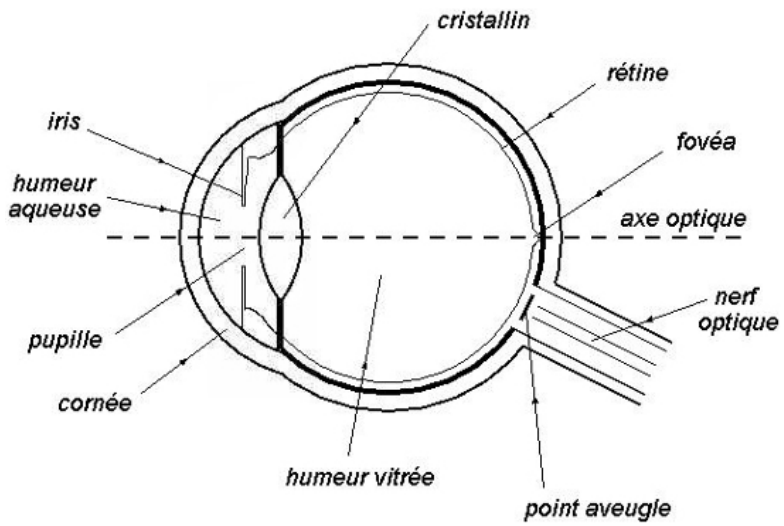

FIGURE 1 – Schéma d'un oeil.

Savoirs

- Modélisation de l'œil : cristallin + rétine — I
- Pouvoir séparateur de l'œil : $\alpha \simeq 1'$ — I
- Plage d'accommodation de l'œil : du ponctum proximum ($\simeq 20/25\text{cm}$) au ponctum remotum ∞ — I
- Modèle de la fibre à saut d'indice — II
- Modèle de la lunette astronomique : deux lentilles objectif et oculaire — III

- Modèle du microscope : deux lentilles objectif et oculaire — III
- Système afocal : la lunette astronomique oui, le microscope non — III
- Modèle de l'appareil photo numérique : lentille, diaphragme, capteur CCD — IV
- Profondeur de champ — IV

Savoir-Faire

- Utiliser le pouvoir séparateur de l'œil : déterminer la taille du plus petit objet discernable à une distance donnée — I
- Déterminer la condition de propagation des rayons dans une fibre optique à saut d'indice — II
- Déterminer l'ouverture numérique d'une fibre optique : $O.N. = n_i \sin\theta_i$ où n_i est l'indice du milieu par lequel entre le signal lumineux et θ l'angle d'incidence maximal sous lequel ce signal peut entrer dans la fibre — II
- Déterminer le grossissement d'une lentille astronomique — III
- Tracer les rayons au travers d'une lentille astronomique et d'un microscope — III
- Déterminer le grossissement commercial d'un microscope — III
- Déterminer la profondeur de champ à partir de la taille du diaphragme et d'un pixel — IV

Application 1 : À propos de l'œil

Énoncé

1. Rappeler le pouvoir séparateur α_0 de l'œil. Donner sa valeur en radian.
2. Déterminer la hauteur h du plus petit objet distinguable à
   1. $d = 25\,\text{cm}$
   2. $d = 5\,\text{m}$
   3. $d = 100\,\text{m}$
3. La distance entre le cristallin et la rétine vaut $\ell = 1{,}6\,\text{cm}$. Quelle est la plage de la focale du cristallin ?

Solution

1. $\alpha_0 = 1' = \dfrac{1}{60}\dfrac{\pi}{180} = 3 \times 10^{-4}\,\text{rad}$
2.

$$\tan(\alpha_0) = \frac{h}{d}$$
$$h \simeq \alpha_0 d$$

A.N. $h = 75\,\mu\text{m}$, $1{,}5\,\text{mm}$ et $3\,\text{cm}$.

3. $f' \in [1{,}5\,\text{cm}, 1{,}6\,\text{cm}]$

Application 2 : Fibre optique

Énoncé (Voir TD O1) Soit une fibre optique à saut d'indice, dont l'indice de cœur vaut n_c et l'indice dans la gaine vaut n_g.
1 À quelle condition sur les indices optiques peut-il y avoir réflexion totale ?
2 Déterminer à quelle condition sur l'angle d'incidence entre le coeur et la gaine, il y a propagation du signal dans la fibre.
3 En déduire le cône d'ouverture optique de la fibre : angle maxmimal avec lequel un signal entrant dans la fibre pourra s'y propager.
Solution (Voir TD O1)

Application 3 : Lunette astronomique

Énoncé
1 Montrer que si l'objet se situe à l'infini, et que l'image se situe à l'infini alors le foyer image de l'objectif et confondu avec le foyer objet de l'oculaire.
2 Exprimer le grossissement $G = \alpha'/\alpha$ de la lentille astronomique en fonction de focale f'_1 et f'_2.

Application 4 : Microscope

Énoncé
1 Faire le tracé optique d'un microscope. On indicera 1 l'objectif et 2 l'oculaire.
Nous donnons la relation de conjugaison de *Newton* : $\overline{F'A'FA} = -f'^2$.
2 Déterminer la position de l'objet en fonction de la longueur optique $\Delta = F'_1F_2$ et de la focale f'_1.
Nous définissons le grossissement commercial comme étant le rapport de l'angle perçu en sortie d'un microscope sur l'angle perçu à l'œil nu : $G_c = \alpha'/\alpha_{\text{oeil}}$
3 Déterminer G_c en fonction de Δ, f'_1 et f'_2.
Solution
1 Faire schéma
2 $\overline{F_1A} = -f_1'^2/\Delta$ d'où $\overline{O_1A} = -f'_1\left(f'_1/\Delta + 1\right)$.
3 Faire schéma œil nu. Exprimer les tangente des angles.
$G_c = -\dfrac{\Delta d_{pp}}{f'_1 f'_2}$ où d_{pp} est la distance au ponctum proximum