

VII - Instruments optiques

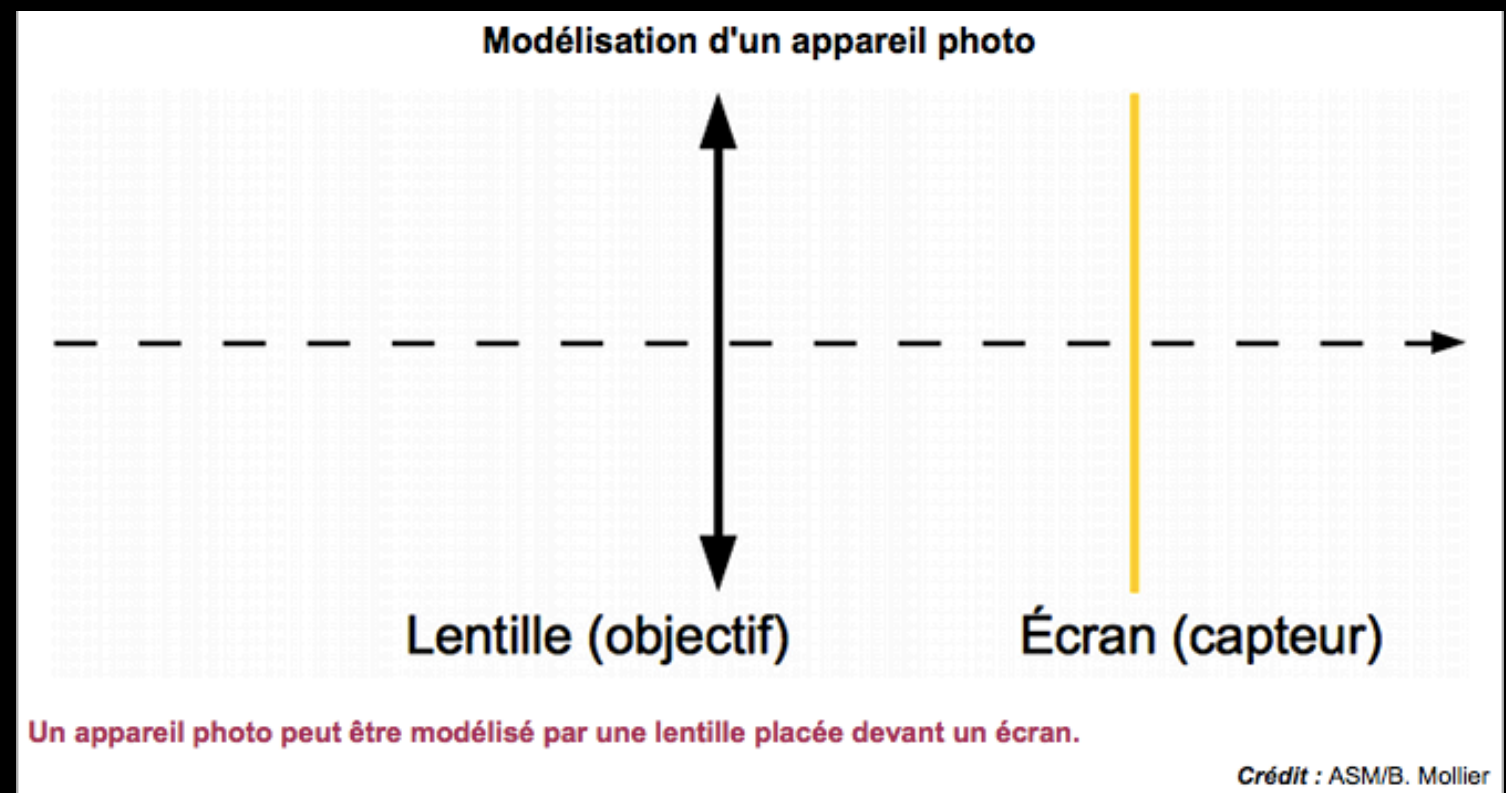
VII.1 Introduction

- Tous les instruments optiques ne forment pas des images, mais c'est ce sur quoi nous allons nous focaliser ici.
- On distingue deux types d'instruments optiques « imageurs » :
 - . Les systèmes objectifs : qui peuvent former directement l'image sur un écran. Par exemple : vidéo-projecteur, appareil photo.
 - . Les système subjectifs : qui renvoient l'image à l'infini. Ici, c'est l'œil qui forment l'image en son plan focal, sans besoin d'accommoder justement car l'image est à l'infini. Exemples : télescope, jumelles, microscope, et de manière générale tout ce qui possède un oculaire.

VII - Instruments optiques

VII.2 Exemple de système objectif : l'appareil photo (1)

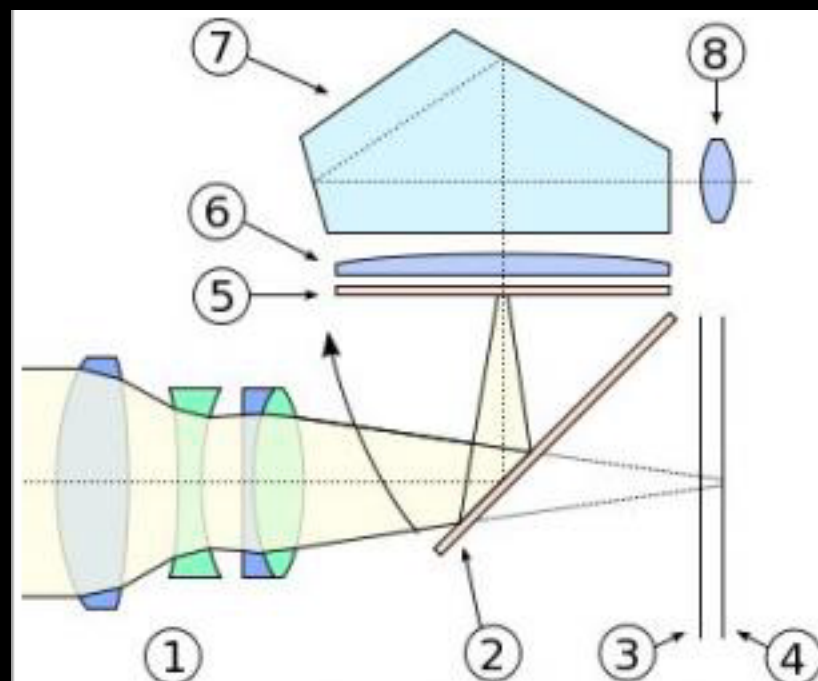
- Modélisation simple d'un appareil photo : une lentille (l'objectif) + un écran (le détecteur/capteur ou la pellicule photo).



VII - Instruments optiques

VII.2 Exemple de système objectif : l'appareil photo (2)

- En réalité il y a une grande quantité de composants optiques, servant notamment à corriger des aberrations - on est loin des conditions de Gauss en photographie standard (nécessité de champ, de luminosité)...



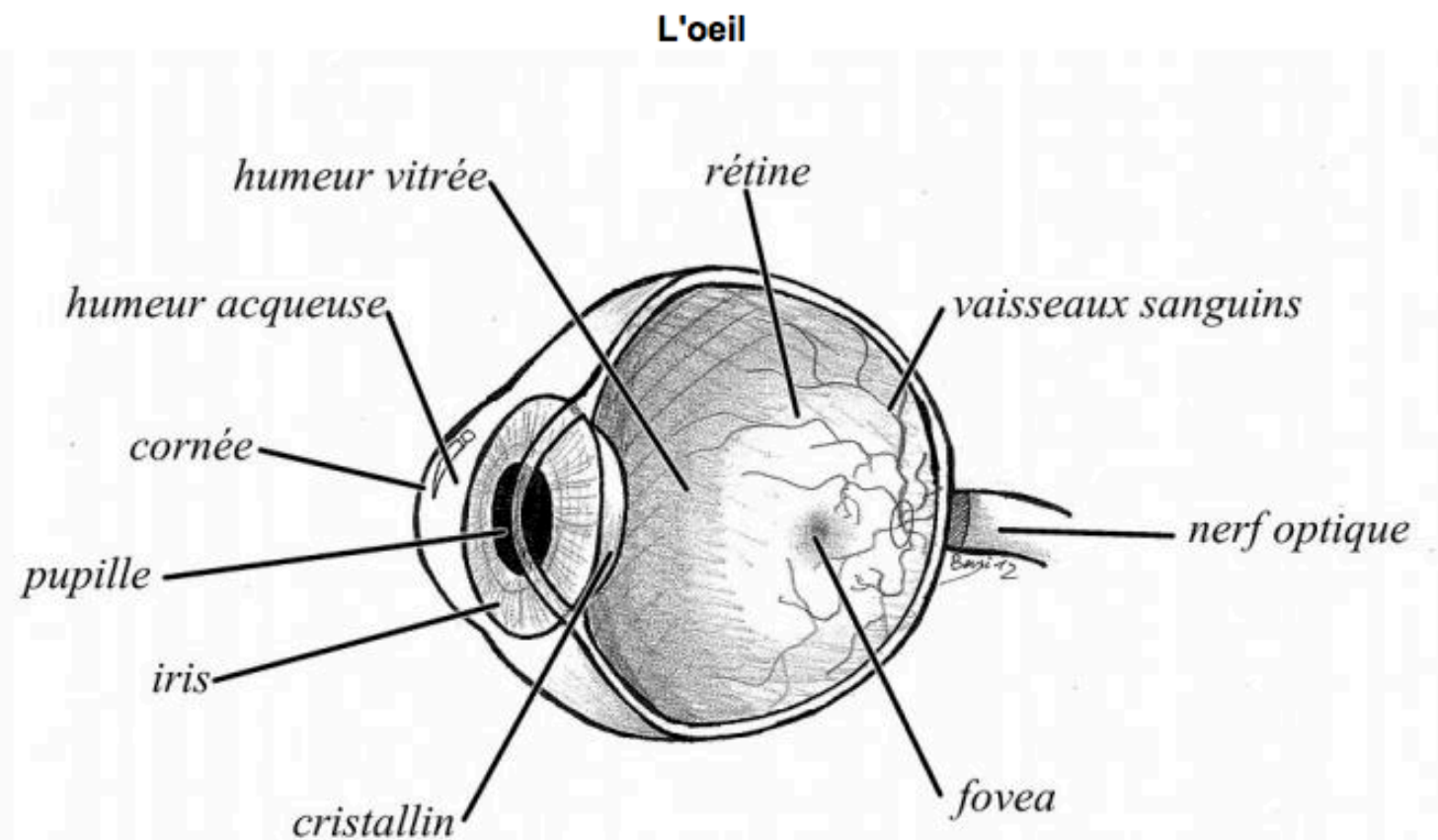
Coupe transversale d'un appareil photo reflex. -
1. Objectif - 2. Miroir abaissé (image visible dans
l'oculaire / le viseur) - 3. Obturateur focal - 4.
Capteur/Film - 5. Verre dépoli - 6. Condenseur -
7. Pentaprisme - 8. Oculaire/Viseur

Crédit : Colin M.L. Burnett, GFDL/CC BY-SA 3.0

VII - Instruments optiques

VII.3 L'œil

- Il est nécessaire d'étudier l'œil (que l'on va coller à un oculaire par exemple) en tant qu'instrument optique avant d'aborder les systèmes optiques dits subjectifs...

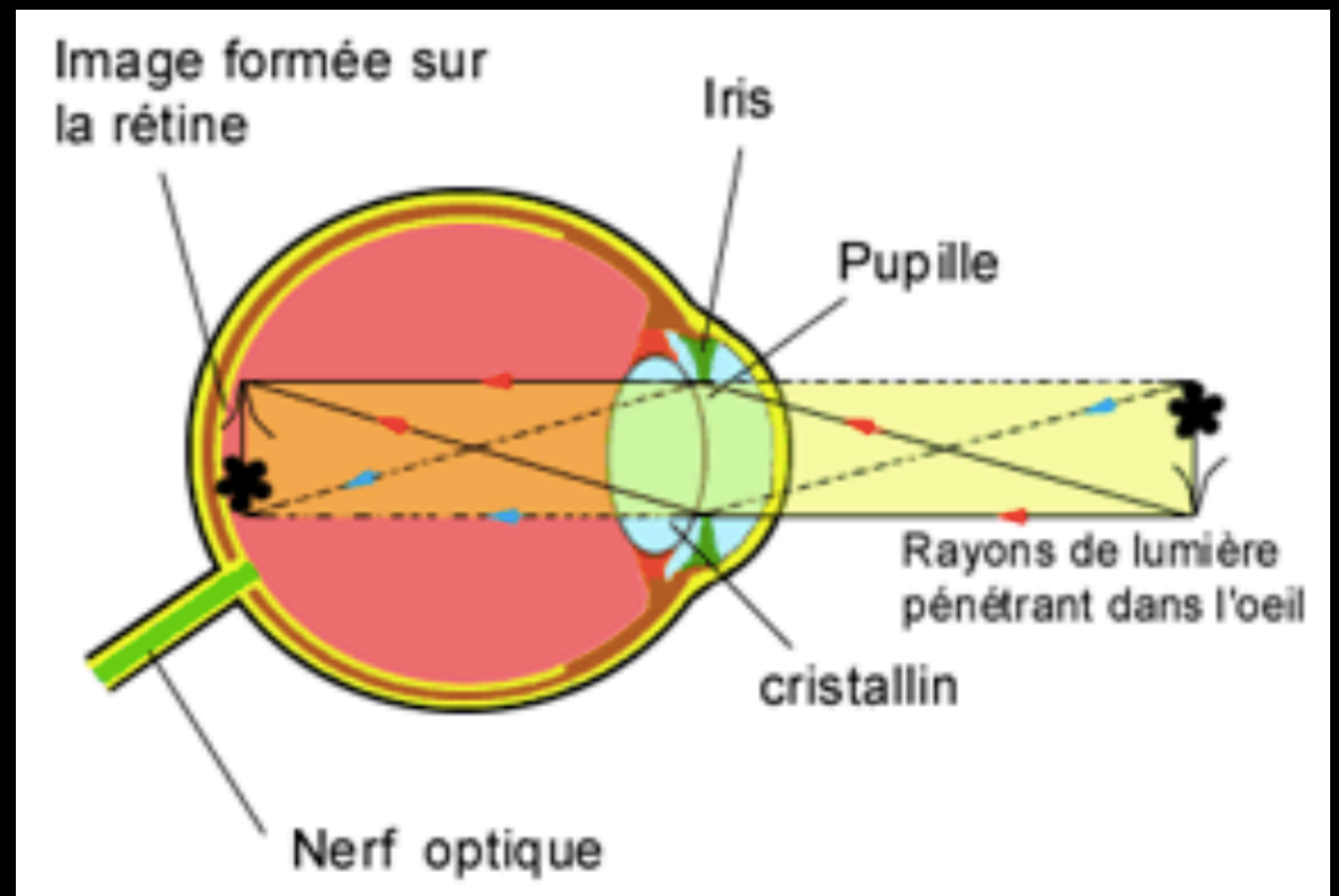
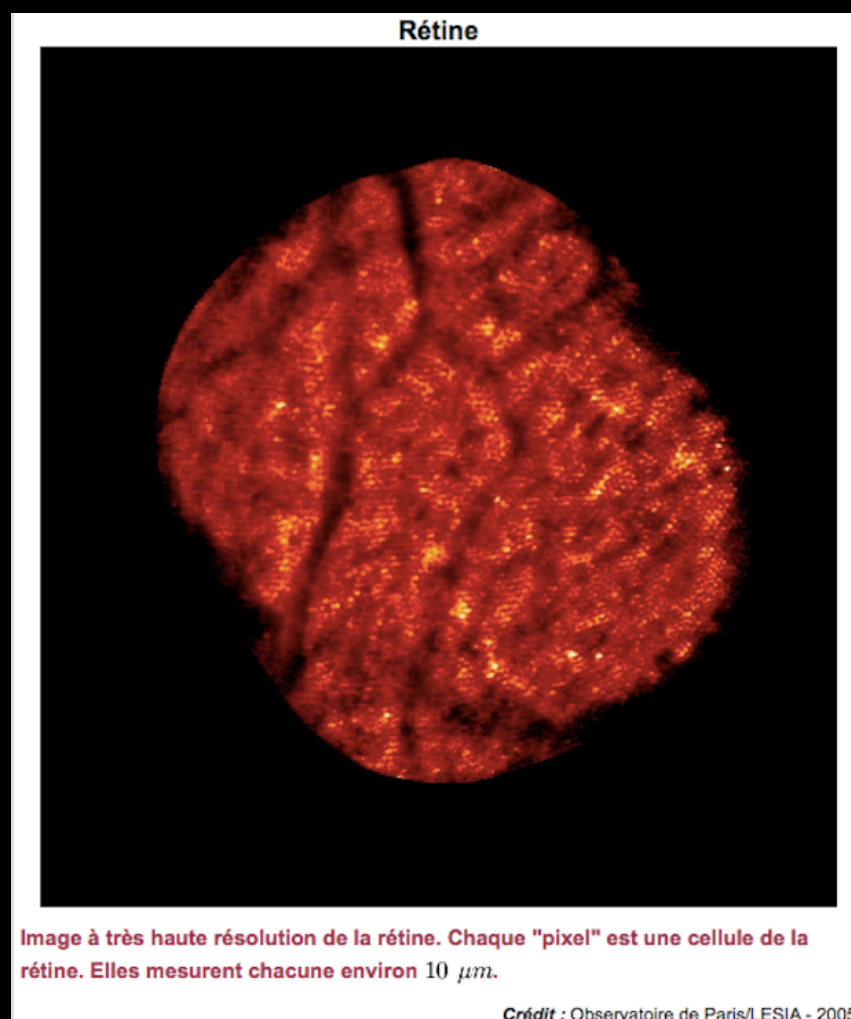


Coupe d'un oeil humain.

VII - Instruments optiques

VII.3.1 L'œil : modélisation (1)

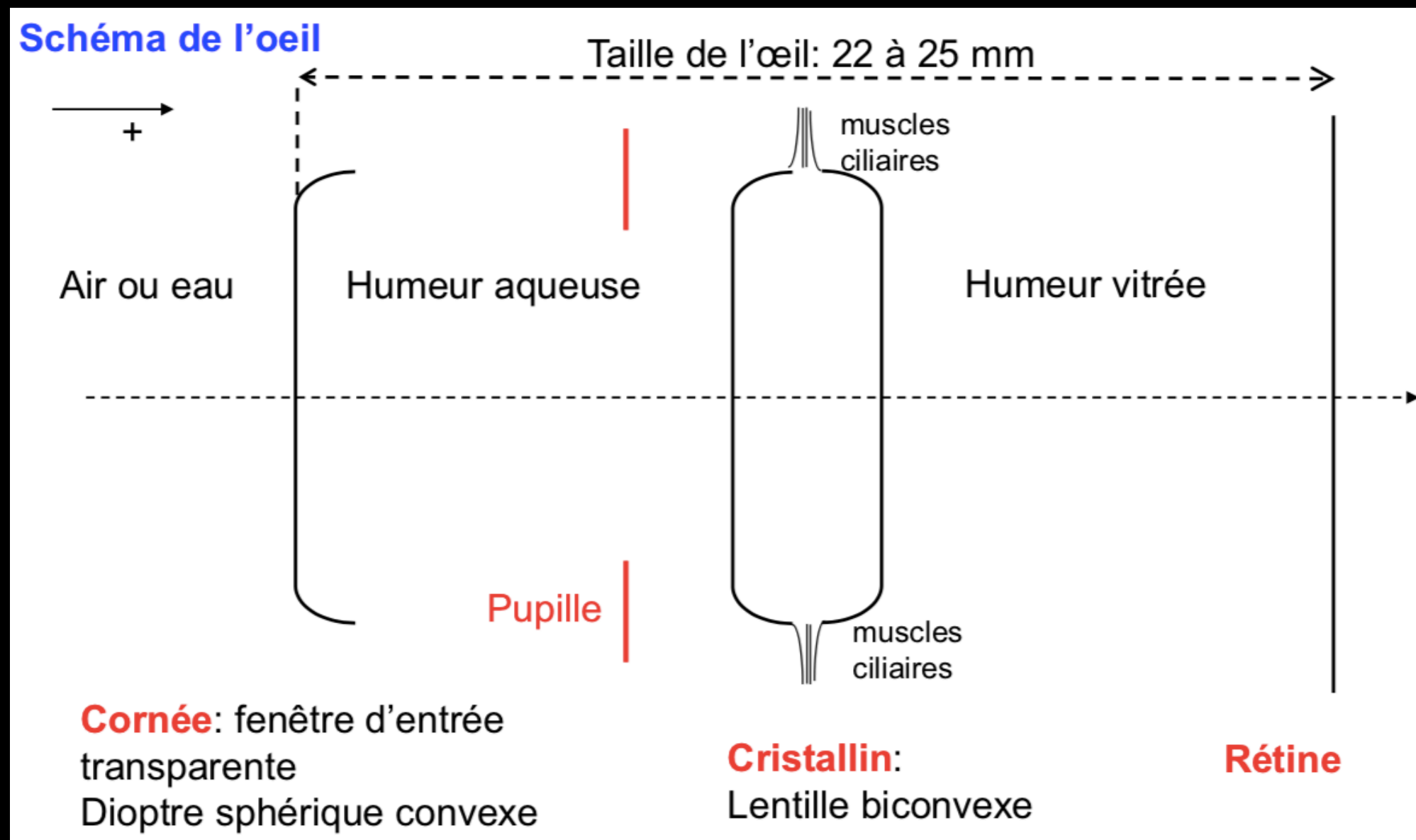
- L'image d'un objet observé se forme sur la rétine...



VII - Instruments optiques

VII.3.1 L'œil : modélisation (2)

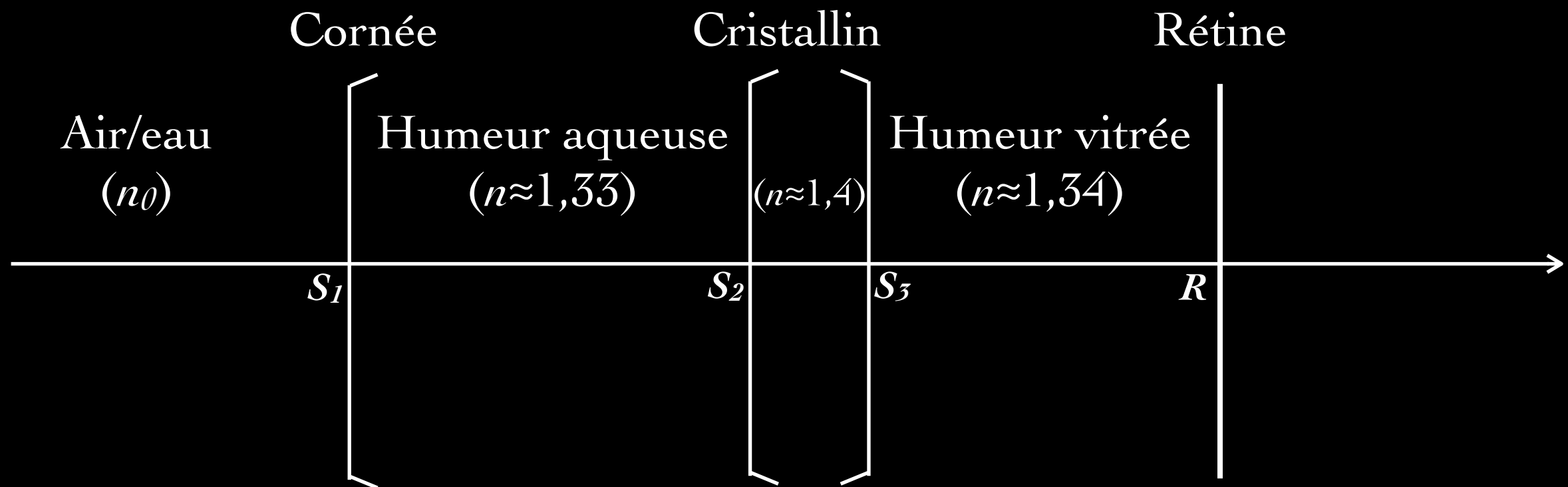
- On peut modéliser l'œil comme un dioptre sphérique (la cornée), suivi d'une lentille biconvexe (le cristallin), puis d'un écran (la rétine).



VII - Instruments optiques

VII.3.1 L'œil : modélisation (3)

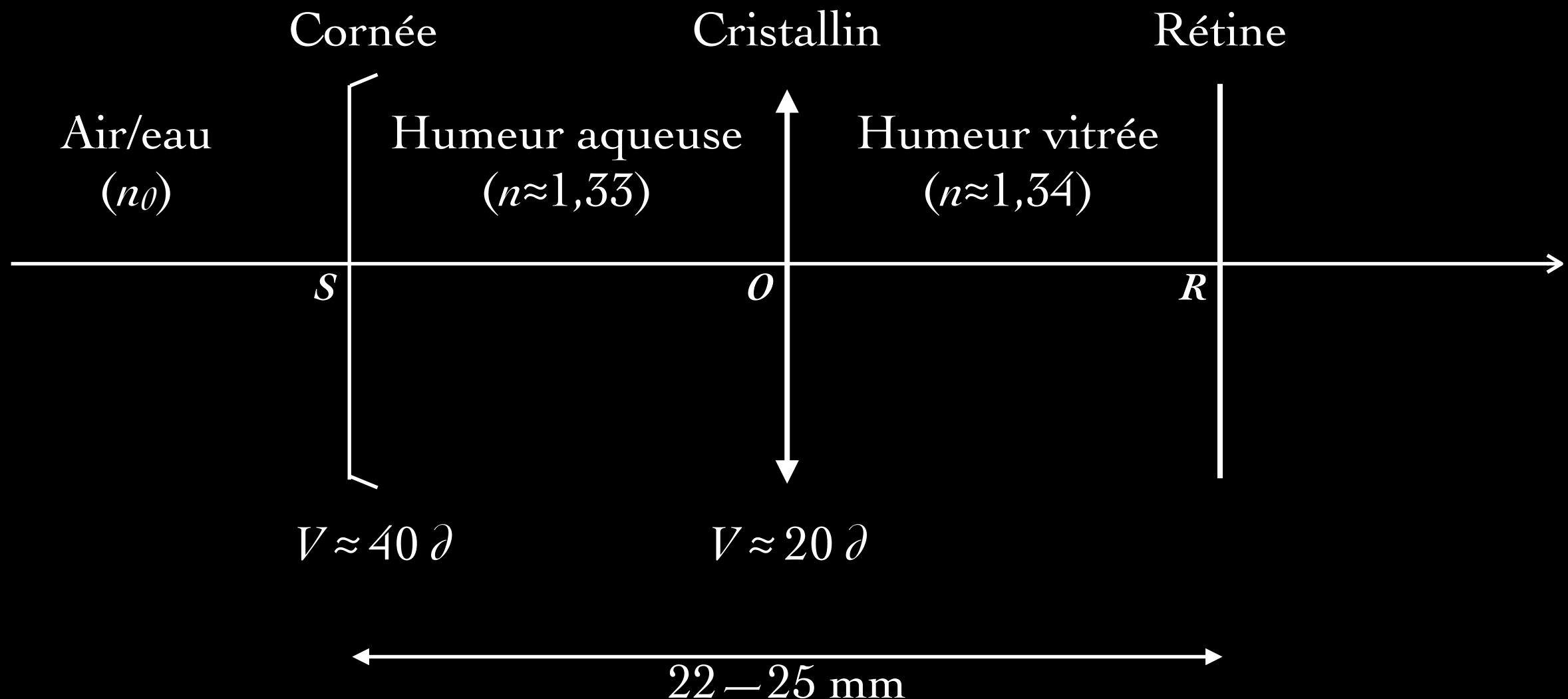
- On peut modéliser l'œil comme un dioptre sphérique (la cornée), suivi d'une lentille biconvexe (le cristallin), puis d'un écran (la rétine).



VII - Instruments optiques

VII.3.1 L'œil : modélisation (4)

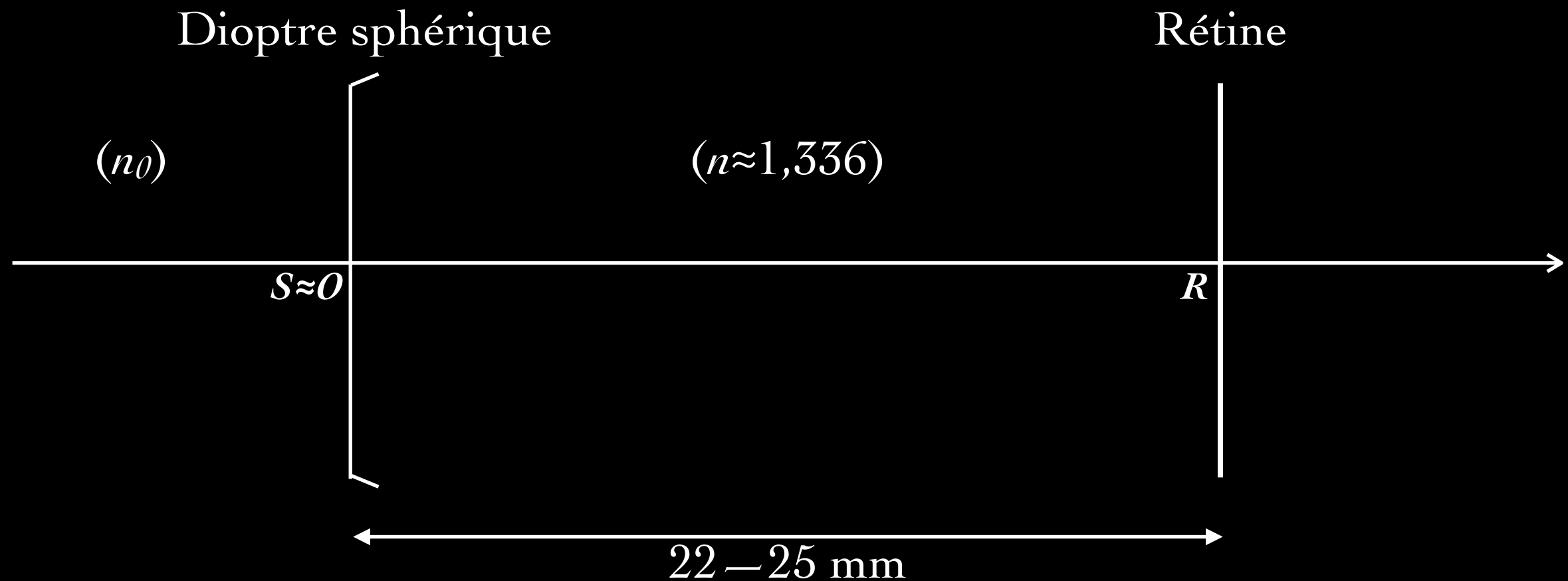
- On peut modéliser l'œil comme un dioptre sphérique (la cornée), suivi d'une lentille biconvexe (le cristallin), puis d'un écran (la rétine).



VII - Instruments optiques

VII.3.1 L'œil : modélisation (4)

- On peut simplifier encore => modèle dit de « l'œil réduit » :



$$\text{Conjugaison : } \frac{n}{OA'} - \frac{n_0}{OA} = V$$

VII - Instruments optiques

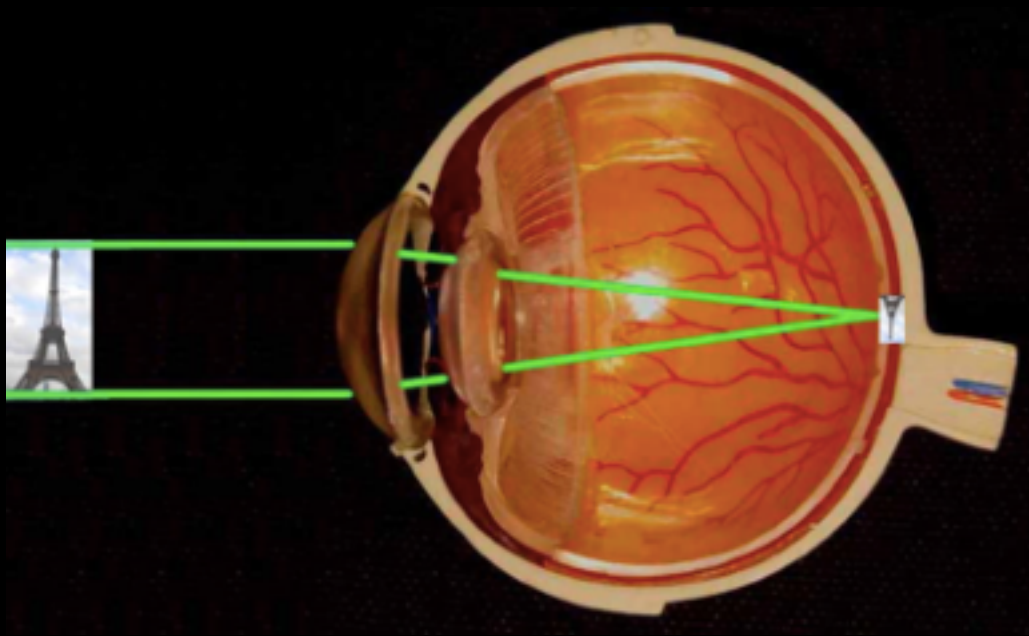
VII.3.1 L'œil : modélisation (5)

- Vergence de l'œil au repos (objet à l'infini) $\approx 60 \text{ } \partial$.
- Mais l'image se forme toujours sur la rétine quand l'objet se rapproche
 $\Rightarrow A'$ reste en $R \Rightarrow$ l'œil adapte V , c'est l'accommodation (jusqu'à V_{max}).
- *Punctum Remotum* P_r : objet situé à une distance maximale de l'œil.
Pour l'œil emmétrope (normal), P_r est à l'infini (et $V \approx 60 \text{ } \partial$).
- *Punctum Proximum* P_p : objet situé à une distance minimale de vision nette. L'œil accommode au maximum. Pour l'œil emmétrope, P_p est à environ 25 cm \Rightarrow mesure algébrique de $OP_p = -25\text{cm} \Rightarrow V_{max} \approx 64 \text{ } \partial$.
- Entre P_r et P_p l'œil emmétrope voit nettement, faisant varier V de $\approx 4 \text{ } \partial$.

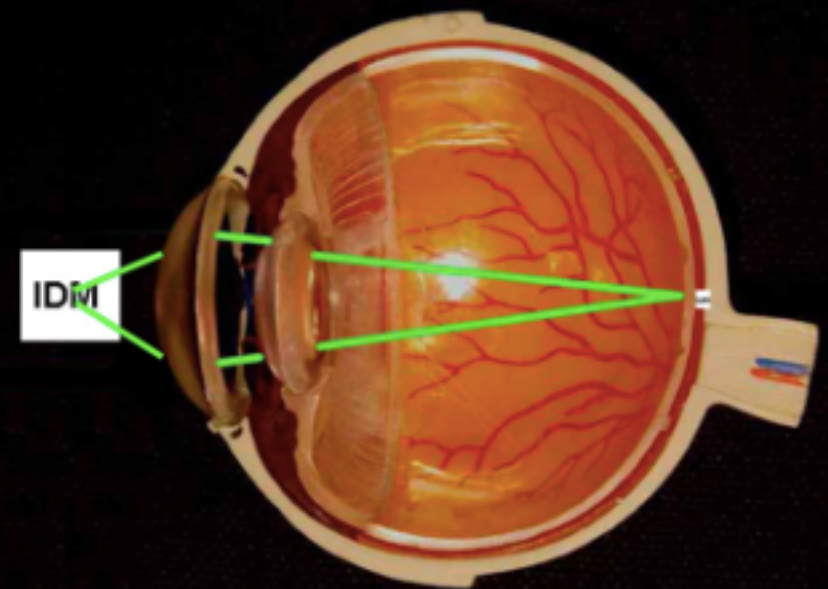
VII - Instruments optiques

VII.3.1 L'œil : modélisation (6)

- On a donc, pour l'œil emmétrope (sans défauts) :



Vision de loin : l'image se forme sur la rétine sans accommodation (œil au repos)



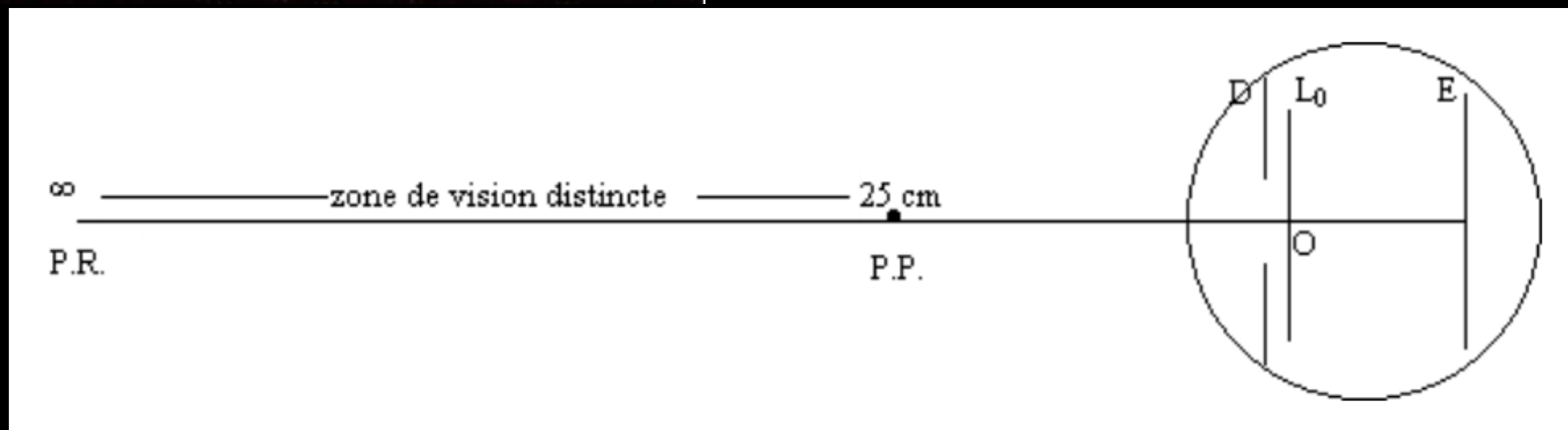
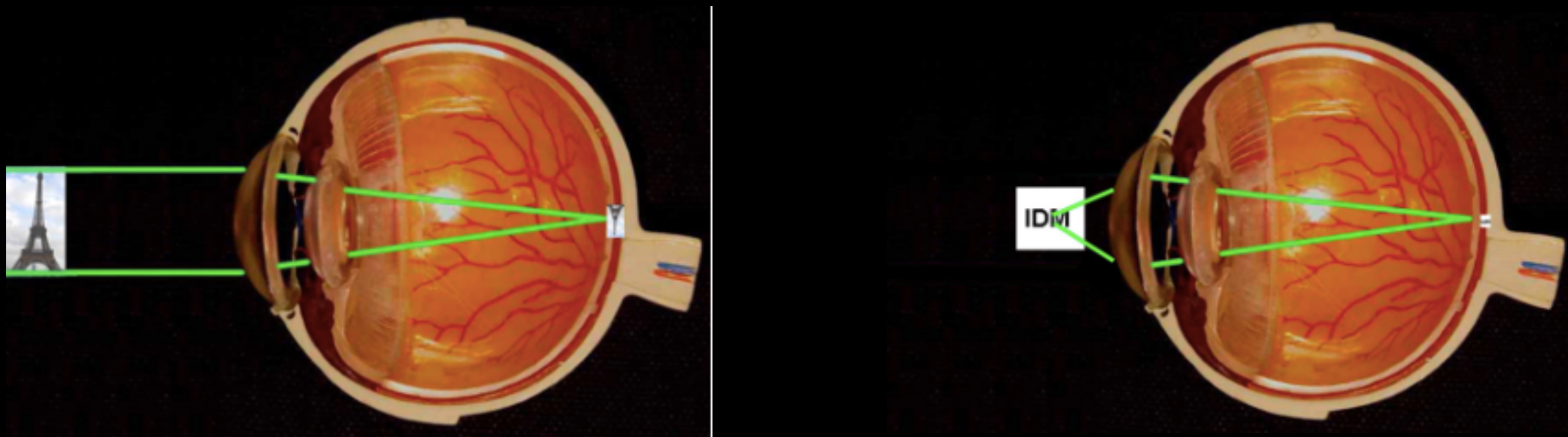
Vision de près : l'image se forme sur la rétine avec accommodation (déformation du cristallin)

L'œil donne donc l'image sur la rétine d'un objet situé entre P_r et P_p . P_r : vision sans accommodation. P_p : accommodation maximale. Pour l'œil sans défaut, P_r est à l'infini.

VII - Instruments optiques

VII.3.1 L'œil : modélisation (7)

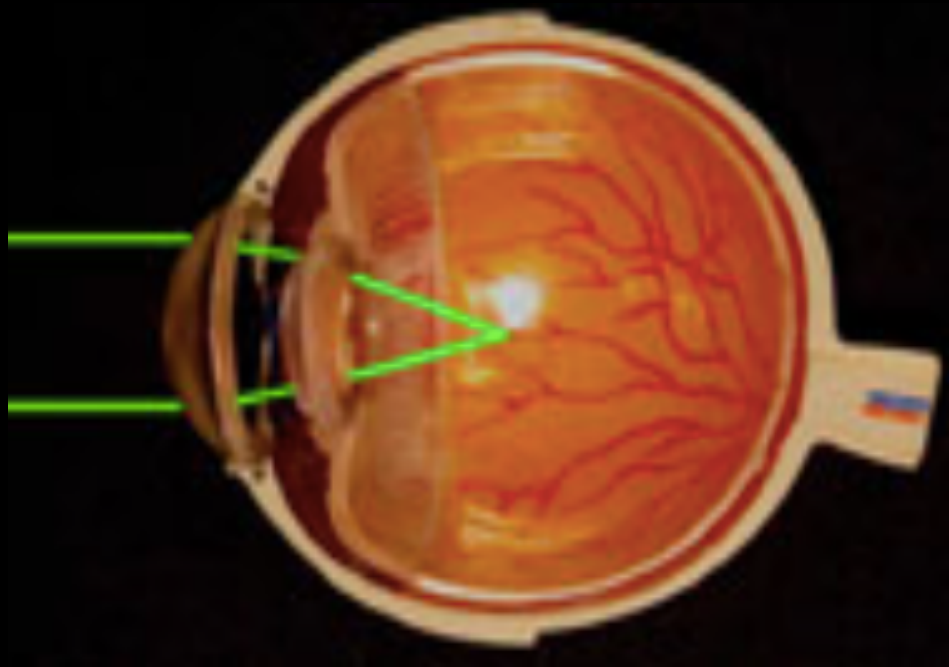
- On a donc, pour l'œil emmétrope (sans défauts) :



VII - Instruments optiques

VII.3.2 L'œil : défauts (1)

- Œil myope :



Myopie : œil trop convergent, P_r à distance finie.

Correction : lentilles divergentes.

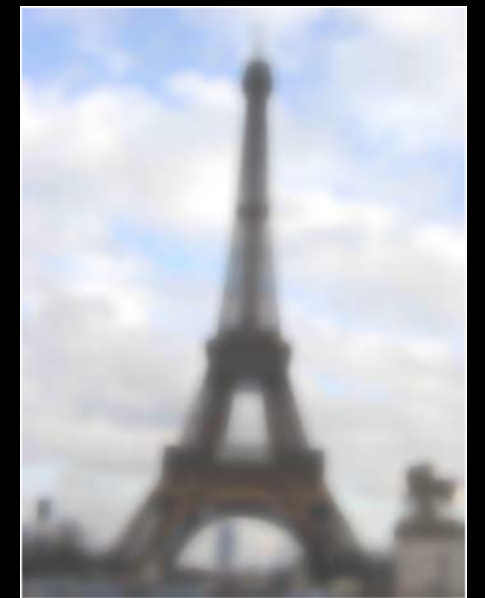
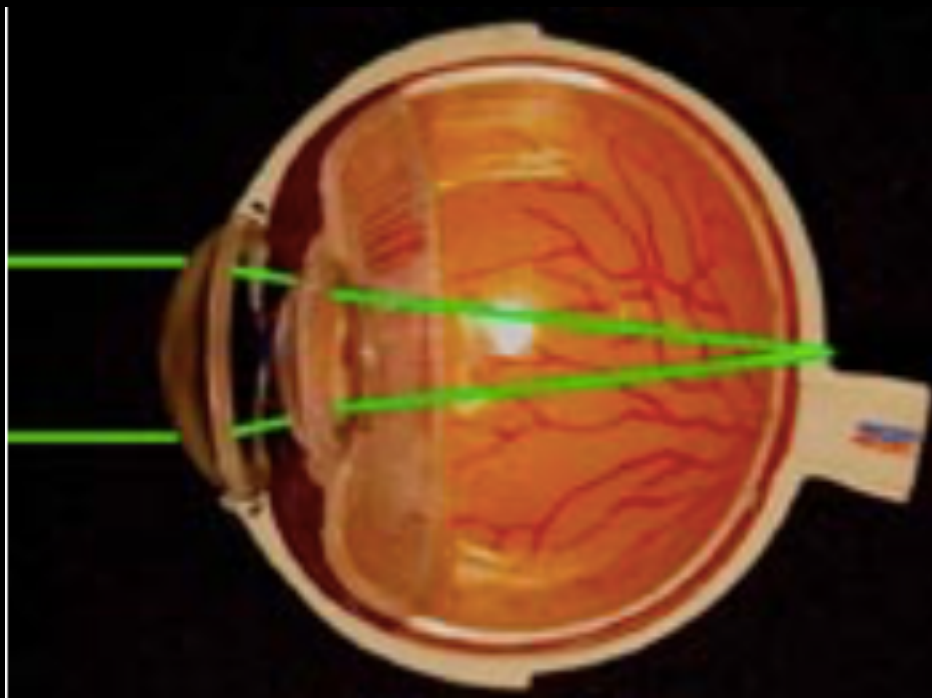


Image de loin floue.

VII - Instruments optiques

VII.3.2 L'œil : défauts (2)

- Œil hypermétrope :



Hypermétropie : œil pas assez convergent.

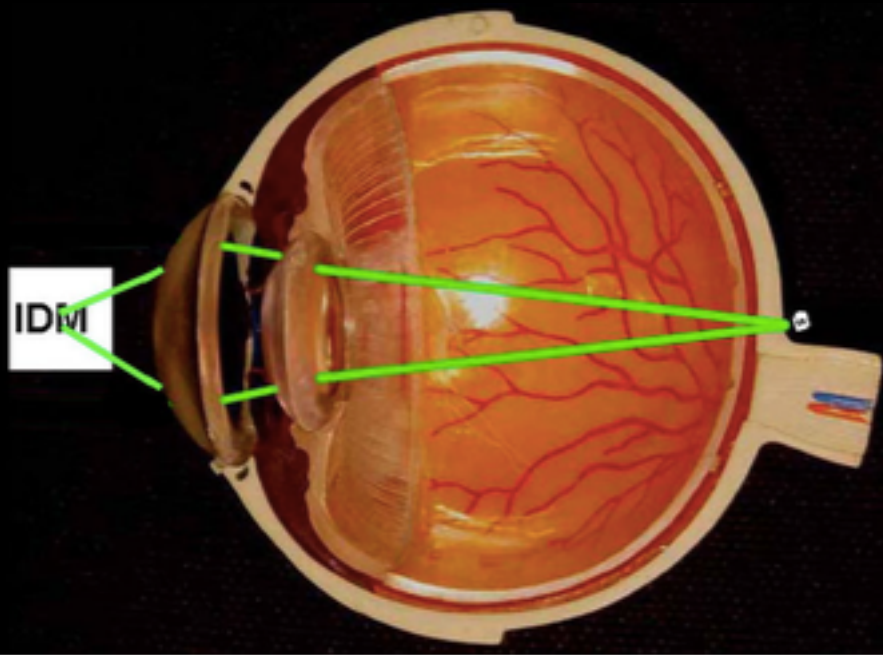
Correction : lentilles convergentes.

Image (de loin comme de près) floue.

VII - Instruments optiques

VII.3.2 L'œil : défauts (3)

- Œil presbyte :



Presbytie : vieillissement cristallin, accommodation imparfaite, P_p plus éloigné.

Correction : lentilles convergentes.

Image de près floue.

VII - Instruments optiques

VII.3.2 L'œil : défauts (4)

- Œil astigmat :

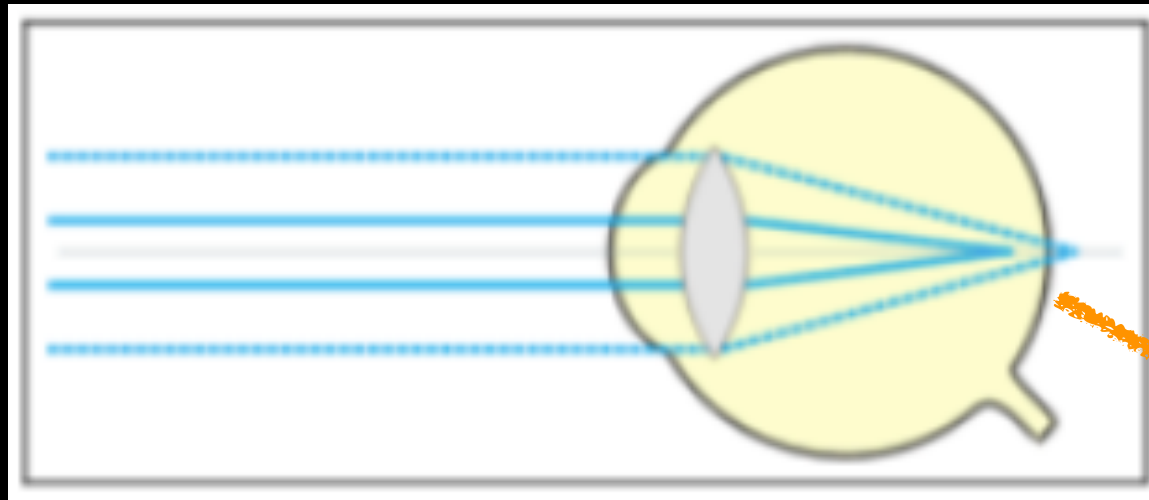


Image formée en différents points => vision brouillée, déformée, imprécise.

Astigmatisme : courbure de la cornée différente selon direction.

Correction : lentilles spécifiques (cylindriques ou toriques).

VII - Instruments optiques

VII.4 La loupe (1)

- Tout simplement l'un des cas vus au chapitre précédent : la loupe est une lentille convergente avec une focale de quelques cm pour laquelle l'objet à « grossir » est placé entre le centre optique et le foyer objet.

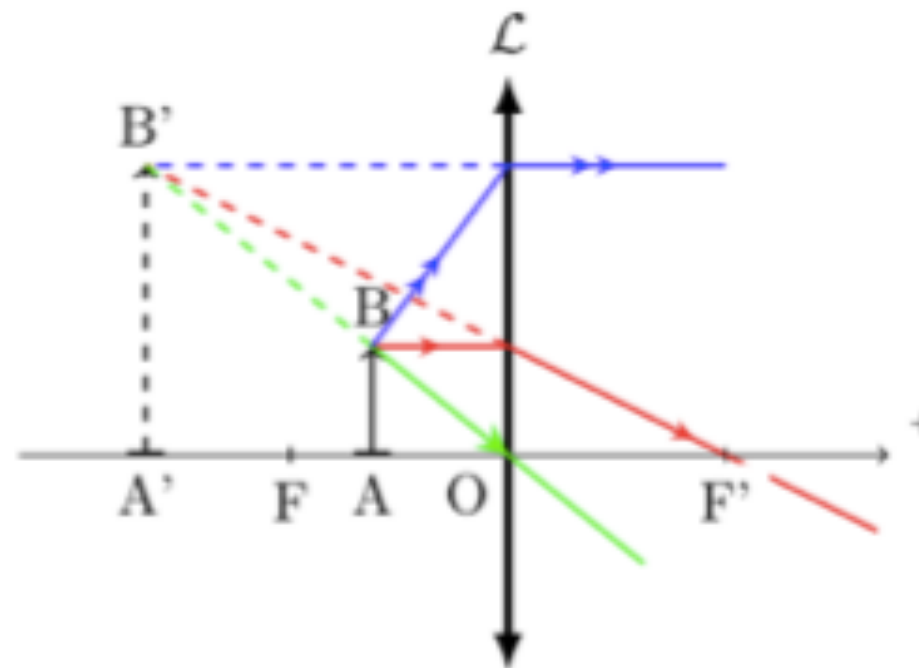
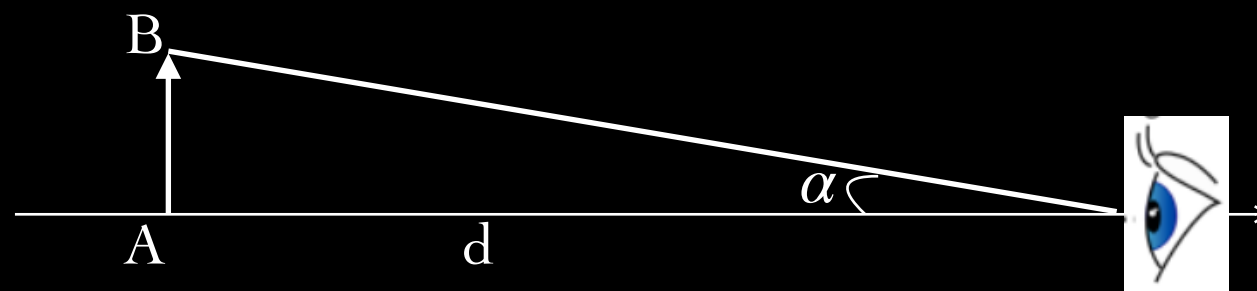


FIGURE : Lentille convergente : objet réel, image virtuelle $\gamma > 0$ $|\gamma| > 1$

VII - Instruments optiques

VII.4 La loupe (2)

- Les instruments conçus pour observer les objets rapprochés, comme la loupe ou le microscope, peuvent être caractérisés à l'aide du grossissement G , du grossissement commercial G_c et de la puissance P . Ces caractéristiques nécessitent la définition préliminaire de l'angle apparent, ou taille (angulaire) apparente.
- Angle apparent : angle sous lequel on voit un objet (α) / une image (α').



$$\alpha = \arctan \frac{AB}{d} \Rightarrow \alpha \simeq \frac{AB}{d}$$

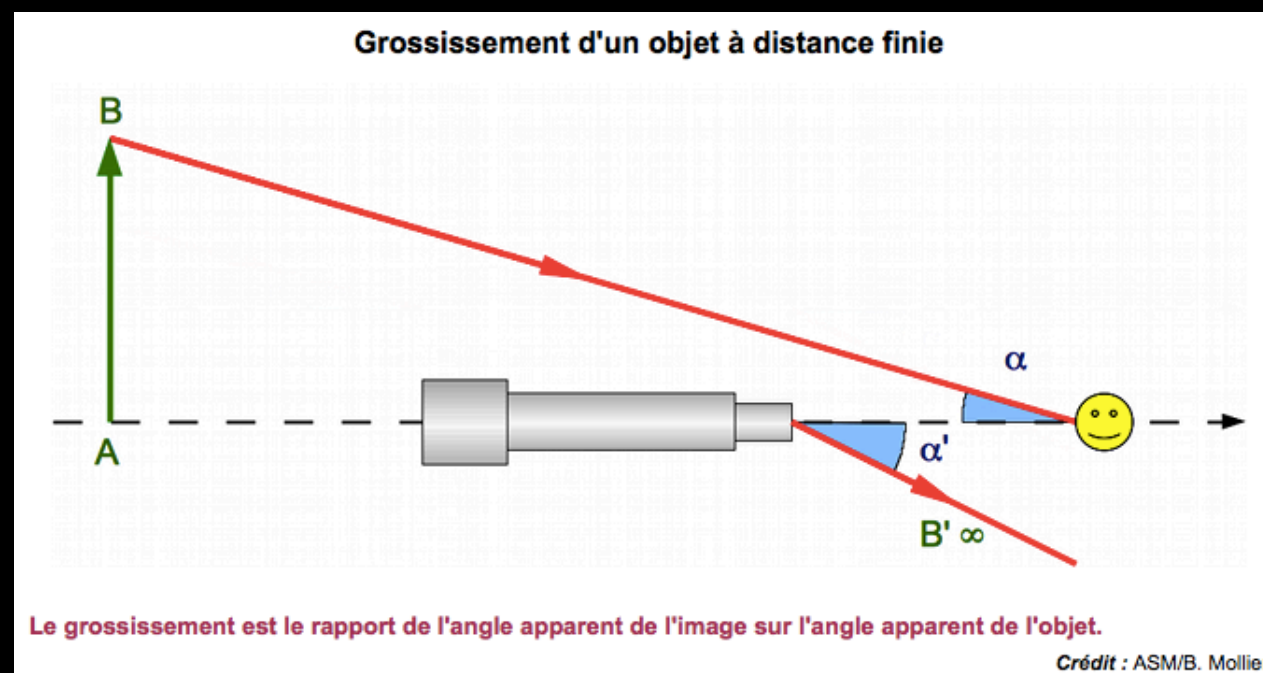
(α dépend à la fois de AB et de d !)

VII - Instruments optiques

VII.4 La loupe (3)

- Grossissement G : rapport entre l'angle apparent à l'œil nu α et celui α' vu à travers l'instrument.

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$



VII - Instruments optiques

VII.4 La loupe (4)

- Puissance P : rapport entre l'angle apparent de l'image et la dimension de l'objet (puissance P en dioptries, $[P]=L^{-1}$, angle α' en radians, $[\alpha']=1$, AB en mètres, $[AB]=L$).

$$P = \frac{\alpha'}{AB}$$

- Du coup, on peut revenir sur la définition du grossissement G en remarquant que :

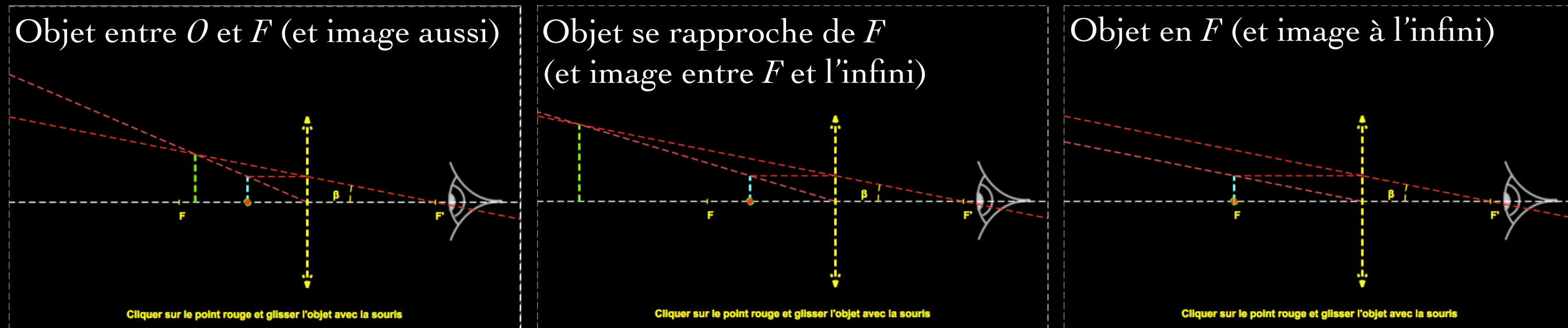
$$G = \frac{\alpha'}{AB} \frac{AB}{\alpha} = P \frac{AB}{\alpha} \simeq P d$$

- Et vouloir définir un grossissement qui ne dépende pas de d . On obtient alors le grossissement commerciale G_c , obtenu lorsque l'image est à l'infini et l'objet placé à $d=25$ cm de l'œil.

$$G_c = P \times 0.25 = \frac{P}{4}$$

VII - Instruments optiques

VII.4 La loupe (5)



(Simulateur en ligne : <http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/optigeo/loupes.html>)

- Si l'objet est placé en F , l'image est renvoyée à l'infini \Rightarrow l'œil n'a alors pas besoin d'accommoder, et :

$$\alpha' \simeq \frac{AB}{f} \Rightarrow P = \frac{\alpha'}{AB} \simeq \frac{1}{f} \text{ (ou : } P \simeq V) \Rightarrow G_c \simeq \frac{1}{4f} \text{ (ou : } G_c \simeq \frac{V}{4})$$

- Remarque pour la suite : un oculaire est certes plus complexe qu'une simple loupe (plusieurs lentilles, plus puissant, plus de champ, correction des aberrations) mais on le modélise de la même manière.

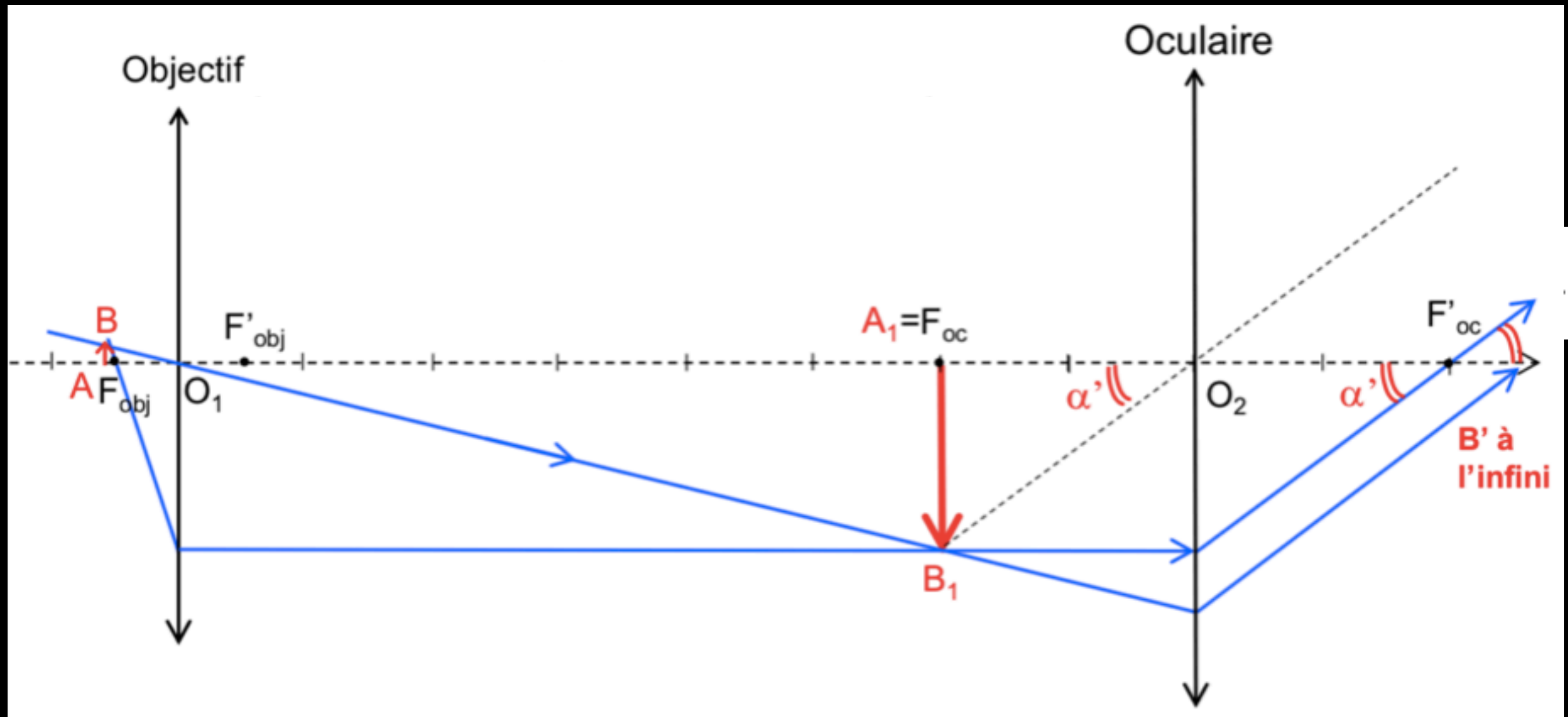
VII - Instruments optiques

VII.5 Le microscope (1)



VII - Instruments optiques

VII.5 Le microscope (2)



VII - Instruments optiques

VII.5 Le microscope (3)

Principe du microscope

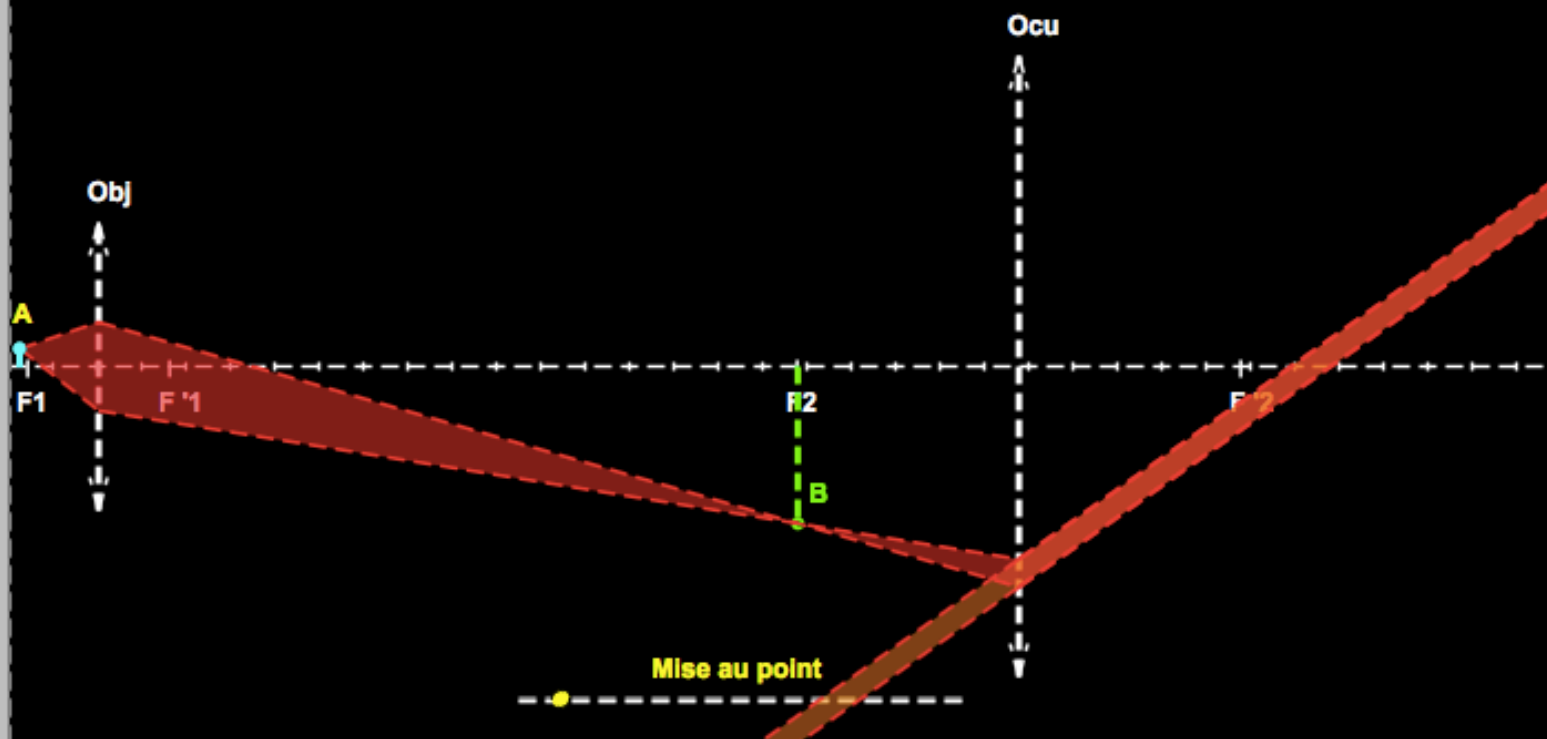
Objectif x 10

Oculaire x5

Oculaire x10

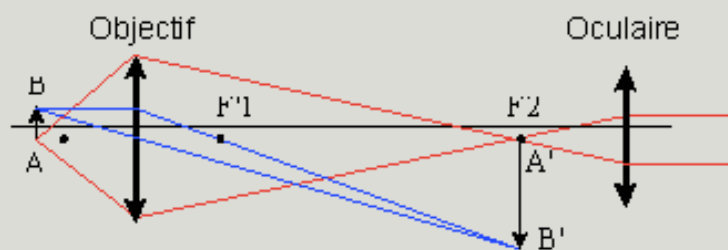
Glisser verticalement le point A avec la souris

IMAGE A L'INFINI



Simulateur en ligne :

<http://ressources.univ-lemans.fr/AccessLibre/UM/Pedago/physique/02/optigeo/microscope.html>



Un microscope est l'association :

d'un **objectif** convergent de distance focale f'_1 qui donne d'un objet AB situé en avant de son foyer objet une image réelle A'B' et d'un **oculaire** convergent de distance focale f'_2 qui permet d'observer cette image intermédiaire.

VII - Instruments optiques

VII.5 Le microscope (4)

- On peut caractériser le microscope à l'aide du grossissement (commercial) G et de la puissance P , de l'oculaire seul et du microscope tout entier.

- Puissance de l'oculaire

$$P_{oc} = \frac{\alpha'}{A_1 B_1} = \frac{A_1 B_1 / f'_{oc}}{A_1 B_1} = \frac{1}{f'_{oc}} = V_{oc}$$

- Grossissement de l'oculaire

$$G_{oc} = \frac{A_1 B_1}{f'_{oc}} \times \frac{OP_p}{A_1 B_1} = \frac{0.25}{f'_{oc}} = \frac{P_{oc}}{4}$$

- Puissance du microscope

$$P_M = \frac{\alpha'}{AB} = \frac{A_1 B_1 / f'_{oc}}{AB} = |\gamma_{obj}| \times P_{oc}$$

- Grossissement du microscope

$$G_M = \frac{A_1 B_1}{f'_{oc}} \times \frac{OP_p}{AB} = |\gamma_{obj}| \times G_{oc} = \frac{P_M}{4}$$