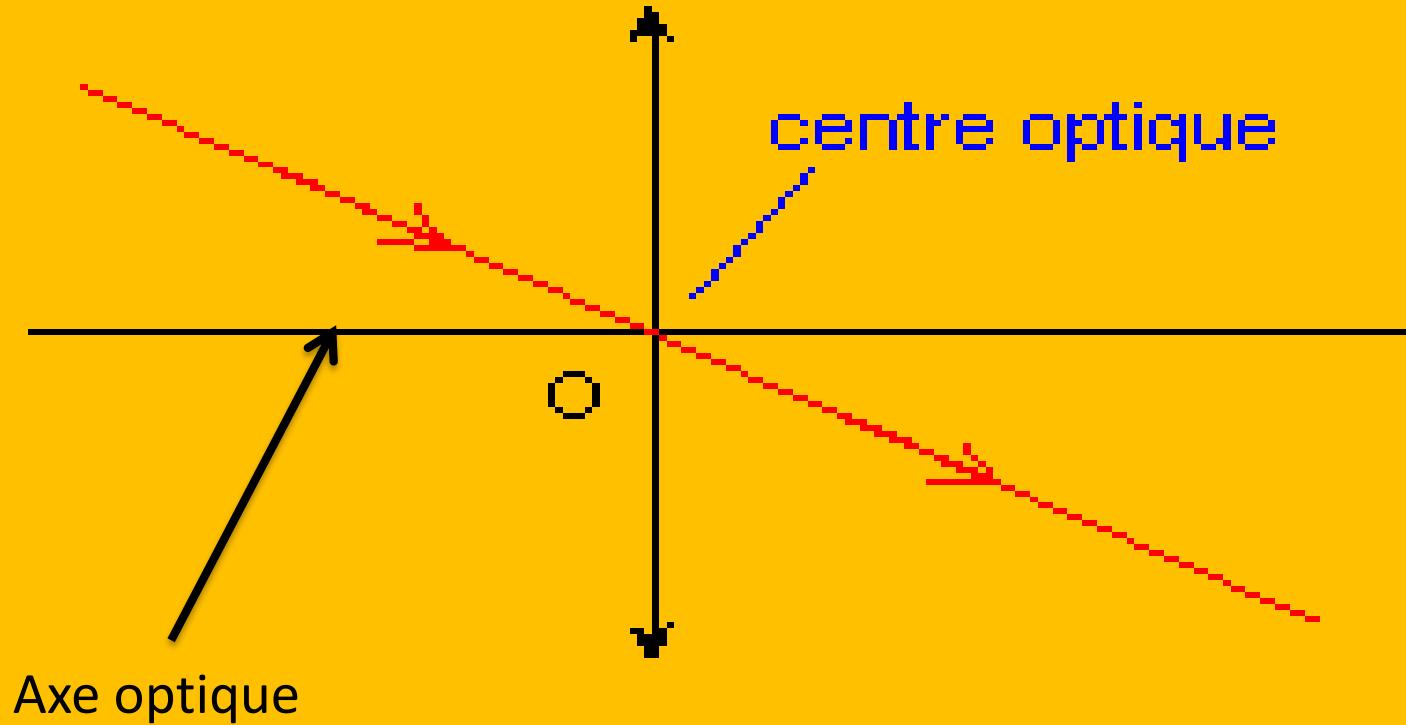




L'œil, les lentilles minces

- Une lentille est un milieu transparent limité par deux surfaces dont l'une au moins n'est pas plane.
- Une lentille est dite mince si son épaisseur e est faible devant son diamètre D .

Schématisation d'une lentille



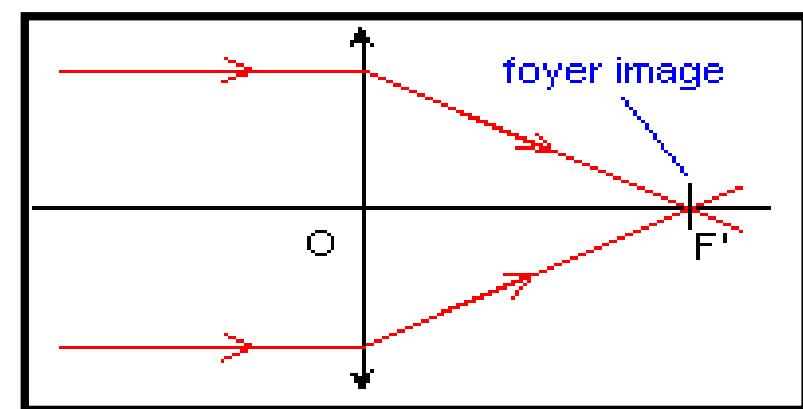
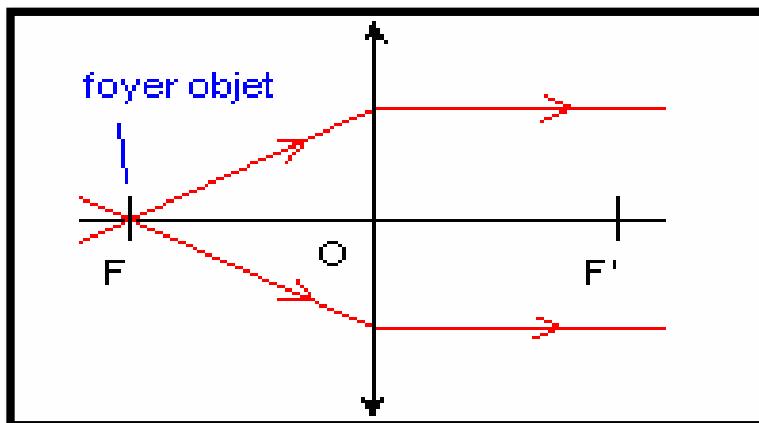
Caractéristiques d'une lentille

Foyer objet

Tout rayon incident passant par le foyer objet F d'une lentille convergente émerge parallèlement à l'axe de cette lentille.

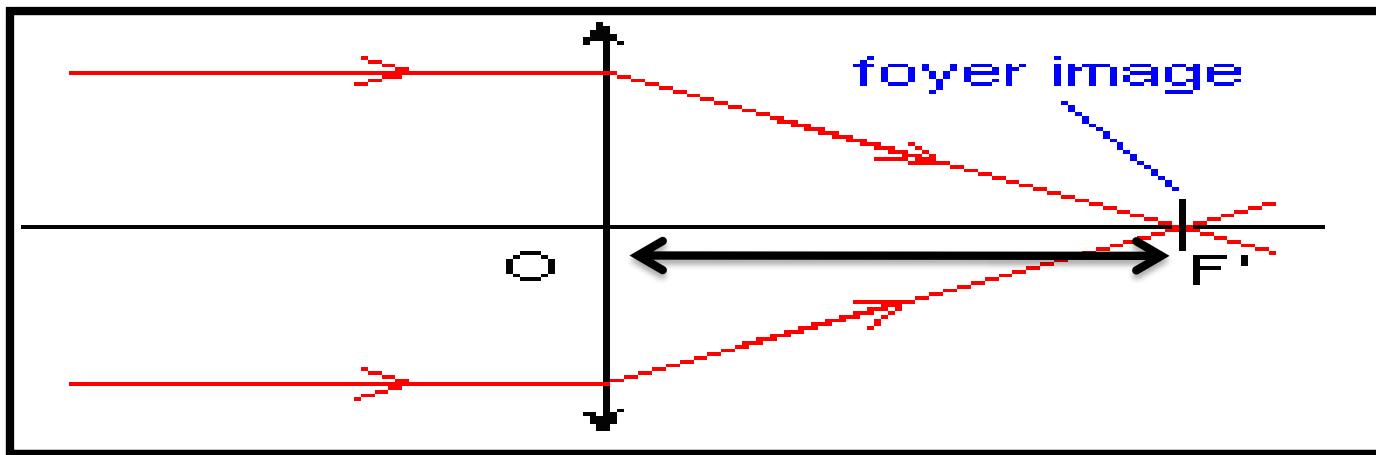
Foyer image

Tout rayon incident parallèle à l'axe d'une lentille convergente émerge en passant par le foyer image F' .



Distance focale:

C'est une valeur algébrique $f' = OF'$



Vergence:

$C = 1/f'$ unité dioptre $\delta (m^{-1})$

Construction graphique d'une image

Trois cas selon la position de l'objet par rapport au foyer F

OA>OF'

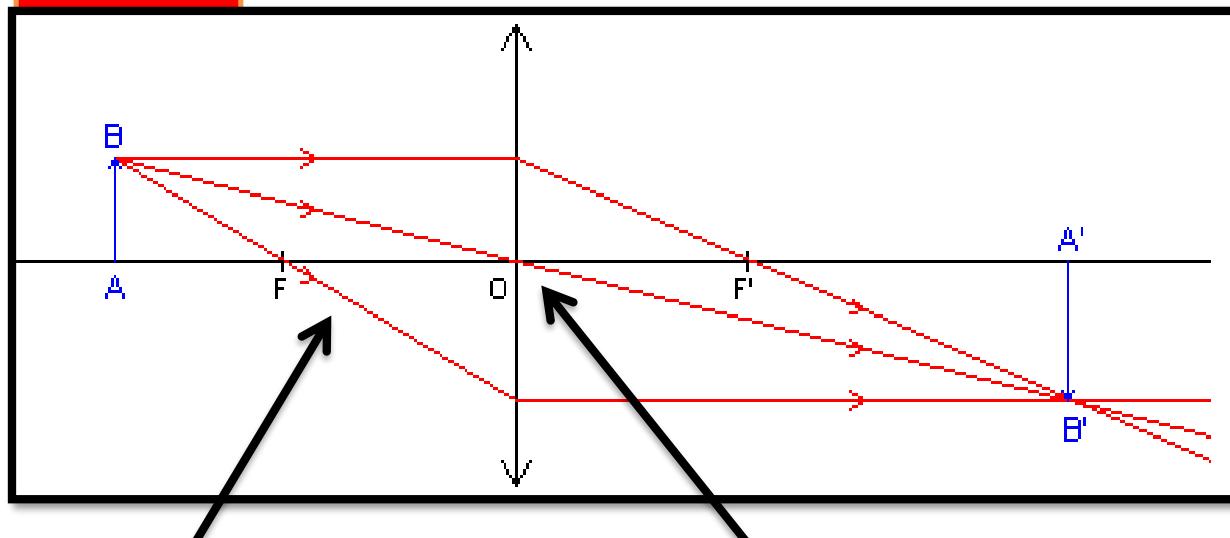


Image réelle car se forme du côté du foyer image F' et renversée

Rayon passe par foyer
objet il sort parallèle à
l'axe optique

Rayon non dévié car
passe par le centre
optique

OA<OF'

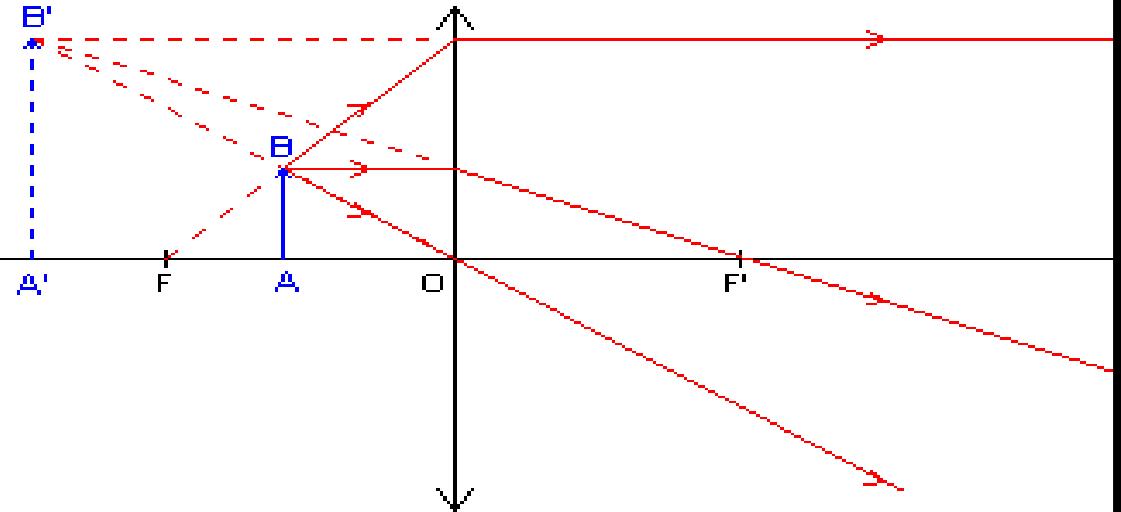


Image virtuelle car se forme du coté du foyer objet F et droite
C'est l'effet loupe car l'image est plus grande que l'objet

Construction d'une image virtuelle

On trace les trait correspondants aux rayant issus de « B » l'un parallèle à l'axe et l'autre passant par le centre optique, l'intersection des prolongements de ces deux axes est au point image B'.

NB: le prolongement est en pointillais car ce sont des rayons fictifs.

Objet à l'infini

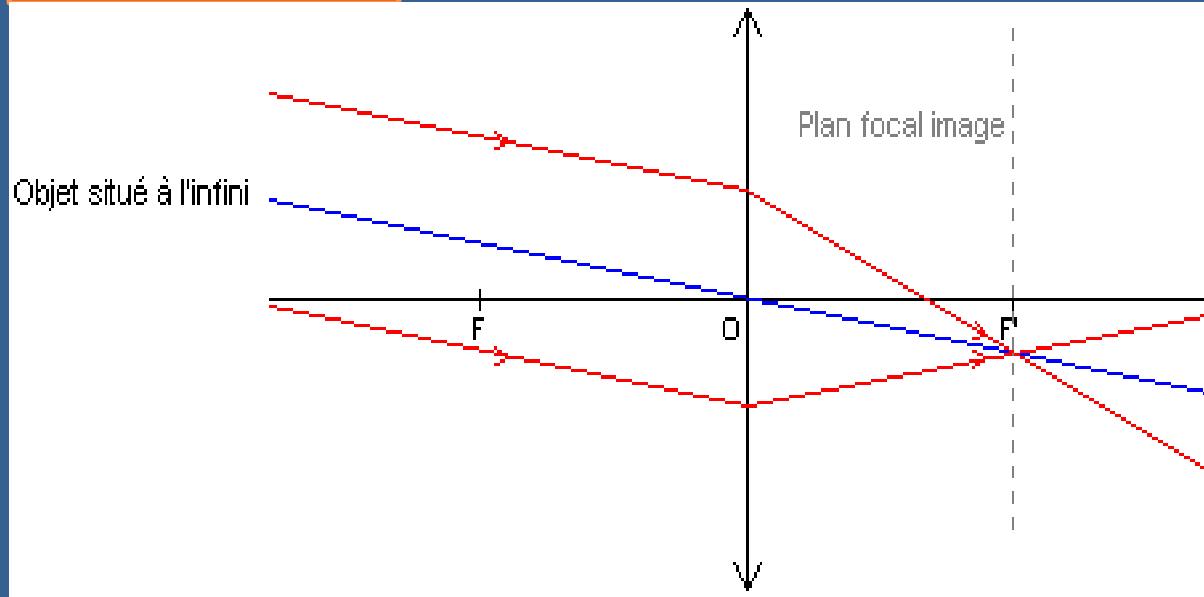
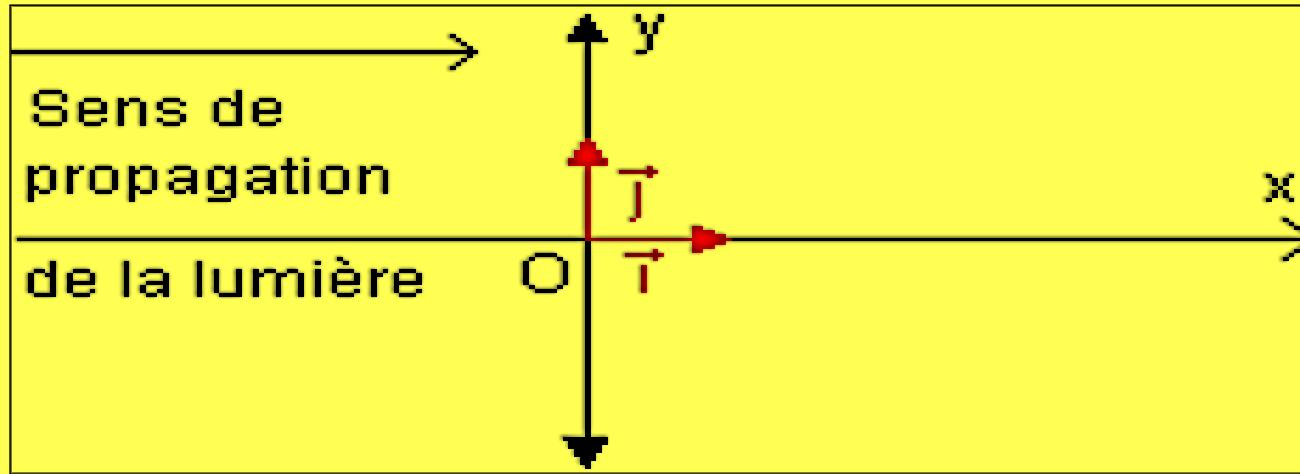


Image réelle car se forme du côté du foyer image F' et inversée

Elle se forme sur le plan focal image

Relation de conjugaison

On utilisera les conventions de signe suivantes



Vous utiliserez que des lentilles convergentes donc, pour tous les points A situés à gauche de «O» $OA < 0$ en particulier $OF < 0$

Christian Huyghens mathématicien physicien néerlandais



L'agrandissement

Taille algébrique de l'image

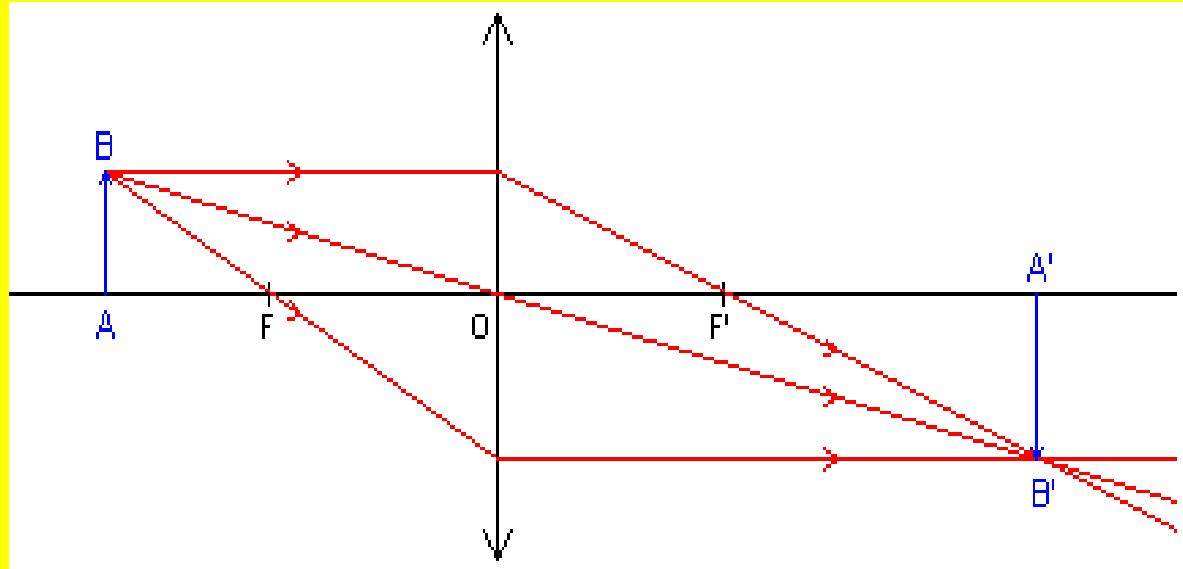
$$\gamma = \frac{A'B'}{AB}$$

Taille algébrique de l'objet

Autre formule de l'agrandissement

Considérer les triangles semblables (OBA) et (OA'B')

Et retrouver la deuxième expression de l'agrandissement



$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

Relation de conjugaison

C'est une relation mathématique qui relient les mesures algébriques de la position de l'objet et celles de son image et du foyer image de la lentille.



René Descartes, né le 31 mars 1596 ,mort le 11 février 1650
mathématicien, physicien et philosophe français.

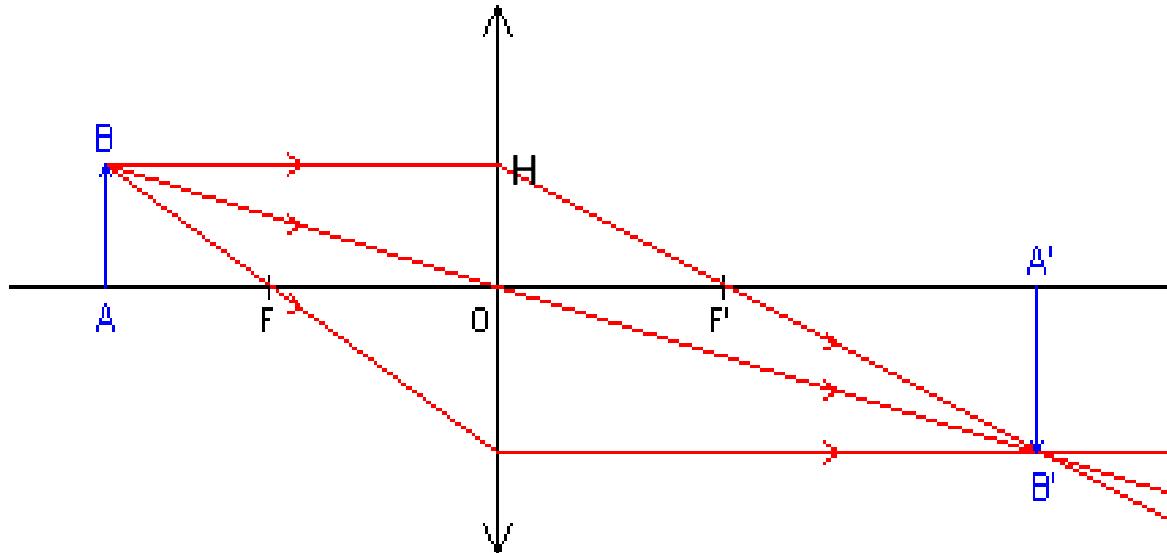
$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

Position algébrique de l'image

Position algébrique de l'objet

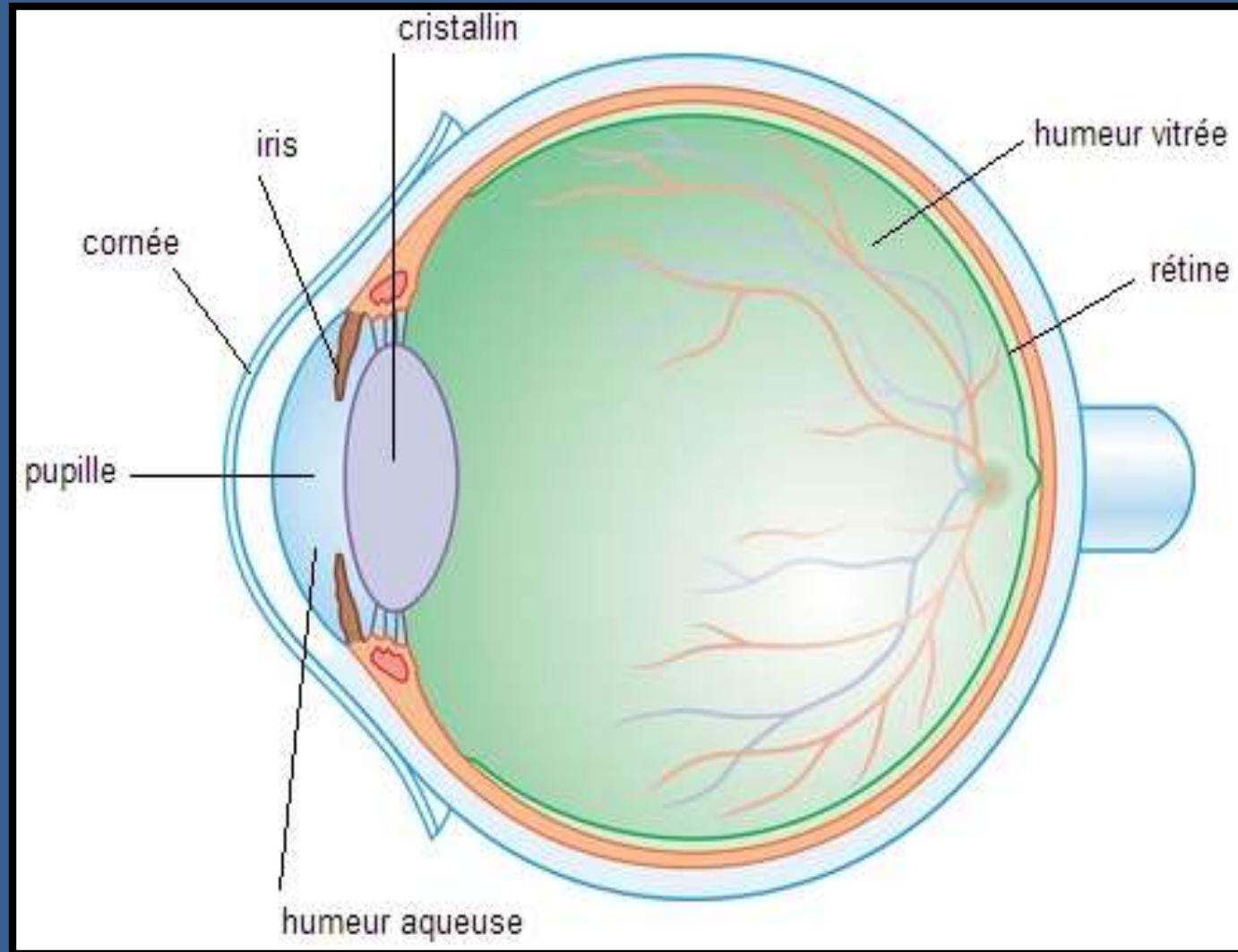
Distance focale

Démonstration

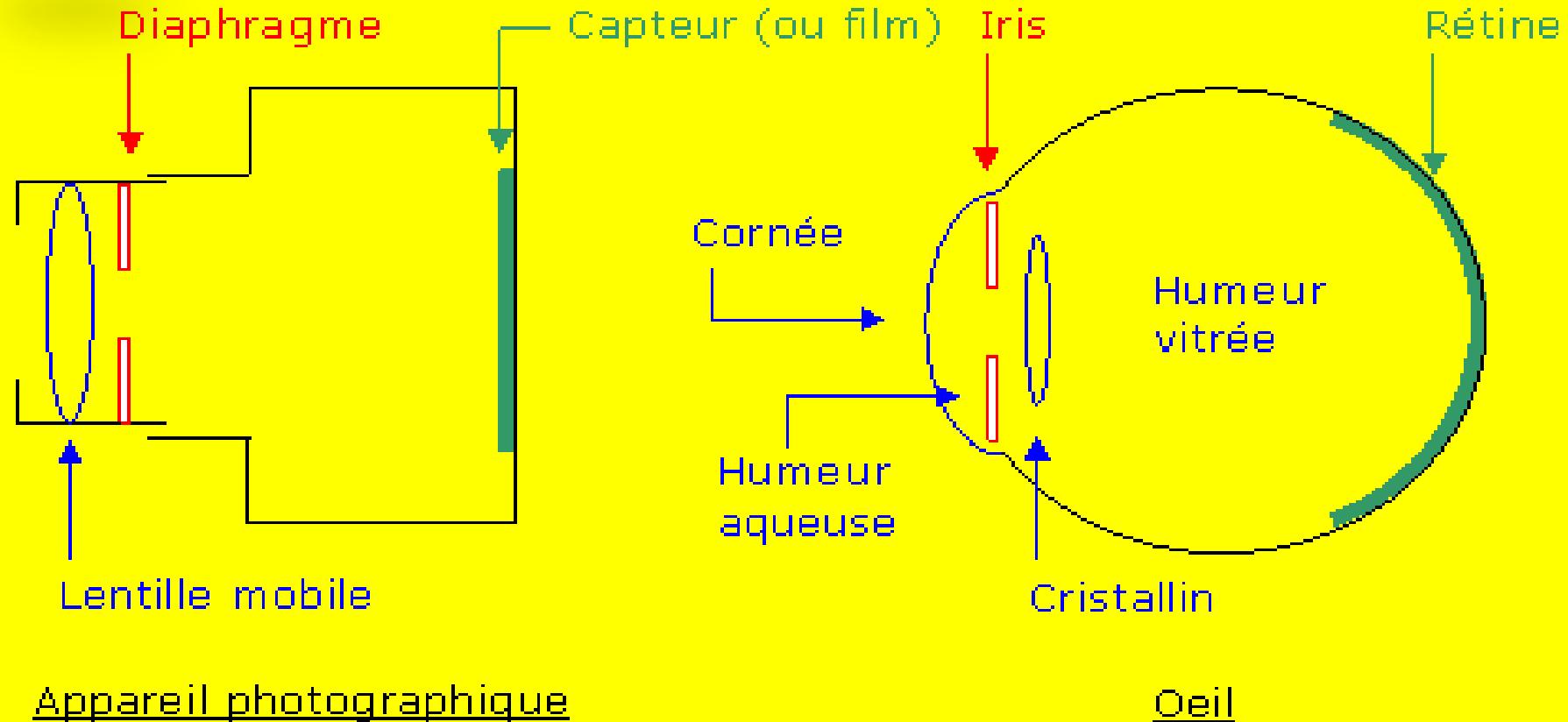


1. Considérer les triangles semblables $(F'HO)$ et $(F'A'B')$ d'où les rapports.....
2. Or $HO=A'B'$ et on retrouve la formule de l'agrandissement
.....
3. On injecte le centre optique « O » dans $F'A'$ par relation de Chasles

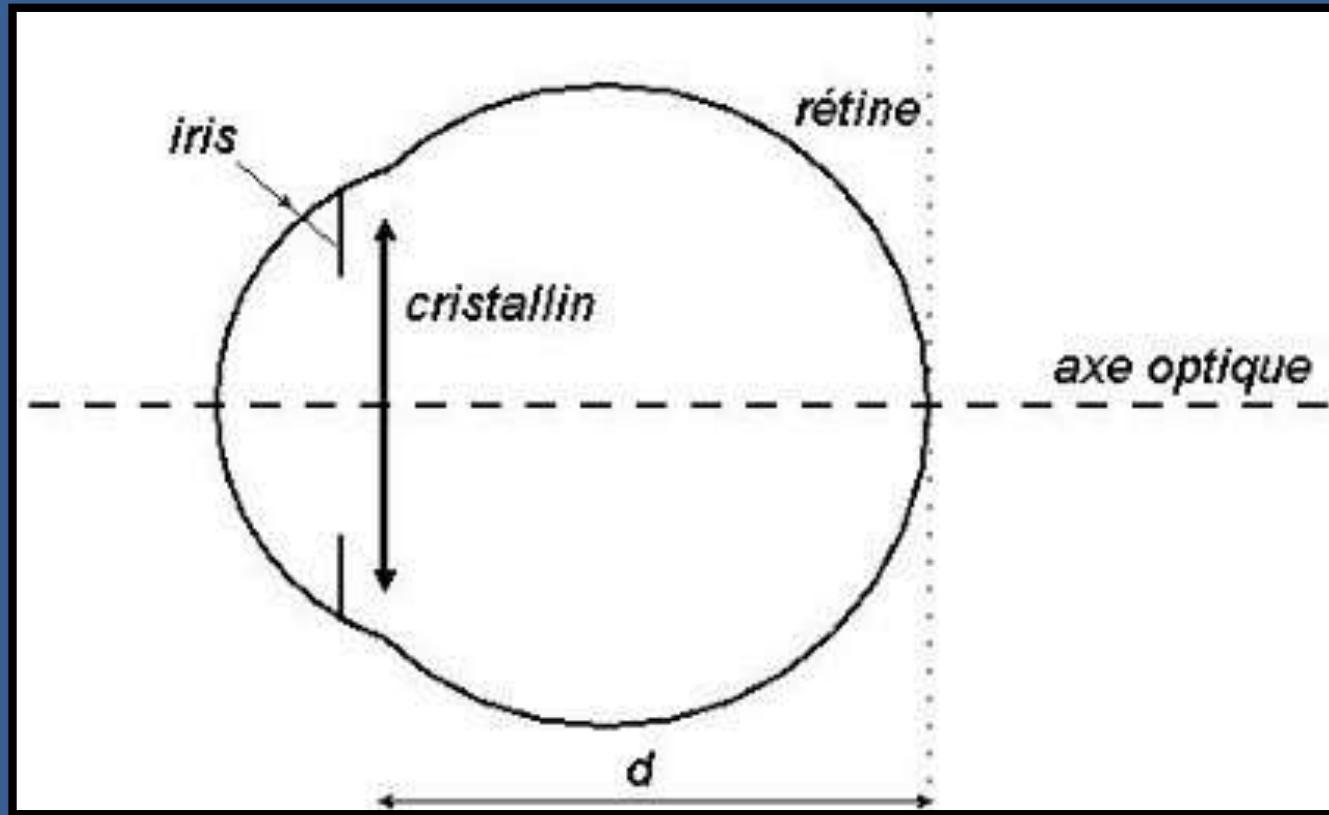
L'œil humain



Comparaison œil appareil photo



Compléments





Pour avoir une **vision nette** d'un objet, il est impératif que l'image se forme exactement **sur la rétine**, sinon l'objet sera vu flou.

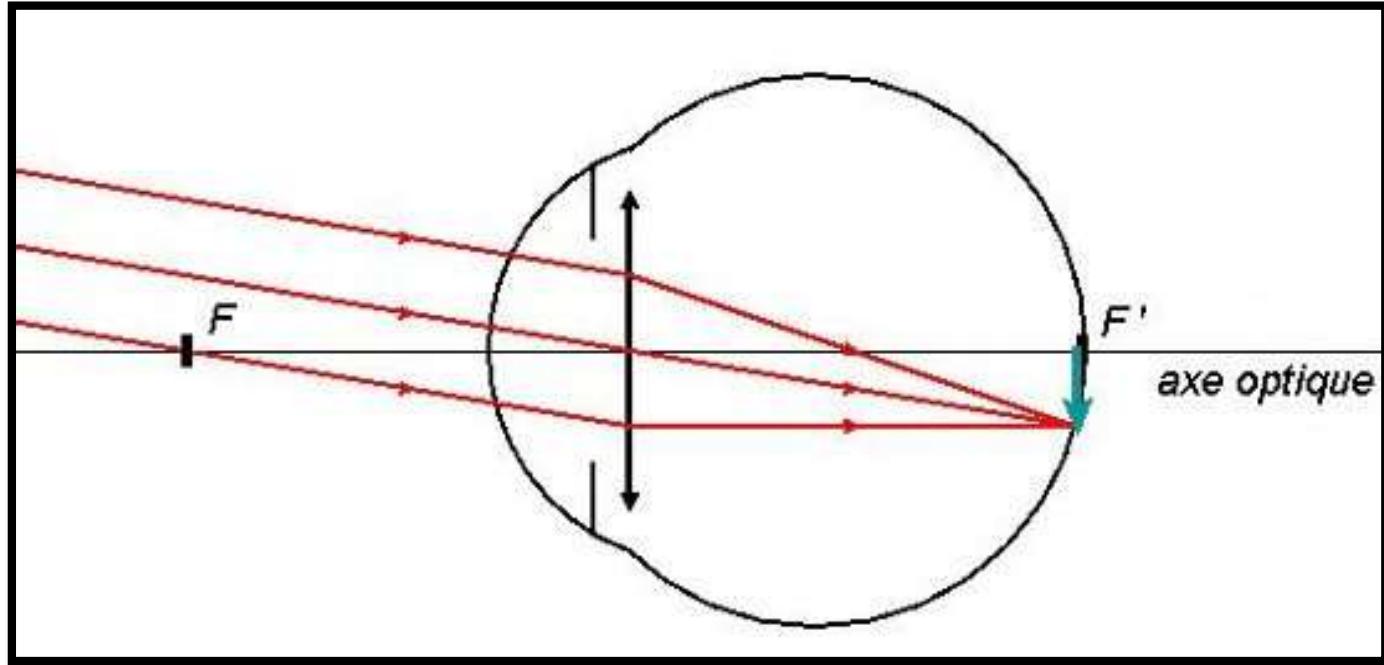
D'autre part **la distance *d*** entre le cristallin et la rétine est **fixe**. Elle vaut en moyenne 15 millimètres pour un œil humain ordinaire.



pour réaliser la **focalisation** des rayons lumineux sur la rétine, des muscles, nommés **muscles ciliaires**, vont agir sur le cristallin afin de le déformer.

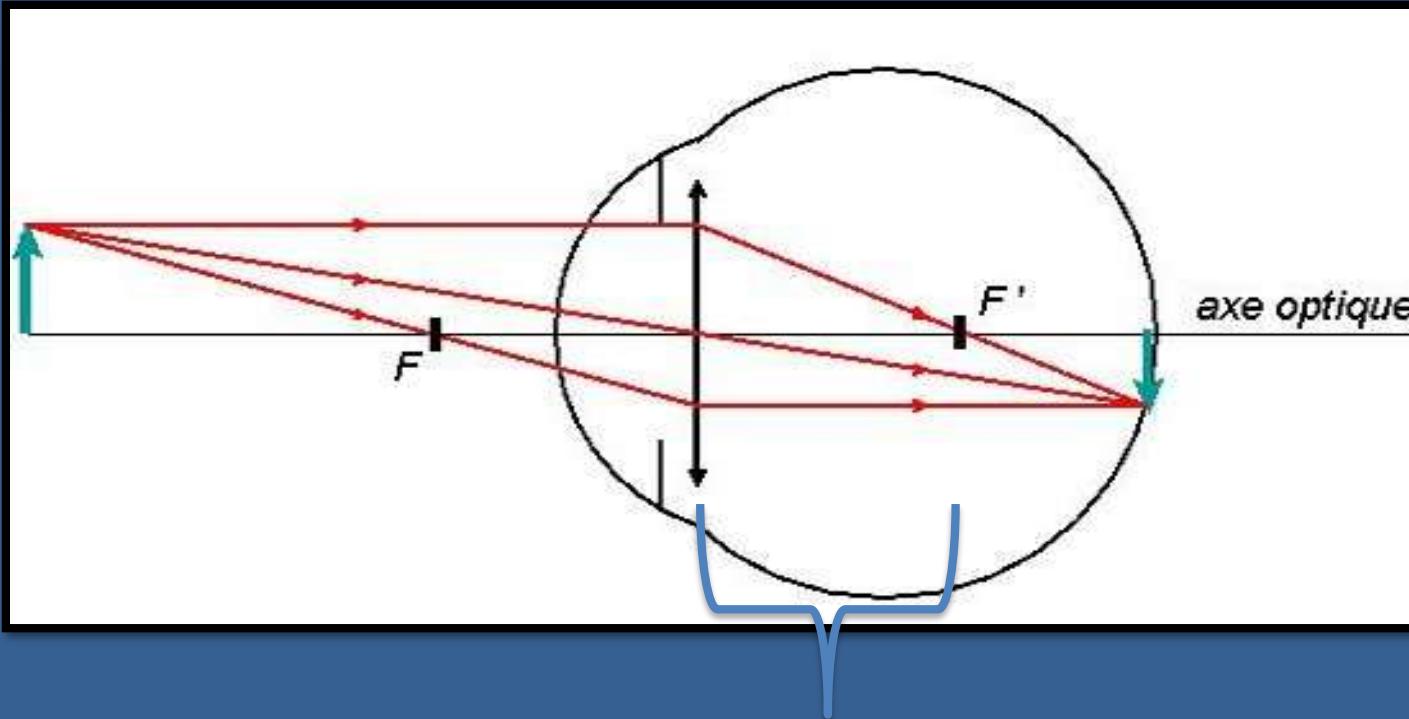
L'objectif est de lui donner **une vergence** adaptée afin de permettre la focalisation souhaitée. C'est l' **accommodation**., ce phénomène est très rapide, de l'ordre d'une fraction de seconde.

Vision lointaine



La distance focale de la lentille (cristallin) correspond à la distance entre le cristallin et la rétine. Pour un œil emmétrope, c'est une position de repos des muscles agissant sur le cristallin.

Vision proche



On note ainsi que la **distance focale du cristallin a diminué**, ce qui constitue une illustration de **l'accommodation du cristallin**.



punctum proximum

*distance minimale pour laquelle un objet rapproché est vu nette en accommodant au maximum
Pour un œil emmétrope, elle est de l'ordre de 25 centimètres.*



punctum remotum

distance maximale au-delà de laquelle la vision sera floue pour un objet éloigner au maximum , Pour un œil emmétrope, ce point est ainsi situé à l'infini



La myopie

cristallin est trop convergent.

Cela se traduit par une bonne vision de près, puisque les muscles ciliaires n'ont que peu de corrections à appliquer. Le punctum proximum est plus proche que pour un œil emmétrope.

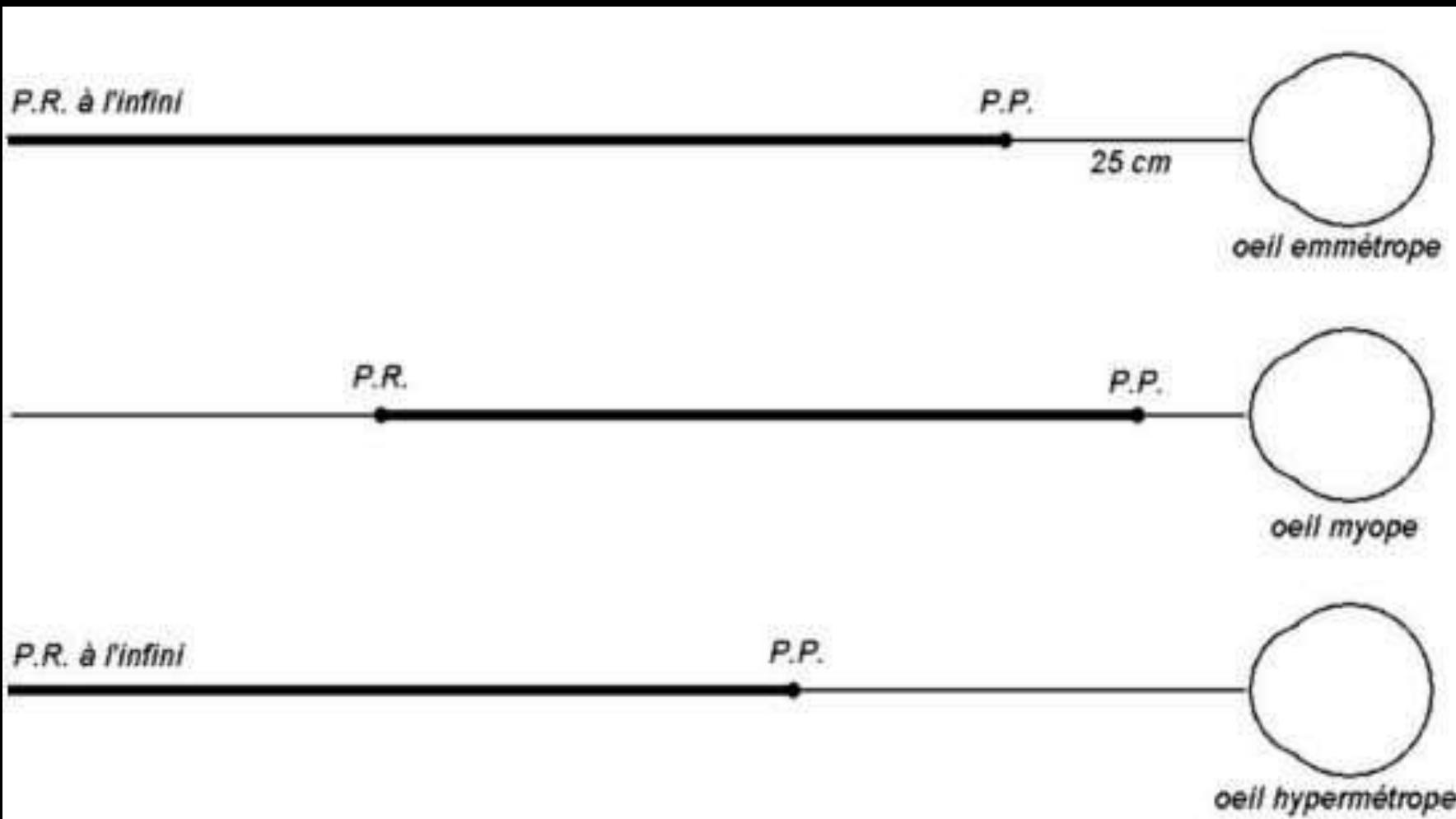
A l'opposé, un myope non corrigé aura des difficultés à voir loin, les muscles ne permettant plus de donner la bonne vergence au cristallin. Pour une myopie moyenne, on aura ainsi un punctum remotum de l'ordre de quelques mètres. Au-delà, le myope sans correction verra flou.



L'hypermétrie

C'est le contraire de la myopie. Le cristallin n'est pas assez convergent, les images auraient tendance à se former derrière la rétine.

Un hypermétrope verra bien des objets lointains, sans trop solliciter les muscles agissant sur le cristallin. Par contre, l'accommodation sera limitée pour de basses distances. Ainsi, le punctum proximum d'un œil hypermétrope sera plus éloigné que pour un œil normal.





La presbytie

vieillissement naturel du cristallin, ce qui a pour effet de diminuer l'amplitude de l'accommodation.

Le pouvoir d'accommodation de l'œil tend ainsi à décroître avec l'âge. Sauf pour les myopes, la vision de près sera alors plus difficile sans correction visuelle.



L'essentiel

L'accommodation est une **action de modification de la vergence du cristallin** afin de permettre une **vision nette, en vision de loin ou vision de près**. La distance entre le cristallin et la rétine étant **constante**, le cristallin est sollicité afin de faire en sorte que l'image d'un objet se forme toujours sur la rétine.
la vision ne sera nette qu' entre **le punctum proximum et le punctum remotum**.



L'essentiel

Pour un œil emmétrope jeune, cela sera entre 25 centimètres et l'infini. Des défauts de la vision, comme la myopie ou l'hypermétropie, peuvent cependant modifier cette gamme de vision nette. La presbytie est une diminution du pouvoir d'accommodation liée à l'âge.



Application 1

Un enquêteur utilise une loupe, qui n'est rien d'autre qu'une lentille convergente de centre O et de vergence $C = 5,0 \delta$ (dioptries). L'enquêteur observe le détail d'une empreinte digitale de taille 1,0 mm, et placée à 10 cm de la loupe.

- Grâce à un calcul, déterminer où se trouve l'image.
- Quelle est la taille de l'image vue à travers la loupe ?
- Est-elle réelle ou virtuelle ? Est-elle droite ou renversée ? Justifier.

Solution



Application 1

Un enquêteur utilise une loupe, qui n'est rien d'autre qu'une lentille convergente de centre O et de vergence $C = 5,0 \text{ d} (dioptries)$. L'enquêteur observe le détail d'une empreinte digitale de taille $1,0 \text{ mm}$, et placée à 10 cm de la loupe.

- a. On applique la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{f'}$$

Avec $C = 1/f'$ et $OA = -0.10 \text{ m}$

D'où $1/\overline{OA'} = C + 1/\overline{OA} = 5,0 + 1/(-0.10)$

$\overline{OA'} = -0,20 \text{ m} = -20 \text{ cm}$

L'image se trouve donc à 20cm avant la lentille.

Application 1

- b. On applique la relation de grandissement :

$$\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

$$\text{D'où } \overline{A'B'} = \overline{OA'} \times \overline{AB} / \overline{OA} = -0.20 \times 0,001 / (-0.10) = 2,0 \text{ mm}$$

La taille de l'image est de 2,0 mm. **1,5 pts**

- c. $\overline{OA'}$ est négative donc l'image est virtuelle et $\overline{A'B'}$ est positive donc l'image est droite.



Application 2

On modélise un œil normal par un œil réduit formé d'une lentille convergente de centre O et de distance focale f' variable, ainsi que d'un écran placé à une distance fixe de 17 mm derrière la lentille.

1. La modélisation de l'œil :

- A quelles parties de l'œil réel correspondent la lentille convergente et l'écran ?
- Dans tout l'exercice, que représente la distance fixe de 17 mm ?
- Quel est le rôle de l'iris dans l'œil ? Par quoi le modélise-t-on dans une expérience de laboratoire ?

2. Observation à l'infini

Sans accommoder, l'œil observe une étoile située à l'infini dans la direction de l'axe optique :

- Où se forme l'image de l'étoile ?
- En quel point caractéristique de la lentille se trouve l'image de l'étoile ? Justifier.
- Quelle doit être la vergence C_1 de la lentille pour que l'image se forme sur l'écran ?



Application 2

3. Observation d'un objet proche

L'œil observe maintenant une lettre de 5,0 mm de haut, sur un livre distant de 25 cm.

- En appliquant la relation de grandissement, prévoir la taille de l'image sur la rétine.
- Calculer alors la vergence C_2 de l'œil.

4. Œil presbyte

Avec l'âge (à partir de 45 ans environ), le cristallin perd de sa souplesse et les muscles ciliaires ont plus de mal à le bomber : l'observateur devient ainsi presbyte. Ainsi la vergence maximale de l'œil d'une personne de soixante ans est $C_3 = 60 \delta$.

- A quelle distance minimale cette personne peut-elle voir un objet sans lunette de correction ?
- Pourquoi a-t-on, tendance à tendre les bras lorsqu'on commence à souffrir de presbytie ?

Solution



Application 2

1. La modélisation de l'œil :

- Pour un œil réel la lentille convergente correspond au cristallin et l'écran à la rétine. **0.5 pt**
- La distance fixe de 17 mm est la mesure algébrique OA' . **0.5 pt**
- L'iris dans l'œil dans un œil réel permet de limiter la quantité de lumière pénétrant dans la pupille, on la remplace par un diaphragme. **0.5 pt**

2. Observation à l'infini

- Sans accommoder, l'œil observe une étoile située à l'infini dans la direction de l'axe optique : L'image de l'étoile se forme sur la rétine. **0.5 pt**
- L'image de l'étoile est placée dans le plan focal image du cristallin puisque OA tend vers l'infini. **1 pt**
- La vergence C_1 de la lentille est $C_1 = 1/OF' = 1/OA' = 1/0,017 = 59 \delta$. **1 pt**

3. Observation d'un objet proche

L'œil observe maintenant une lettre de $AB = 5,0$ mm de haut, sur un livre distant de $OA = -25$ cm.

- On applique la relation de grandissement :

$$A'B' = OA' \times AB / OA = 0,017 \times 0,005 / -0,25 = -0,34 \text{ mm} \quad \text{1 pt}$$



Application 2

- b. La vergence C_2 de l'œil est $C_2 = 1/0A' - 1/0A = 1/0,017 - 1/(-0,25) = 63 \delta$ **1 pt**

4. Œil presbyte

Avec l'âge (à partir de 45 ans environ), le cristallin perd de sa souplesse et les muscles ciliaires ont plus de mal à le bomber : l'observateur devient ainsi presbyte. Ainsi la vergence maximale de l'œil d'une personne de soixante ans est $C_3 = 60 \delta$.

- a. La distance minimale sans lunette de correction est $0A$ telle que $1/0A = 1/0A' - C_3 = 1/0,017 - 60$
Soit $0A = -0,85m = -85 \text{ cm}$ **1 pt**
- b. C'est pourquoi on a tendance à tendre les bras lorsqu'on commence à souffrir de presbytie... **1 pt**



Application 3

On visualise l'image $A'B'$ d'un objet AB par une lentille de distance focale 8,00 cm, de diamètre 10,0 cm et de centre optique O. A est situé sur l'axe optique. AB est perpendiculaire à celui-ci, vers le haut et situé à 14,0 cm avant la lentille. La taille de l'image est de 3,0 cm.

- 1) Calculer la vergence de cette lentille.
- 2) Trouver la position de l'image par le calcul.
- 3) En déduire la valeur du grandissement γ , puis la taille de l'objet.

Solution



Application 3

1) **1 pt** La vergence est $C = 1/OF' = 1/0,0800 = 12.5 \delta$.

2) **2 pts** On applique la relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{f'}$$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = C + \frac{1}{\overline{OA}} = 12.5 + \frac{1}{(-0.140)}$$

$$\text{D'où } \overline{OA'} = 0,187\text{m}$$

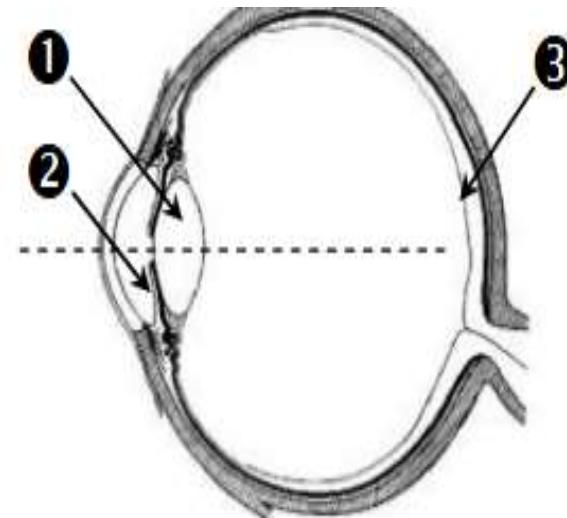
3) **2 pts** On applique la relation de grandissement :

$$\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

$$\text{D'où } \overline{AB} = \overline{OA} \times \frac{\overline{A'B'}}{\overline{OA'}} = -0.140 \times -0.030 / (0.187) = 0,022 \text{ m} = 2,2 \text{ cm}$$

Application 4

1. Associer à chaque numéro la légende appropriée.
2. Où se forme l'image dans l'œil ?
3. Comment l'œil fait-il pour garder une vision nette lorsque la distance avec l'objet regardé varie ? Comment se nomme ce phénomène ?
4. Comment se nomme le phénomène physique qui permet à des instruments optiques comme l'œil de fonctionner ?
5. Lorsqu'on modélise l'œil pour pouvoir étudier son fonctionnement, par quoi remplace-t-on la partie **2** ?



Un objet AB est placé à 1,0 m d'un observateur. Cet objet donne une image nette inversée A'B' de 3,0 mm de haut sur le fond de chaque œil.

- 6.1. Sachant que la profondeur d'un œil humain (entre **1** et **3**) est d'environ 1,7 cm, déterminer la hauteur AB de l'objet.
- 6.2. Calculer dans ces conditions la distance focale de l'œil et en déduire sa vergence.

Solution

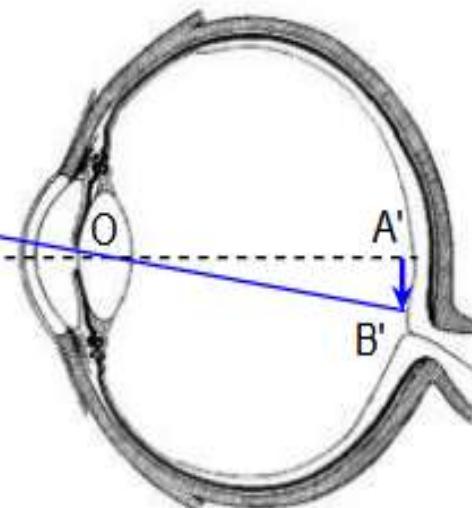
Application 4

1. ① : Cristallin
② : Iris
③ : Rétine 1,5pt
2. L'image se forme sur la rétine. 0,5pt
3. Le cristallin se déforme de manière à modifier sa vergence : c'est l'accommodation.
4. C'est la réfraction. 0,5pt
5. La partie ② est modélisée par un diaphragme. 0,5pt
- 6.1. On peut utiliser Thalès ou la formule du grandissement :

B
A

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \Leftrightarrow \overline{AB} = \frac{\overline{OA}}{\overline{OA'}} \times \overline{A'B'}$$

$$\Leftrightarrow \overline{AB} = \frac{-1,0}{1,7 \cdot 10^{-2}} \times -3,0 \cdot 10^{-3} = 0,18 \text{ m} \quad 2 \text{ pts}$$





Application 4

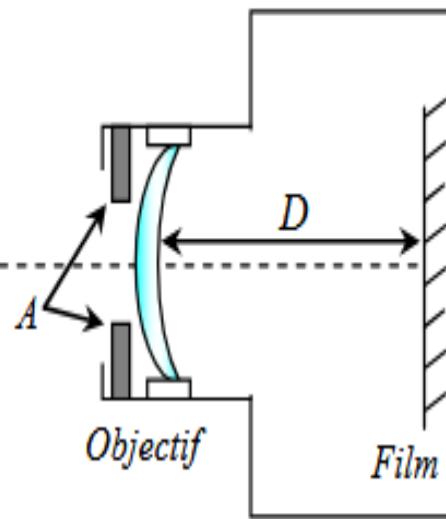
6.2. En utilisant la formule de conjugaison on a

$$\frac{1}{\overline{OA}'} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$
$$\Leftrightarrow f' = \frac{\overline{OA}' \times \overline{OA}}{\overline{OA} - \overline{OA}'}$$

$$\Leftrightarrow f' = \frac{1,7 \cdot 10^{-2} \times -1,0}{-1,0 - 1,7 \cdot 10^{-2}} = 0,017 \text{ m}$$

$$\text{D'où } C = \frac{1}{f'} = \frac{1}{0,017} = 59 \text{ δ}$$

Application 5



Un enfant fabrique un appareil photo à l'aide d'une boîte en carton et d'une lentille dont il fixe le centre optique à une distance $D = 40 \text{ mm}$ du fond de la boîte. L'enfant dispose alors dans une chambre noire un morceau de film photographique sur le fond de la boîte et bouche l'objectif de l'appareil avec un cache opaque.

Enfin, il sort de chez lui, pose l'appareil sur un support immobile et retire le cache. Au bout de quelques secondes, il remet le cache et retourne dans la chambre noire pour révéler la photo ainsi prise.

- D'après le schéma de l'appareil, la lentille utilisée est-elle convergente ou divergente ? Justifier.
- Comment se nomme la droite en pointillés passant par le centre optique de la lentille ?
- Sachant que la distance focale de la lentille utilisée est de 40 mm , une photo de la Lune avec cet appareil sera-t-elle nette ou floue ? Justifier.
- Comment se nomme la pièce A de l'appareil ? Quelle est son rôle ?
- Quel nom donne-t-on à l'équivalent de A dans l'œil ? Même question pour le film photographique.

Solution



Application 5

- a. La lentille utilisée est plus épaisse en son centre que sur les bords : c'est une lentille convergente. 0,5pt
- b. C'est l'axe optique. 0,5pt
- c. Comme $D = f'$, seul un objet situé loin (et idéalement à l'infini) sera net sur la photo car comme ses rayons arriveront sur la lentille en étant parallèles entre eux, ils convergeront donc dans le plan focal image de la lentille, c'est à dire précisément sur le film. Ainsi, la photo de la Lune sera nette. 1pt
- d. La pièce A est le diaphragme. Son rôle est, entre autre, de limiter la quantité de lumière pénétrant dans l'appareil photo. 0,5pt
- e. L'équivalent de A dans l'œil se nomme iris. Le film photo fait office de rétine. 0,5pt