



LA CAPSULE DU DÉBUTANT



L'œil et la vision

- ✓ Anatomie et fonctions optiques
- ✓ La rétine et la vision
- ✓ Les effets du vieillissement sur la vision
- ✓ L'œil et l'observation astronomique



LES OBJECTIFS

- ★ Au terme de cette présentation, le participant pourra :
 - Décrire l'anatomie du système optique de l'œil.
 - Élaborer sur les fonctions du cristallin et les principaux défauts de la vision.
 - Parler des modifications physiologiques de la vision associées au vieillissement.
 - Exposer les liens entre les mécanismes de la vision et l'observation astronomique.



ANATOMIE

★ Structures optiques

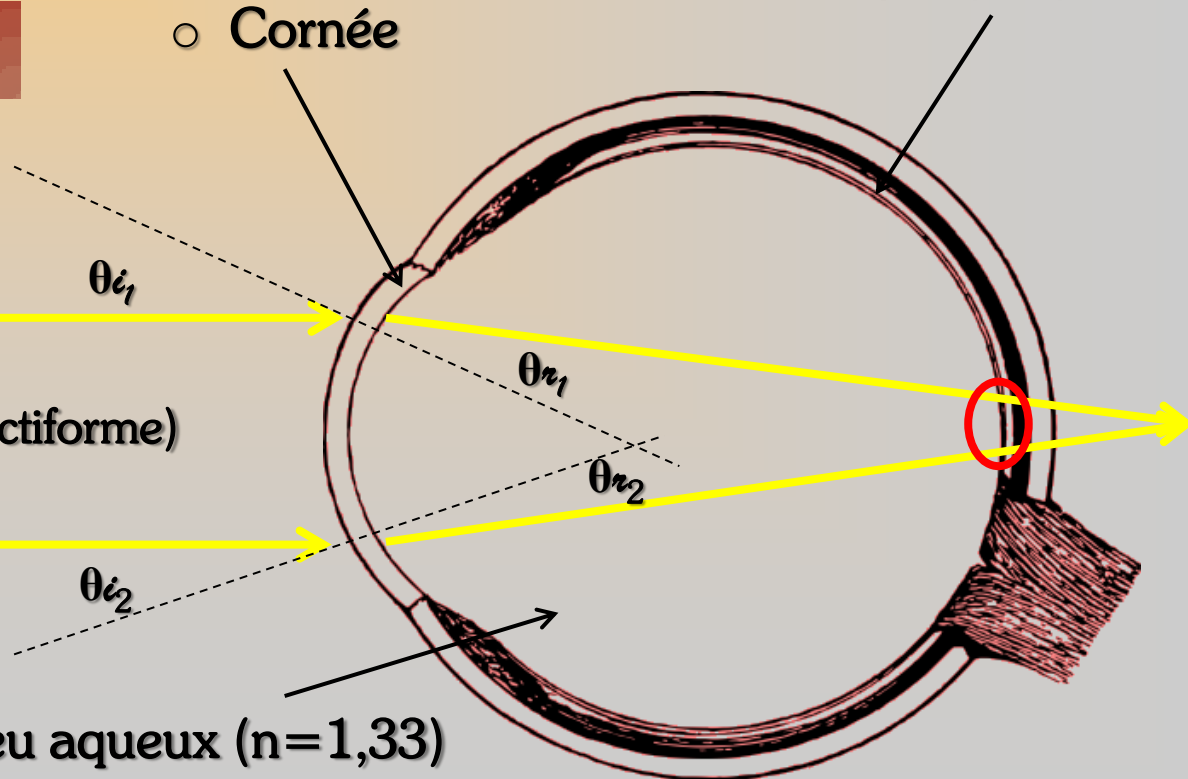
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Source à l'infini (ponctiforme)

○ Milieu aqueux ($n=1,33$)

○ Cornée

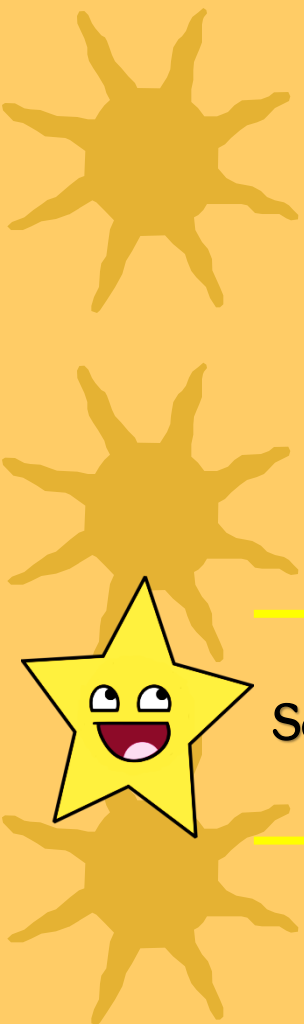
○ Rétine



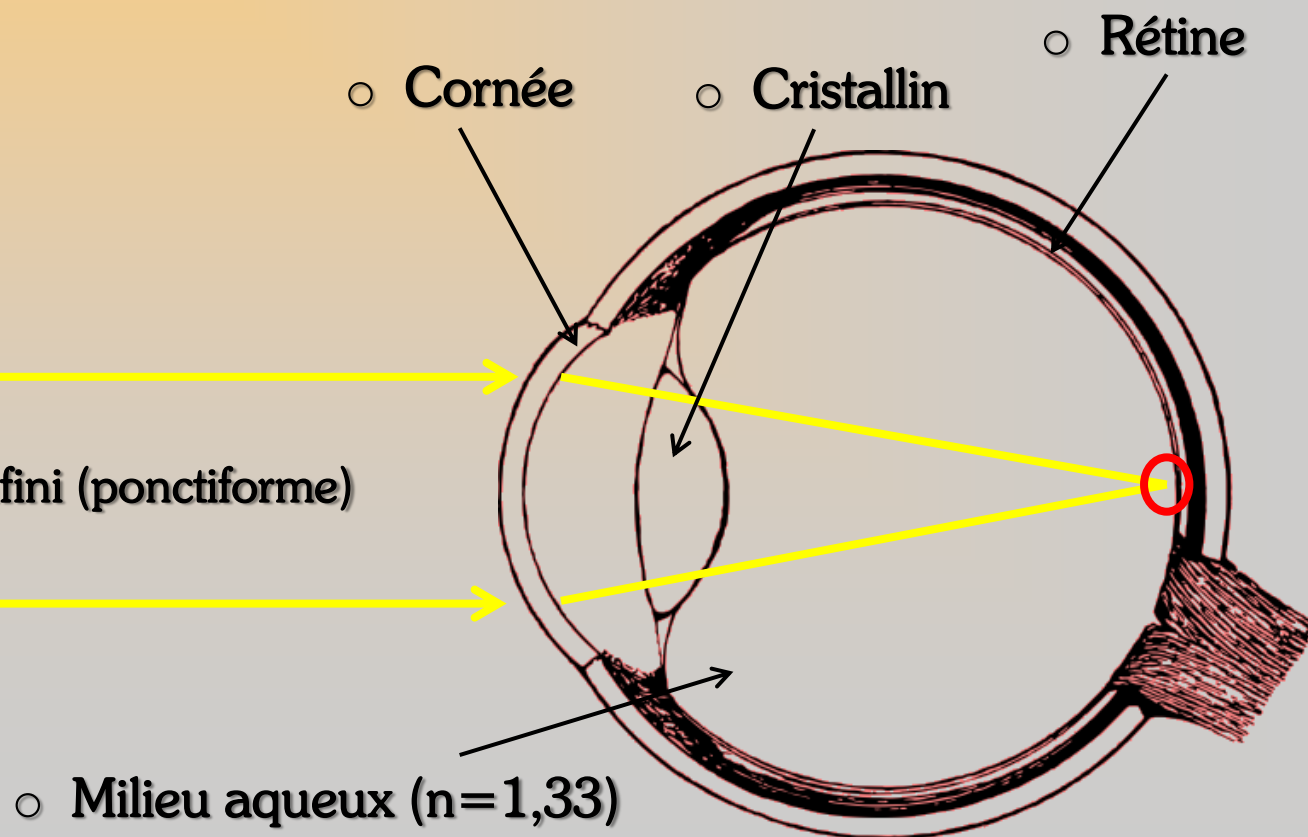


ANATOMIE

★ Structures optiques



Source à l'infini (ponctiforme)





ANATOMIE

★ Structures optiques

➤ La **cornée** protège l'œil du monde extérieur.

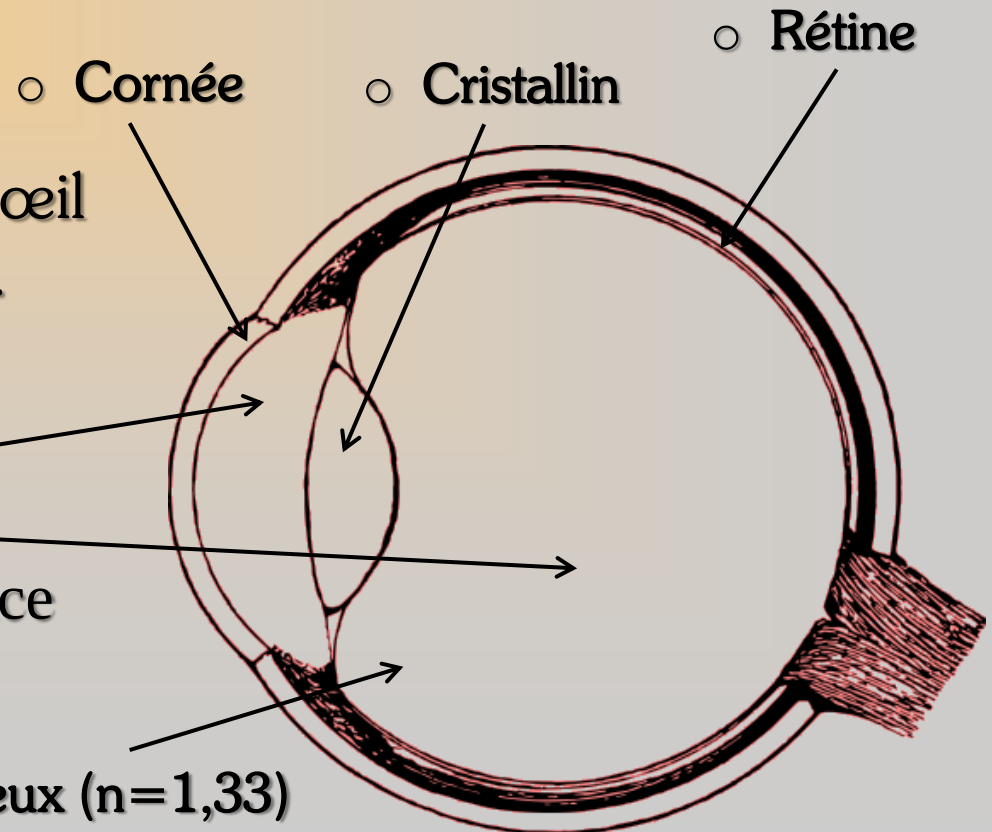
➤ Le **milieu aqueux** :

- Humeur aqueuse

- Humeur vitrée

maintien la tumescence de l'œil.

○ Milieu aqueux ($n=1,33$)

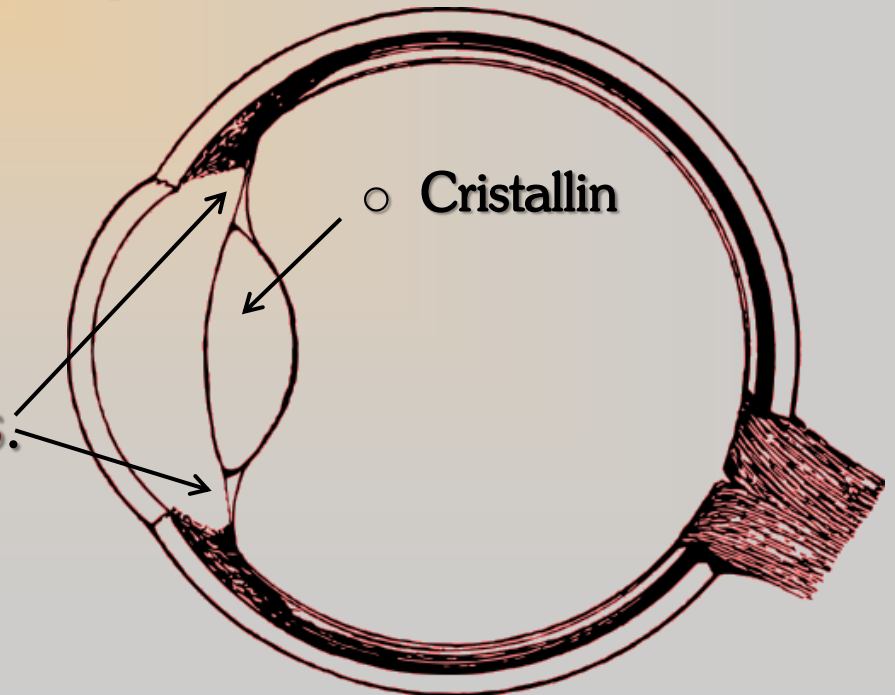




ANATOMIE

★ Structures optiques

- Le **cristallin** est une lentille convergente biconvexe *dynamique*.
- Son rayon de courbure est modifiable par contraction des **muscles ciliaires**.

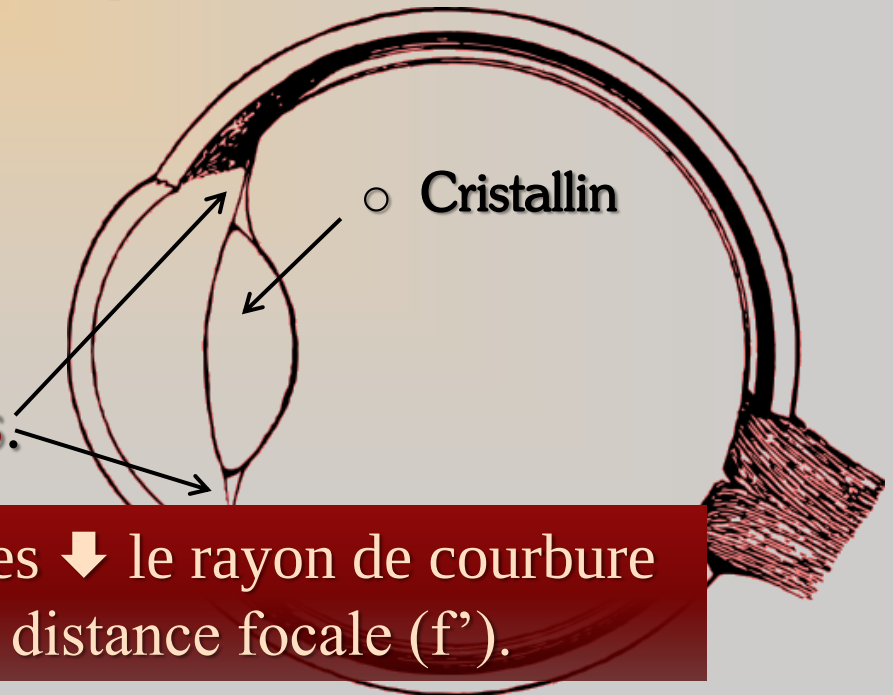




ANATOMIE

★ Structures optiques

- Le **cristallin** est une lentille convergente biconvexe *dynamique*.
- Son rayon de courbure est modifiable par contraction des **muscles ciliaires**.



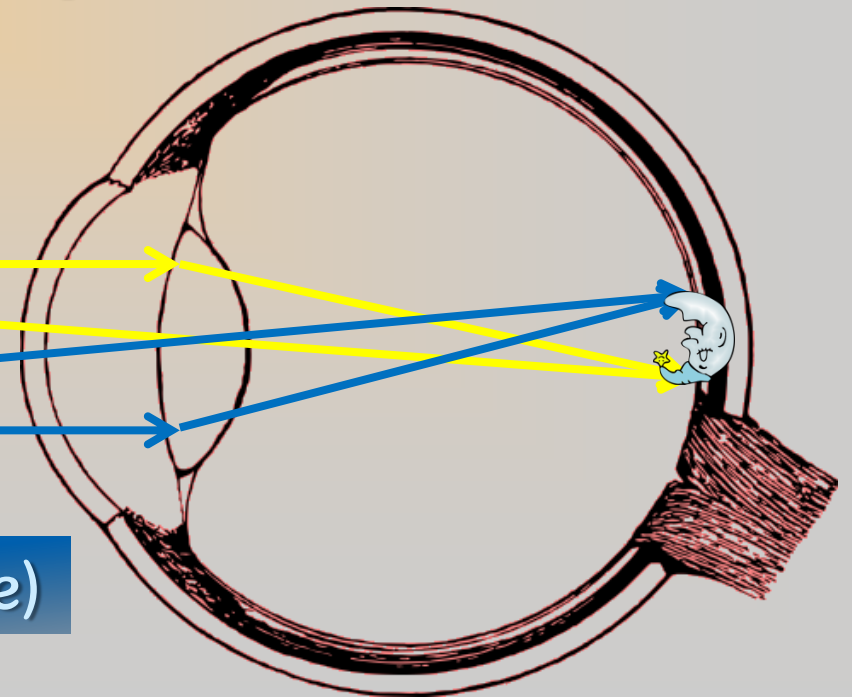
La contraction des muscles ciliaires ↓ le rayon de courbure et épaissit le cristallin ce qui ↓ sa distance focale (f').



ANATOMIE

★ Structures optiques

- Le **cristallin** est une lentille convergente biconvexe *dynamique*.



Source éloignée (non ponctiforme)



ANATOMIE

★ Structures optiques

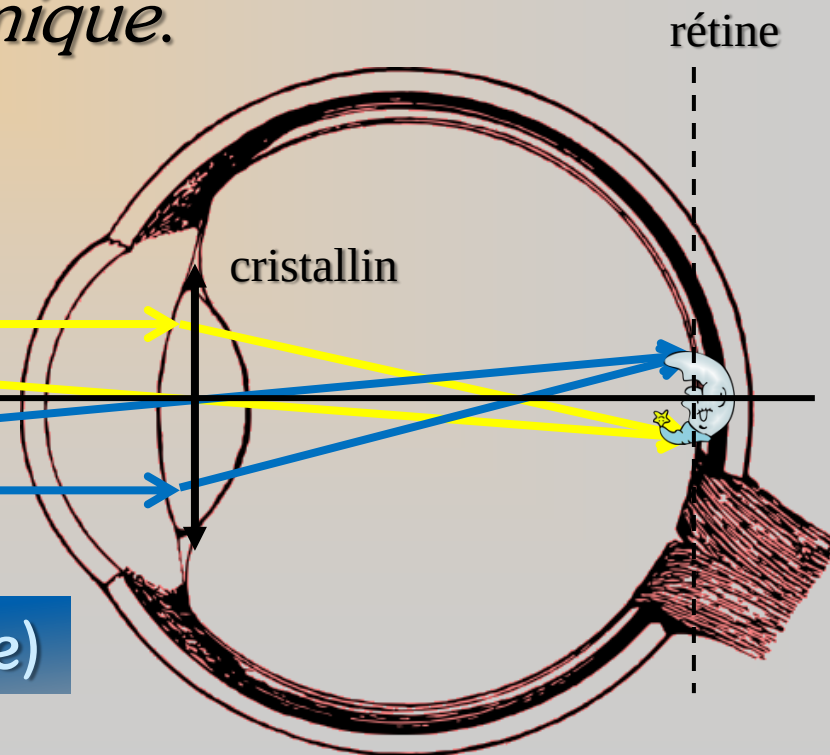
- Le **cristallin** est une lentille convergente biconvexe *dynamique*.

Œil modélisé



axe optique

Source éloignée (non ponctiforme)



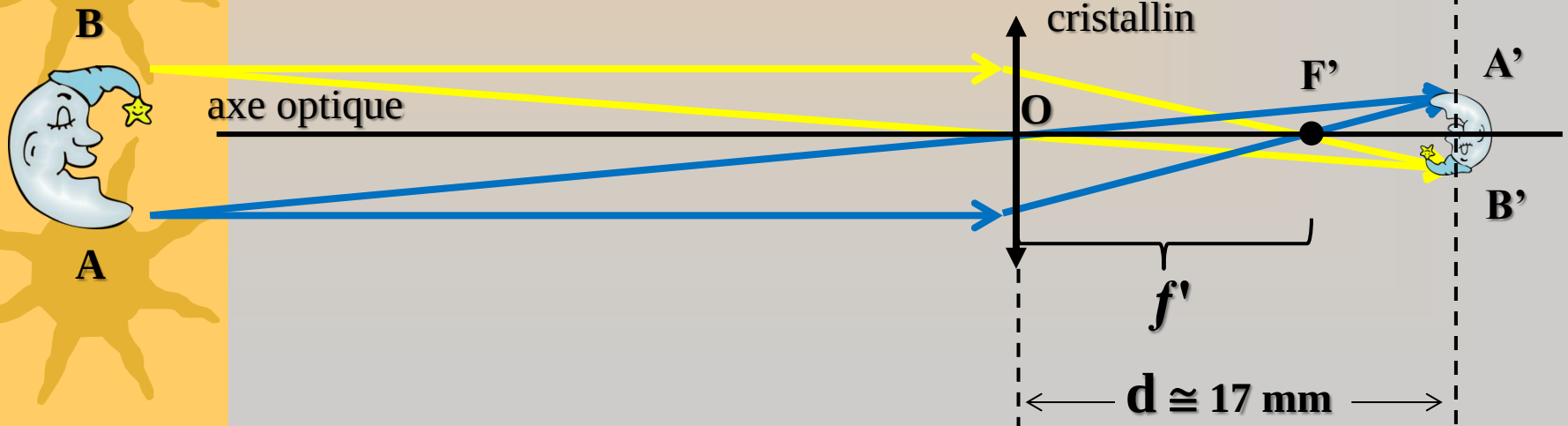


ANATOMIE

★ Structures optiques

- Le **cristallin** est une lentille convergente biconvexe *dynamique*.

Œil modélisé



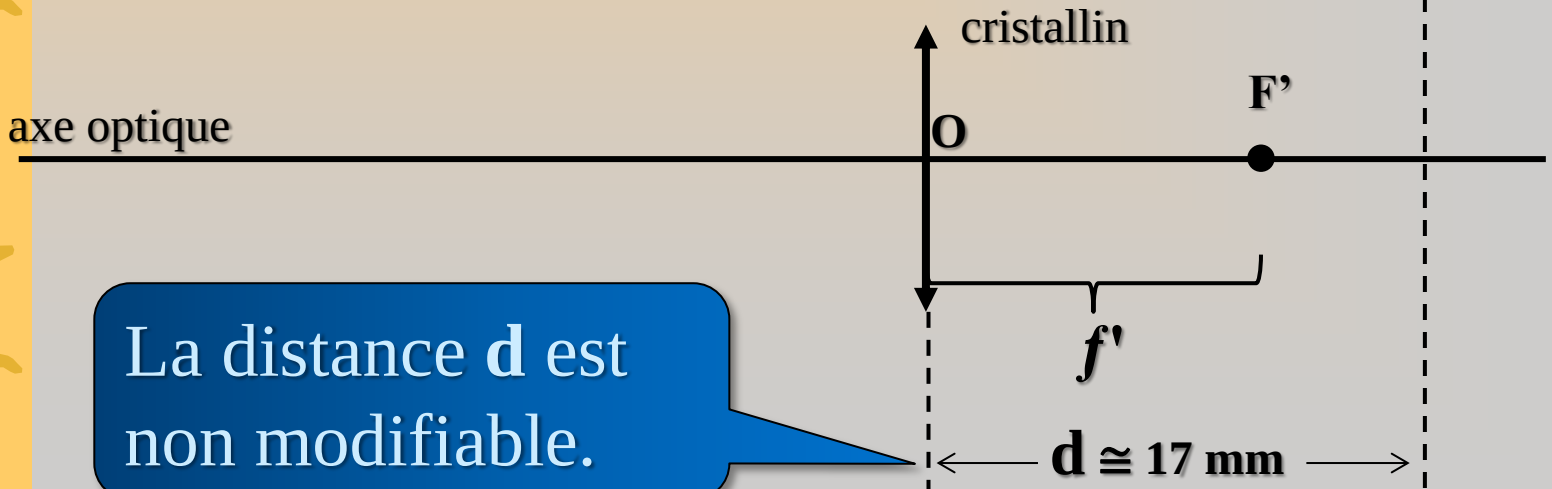


ANATOMIE

★ Structures optiques

- Le **cristallin** est une lentille convergente biconvexe *dynamique*.

Modèle de l'œil réduit



La distance **d** est non modifiable.



ANATOMIE

★ Structures optiques

- Le **cristallin** est une lentille convergente biconvexe *dynamique*.

Source éloignée

Admettons une lentille *fixe*

Source rapprochée

L'image ne se forme plus sur la rétine

Floue

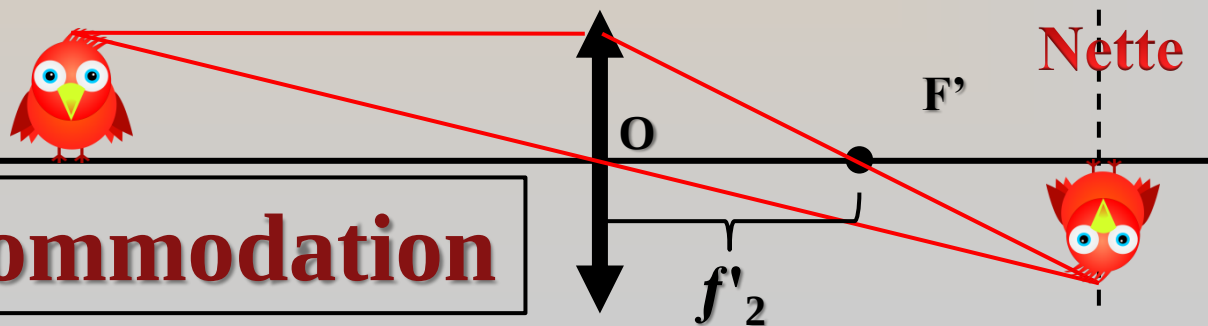
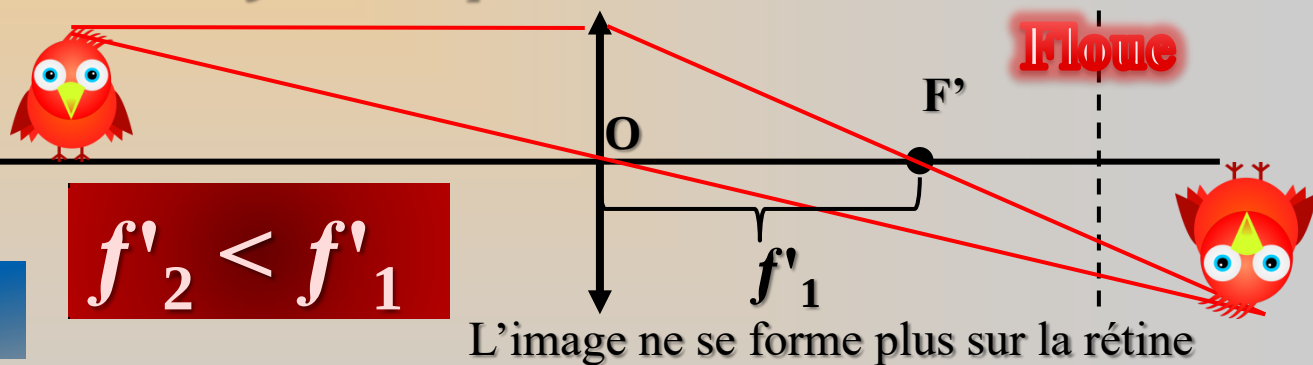




ANATOMIE

★ Structures optiques

- Le **cristallin** est une lentille convergente biconvexe *dynamique*.



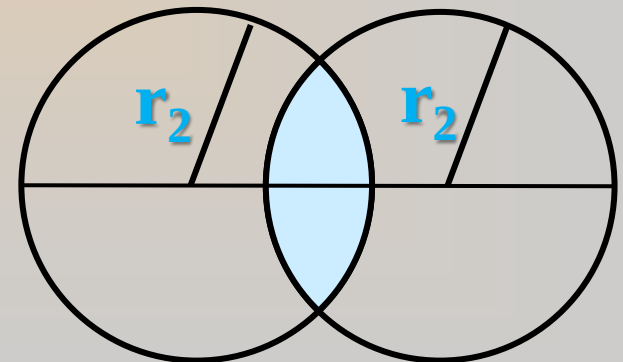
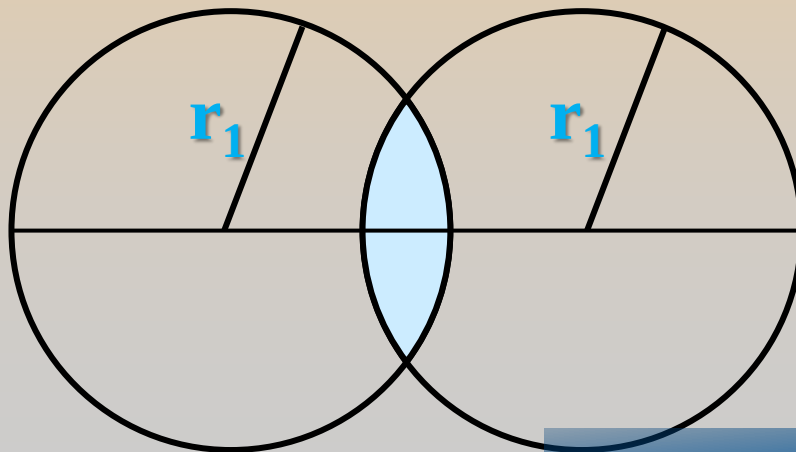
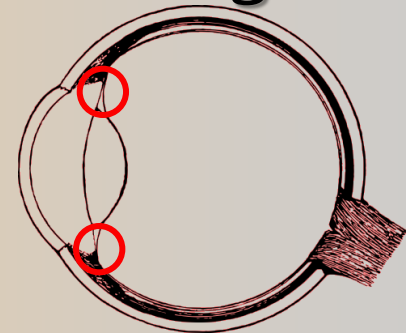


ANATOMIE

★ Structures optiques

➤ Le **cristallin** est une lentille convergente biconvexe *dynamique*.

- La contraction des muscles ciliaires ↓ r du cristallin



La lentille devient plus convergente

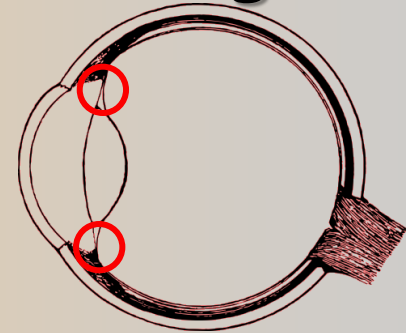


ANATOMIE

★ Structures optiques

➤ Le **cristallin** est une lentille convergente biconvexe *dynamique*.

- La contraction des muscles ciliaires ↓ **r** du cristallin
- La distance focale f' ↓



$$P \cong \frac{1}{f'}$$

P = Vergence (C)
s'exprime en m^{-1} ou en dioptrie (δ)

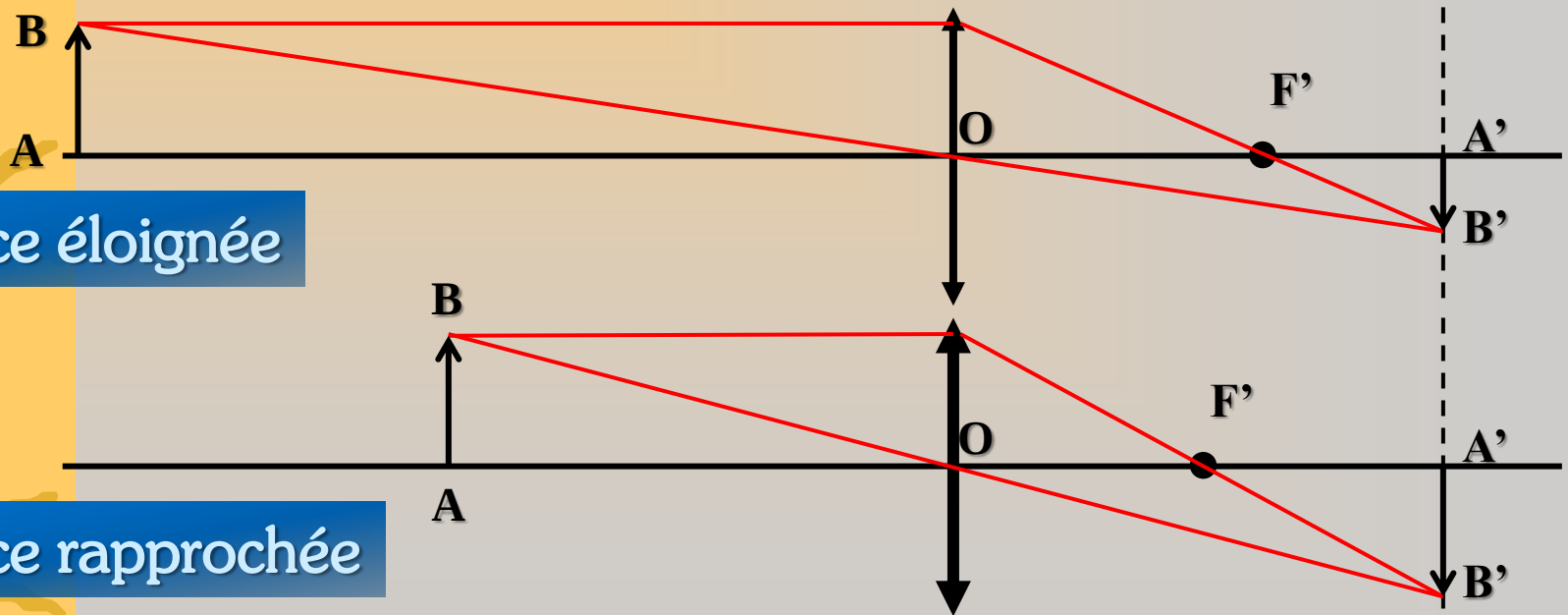
- ... mais il y a une **limite** à l'accommodation...



ANATOMIE

★ Structures optiques

➤ Le **cristallin** et la vision nette :





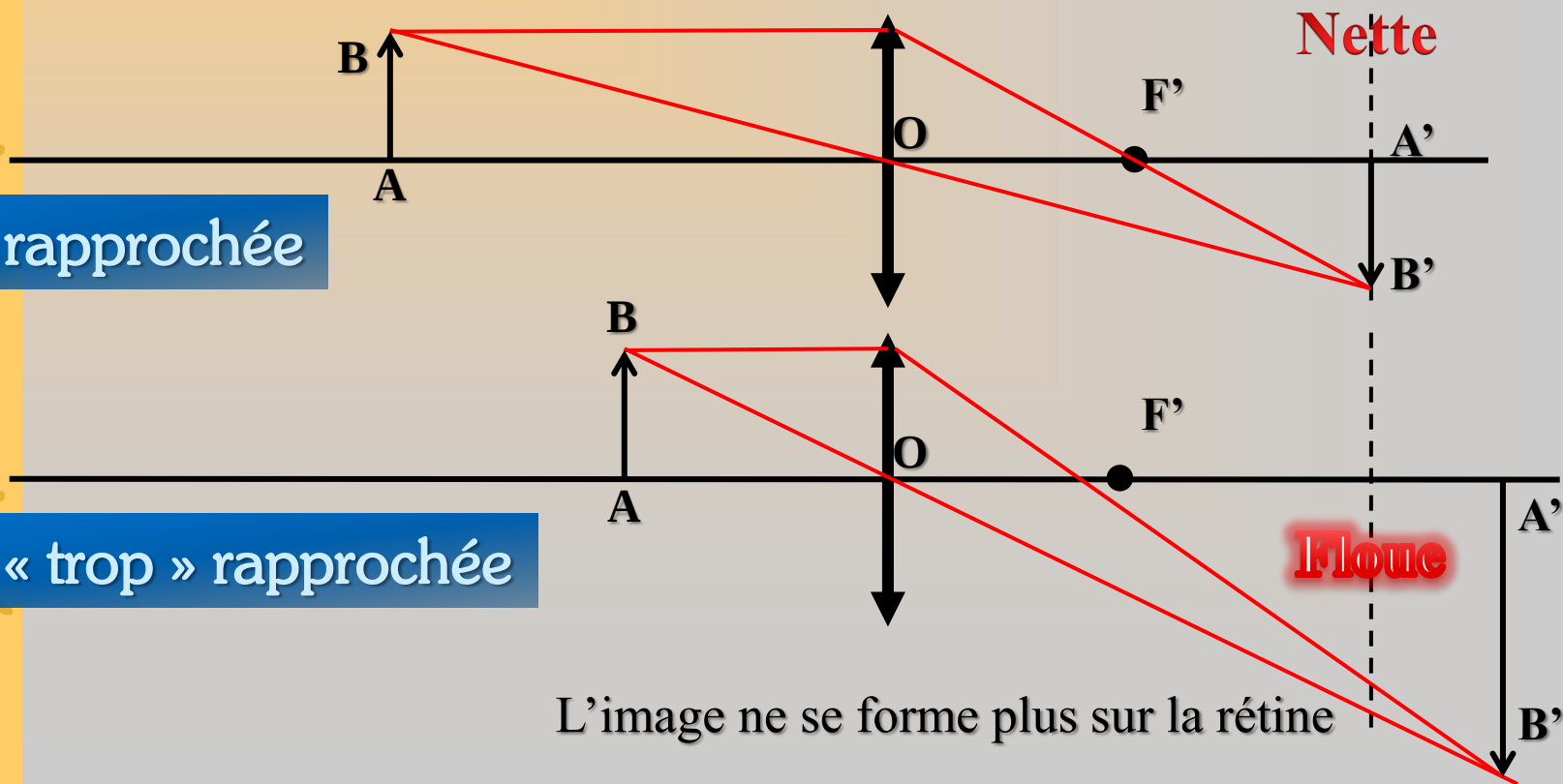
ANATOMIE

★ Structures optiques

➤ Le **cristallin** et la vision nette :

Source rapprochée

Source « trop » rapprochée

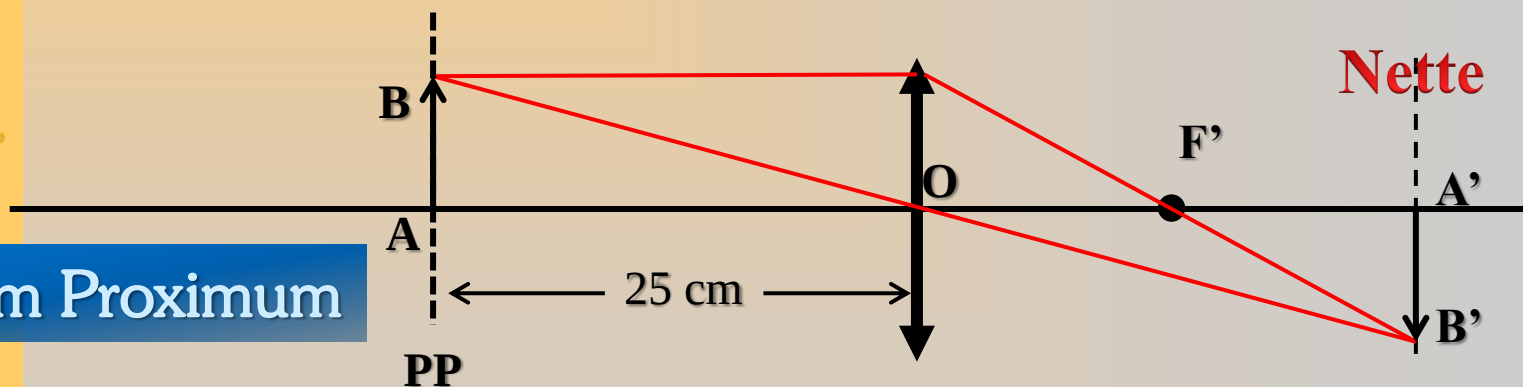




ANATOMIE

★ Structures optiques

➤ Le **cristallin** et la vision nette :



Punctum Proximum

➤ Le PP est d'environ 25 cm pour un œil **emmétrope** à un âge de 45 ans.

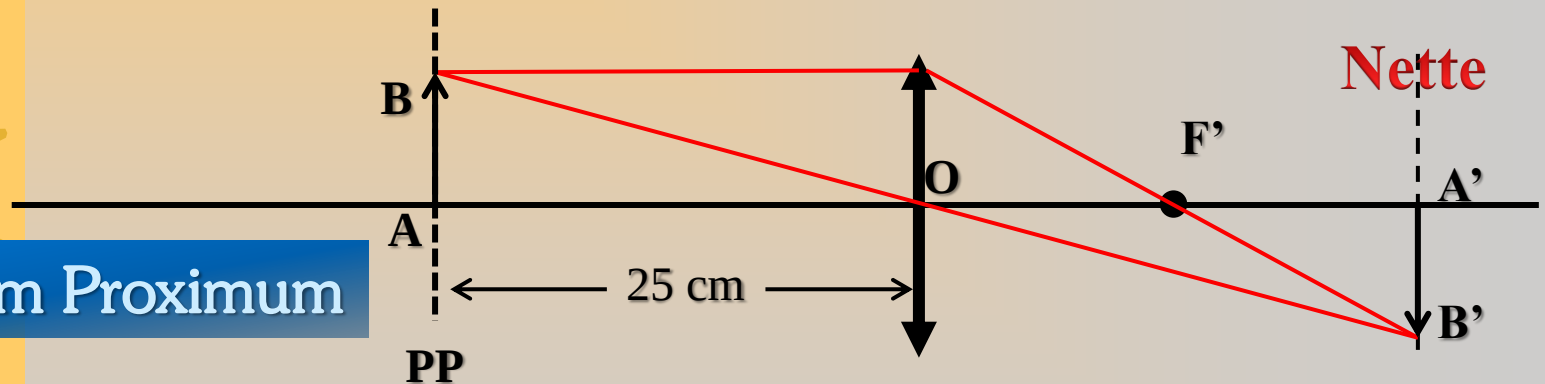
Œil sans défaut visuel



ANATOMIE

★ Structures optiques

➤ Le **cristallin** et la vision nette :



Punctum Proximum

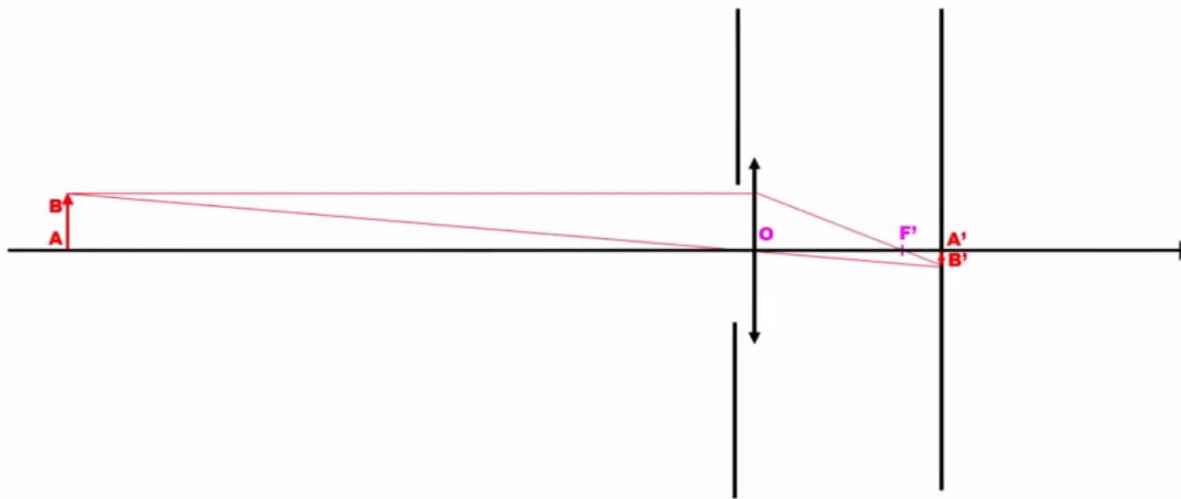
➤ Le PP est d'environ 25 cm pour un œil **emmétrope** à un âge de 45 ans.

- Varie selon l'âge ($\approx$ 15 à 17 cm chez les enfants)
- Varie selon les individus



ANATOMIE

Accommodation



œil réduit

Lorsque l'objet est situé à ∞ , le cristallin est détendu et l'œil est au **repos**.

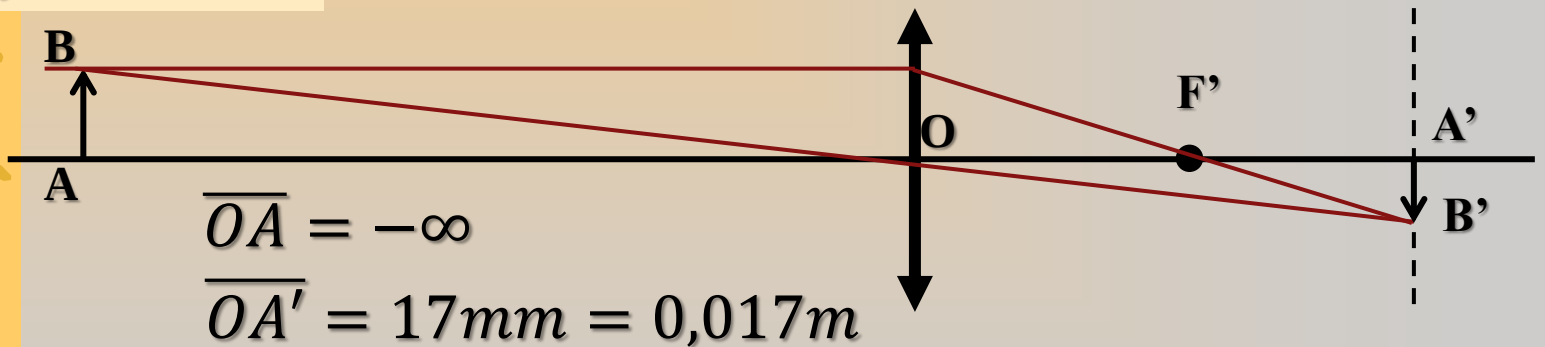
Lorsque l'objet est situé au PP, le cristallin est contracté au maximum et l'œil **fatigue**.



ANATOMIE

★ Exercice : Calculer le domaine de variation de la vergence de l'œil emmétrope.

1. Objet à l'infini



$$\overline{OA} = -\infty$$

$$\overline{OA'} = 17\text{mm} = 0,017\text{m}$$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} = C \Rightarrow C = \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{0.017} \cong 59\text{m}^{-1} \cong \mathbf{59\delta}$$

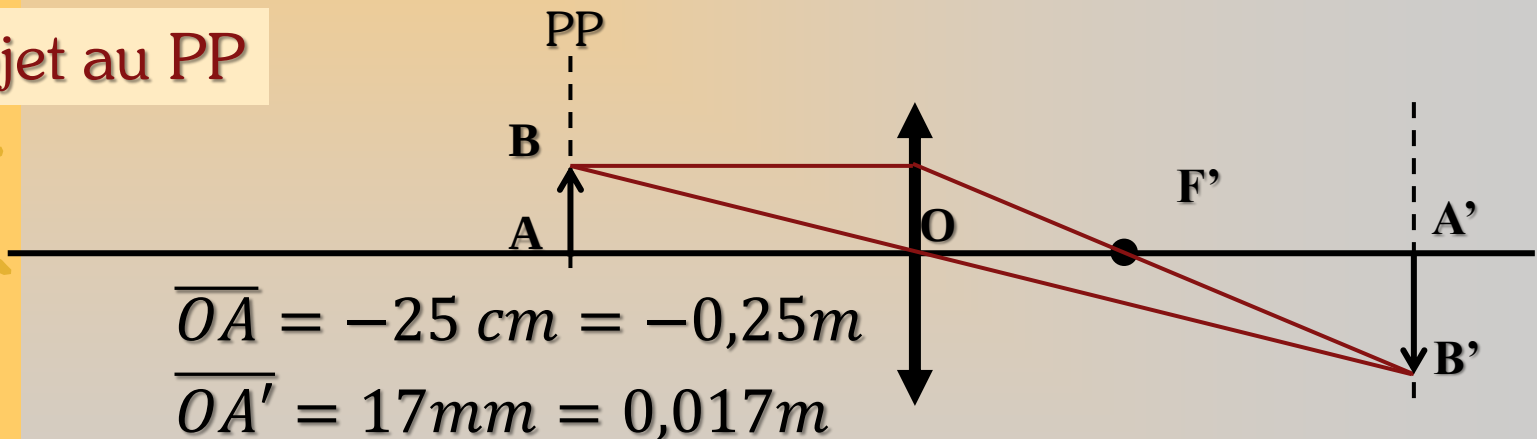
$\lim_{\overline{OA} \rightarrow -\infty} \frac{1}{\overline{OA}} = 0$



ANATOMIE

★ Exercice : Calculer le domaine de variation de la vergence de l'œil emmétrope.

2. Objet au PP



$$\overline{OA} = -25 \text{ cm} = -0,25\text{m}$$

$$\overline{OA'} = 17\text{mm} = 0,017\text{m}$$

$$C = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{0.017} + \frac{1}{0,25} \cong 63\text{m}^{-1} \cong \mathbf{63\delta}$$

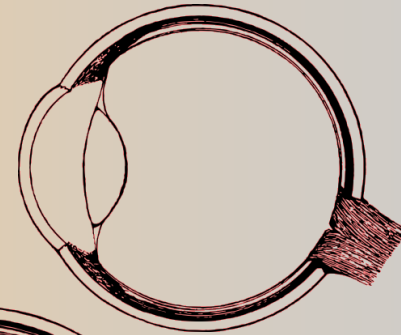
Δ entre l'œil au repos et l'œil à accommodation maximale = $63 - 59 = \mathbf{4\delta}$



DÉFAUTS OPTIQUES DE L'OEIL

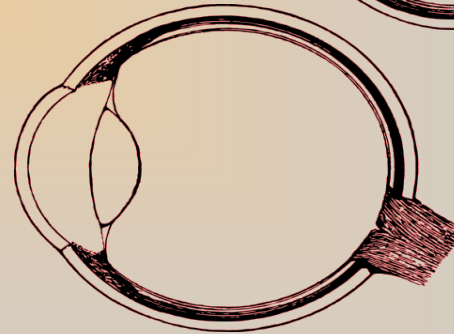
★ Myopie :

➤ Œil emmétrype



➤ Œil myope

■ Œil trop long



■ Cristallin trop courbé au repos





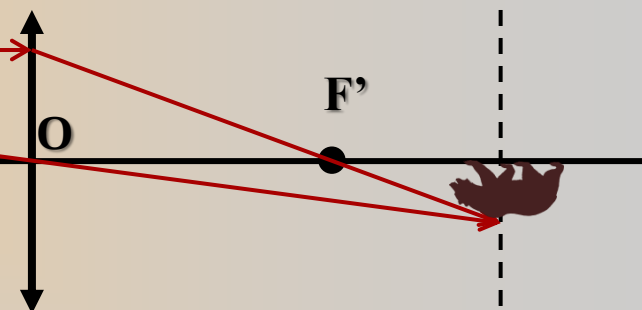
DÉFAUTS OPTIQUES DE L'OEIL

★ Myopie :

➤ Œil emmétrype

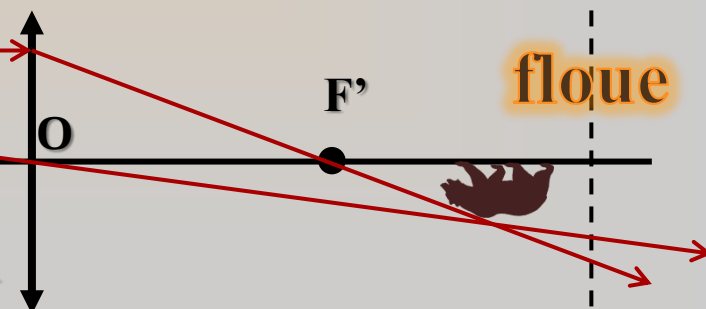
Punctum Remotum

$$PR = -\infty$$



➤ Œil myope

$$PR > -\infty$$



L'image se forme à l'intérieur de l'œil



DÉFAUTS OPTIQUES DE L'OEIL

★ Myopie :

➤ L'œil myope ne voit pas nettement les objets situés **au loin**.

■ $PR > -\infty$: Par exemple, $PR = 2 \text{ m}$

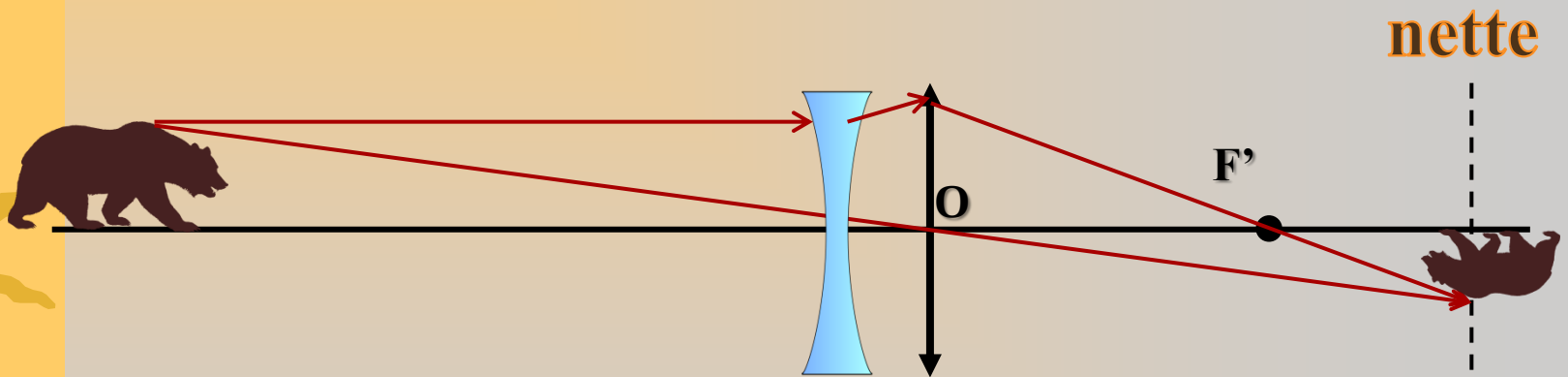
➤ Par ailleurs, l'œil myope voit bien les objets proches.

■ $PP < 25 \text{ cm}$: Par exemple, $PP = 10 \text{ cm}$



DÉFAUTS OPTIQUES DE L'OEIL

★ Myopie : correction



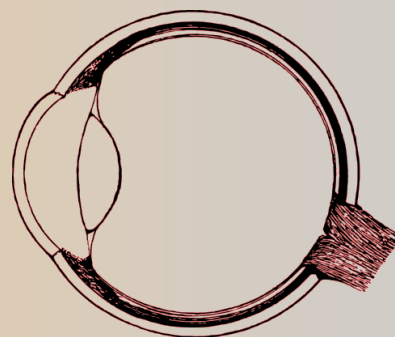
Lentille divergente pour ↓ la vergence



DÉFAUTS OPTIQUES DE L'OEIL

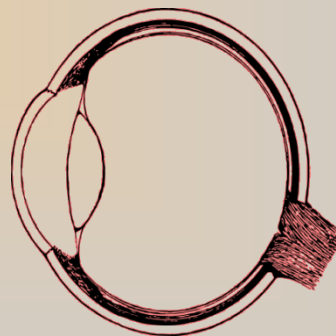
★ Hypermétropie:

➤ Œil emmétrype

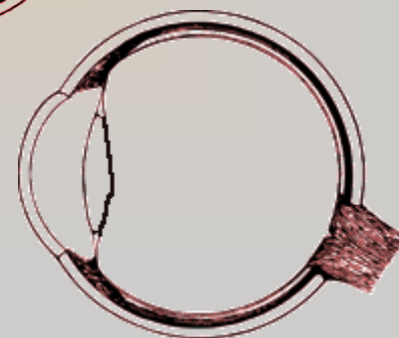


➤ Œil hypermétrope

■ Œil trop court



■ Cristallin trop peu courbé à contraction maximale





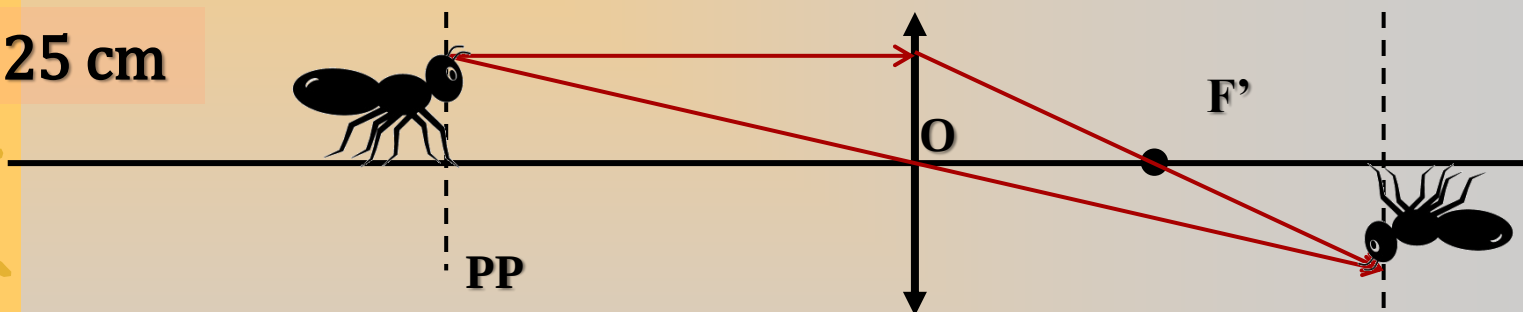
DÉFAUTS OPTIQUES DE L'OEIL

★ Hypermétropie :

➤ Œil emmétrype

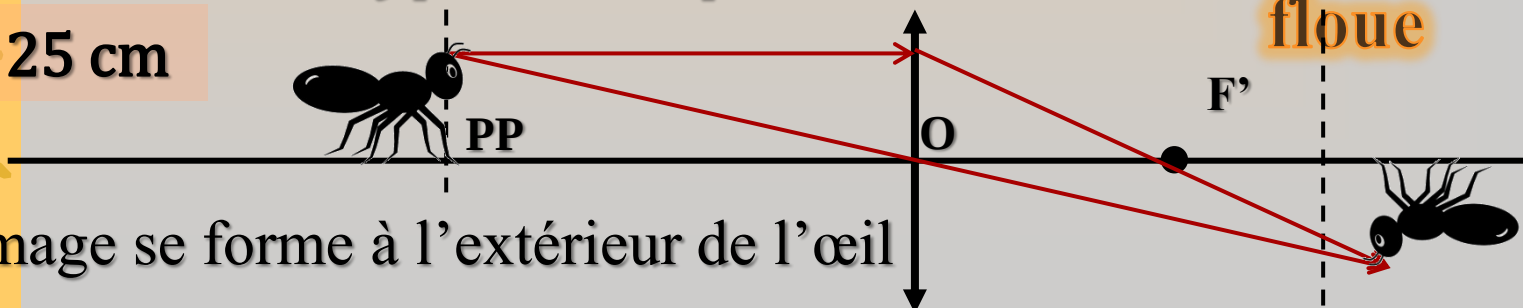
Punctum Proximum

PP = - 25 cm



➤ Œil Hypermétrope

PP < - 25 cm



L'image se forme à l'extérieur de l'œil



DÉFAUTS OPTIQUES DE L'OEIL

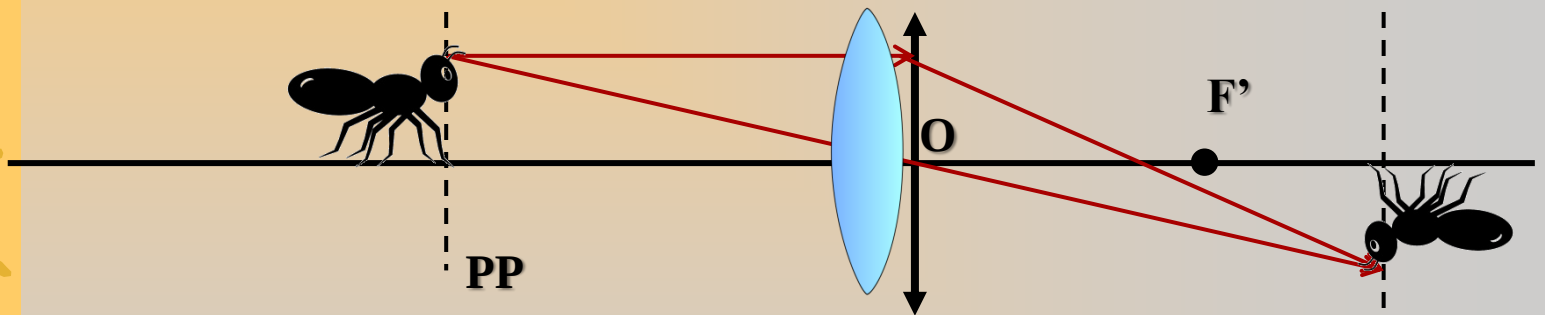
★ Hypermétropie :

- L'œil hypermétrope ne voit pas nettement les objets situés **tout près**.
 - $PP < -25 \text{ cm}$: Par exemple, $PP = -40 \text{ cm}$
- Par ailleurs, l'œil hypermétrope voit bien les objets lointain.
 - $PR = -\infty$



DÉFAUTS OPTIQUES DE L'OEIL

★ Hypermétropie : correction



Lentille convergente pour ↑ la vergence



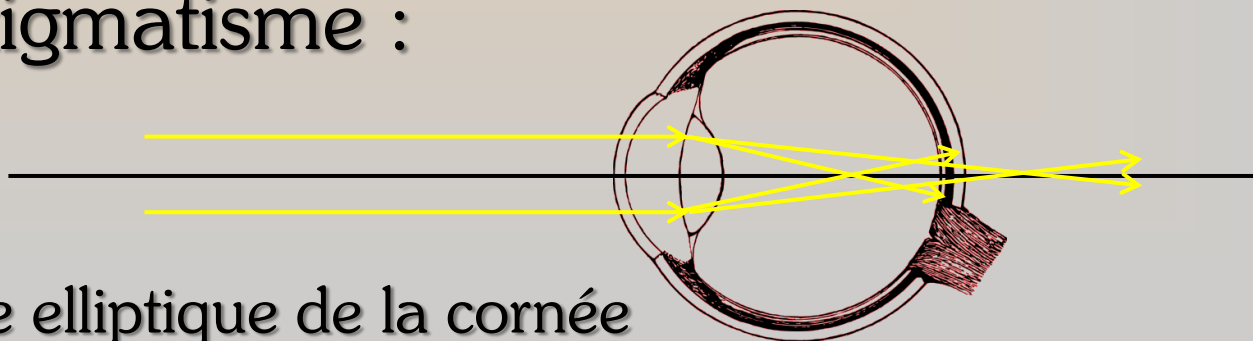
DÉFAUTS OPTIQUES DE L'OEIL

★ Presbytie :

➤ Ce n'est pas une maladie, mais une conséquence du **vieillessement** du cristallin qui se rigidifie avec le temps ➡ défaut d'accommodation.

■ Se corrige comme l'hypermétropie

★ Astigmatisme :

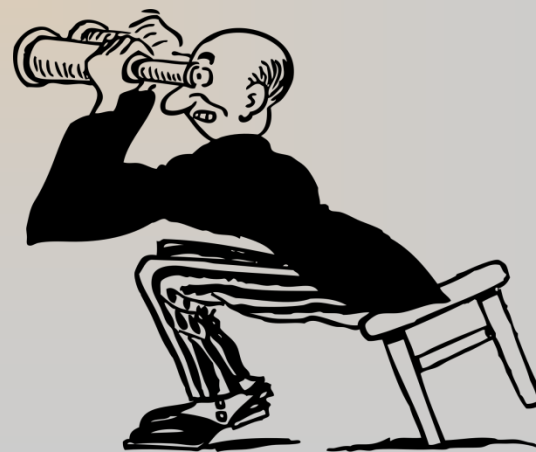


Forme elliptique de la cornée



DÉFAUTS OPTIQUES DE L'OEIL

- ★ Défauts de l'œil et observation astronomiques : on suggère de ➡
 - Enlever les verres correcteurs pour la myopie, l'hypermétropie ou la presbytie.
 - Conserver les verres correcteurs si astigmatisme.

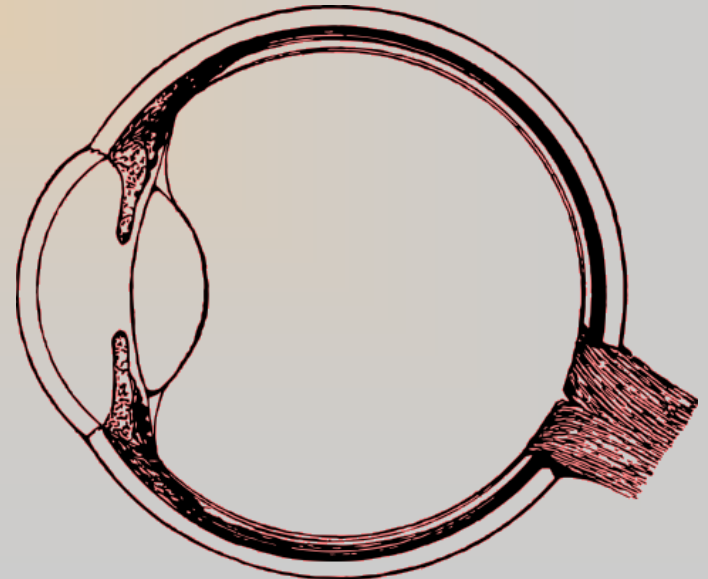




ANATOMIE

★ Le contrôle de l'intensité lumineuse :

- L'œil doit s'adapter aux conditions de luminosité ambiante.
- Il le réalise grâce à un diaphragme : le complexe pupille-iris.

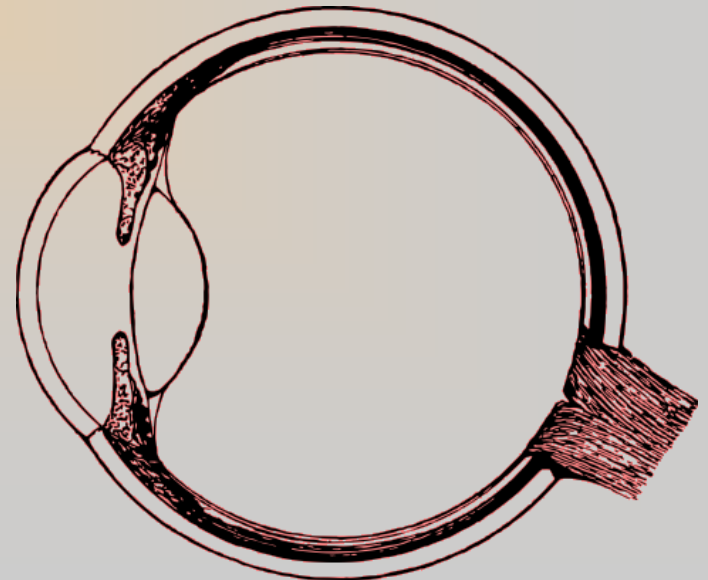




ANATOMIE

★ La pupille admet la lumière :

- Son diamètre varie entre 2 et 8 mm.
- La quantité de lumière admise varie en fonction du carré du rayon ➡ $S = \pi r^2$.





ANATOMIE

★ La pupille admet la lumière :

- Son diamètre varie entre 2 et 8 mm.
- La quantité de lumière admise varie en fonction du carré du rayon ➡ $S = \pi r^2$.

Δ entre 4 mm et 6 mm d'ouverture : **$\Delta \text{ max.}(4^2/1^2) = 16$**

$$\frac{\pi 3^2}{\pi 2^2} = \frac{3^2}{2^2} = \frac{9}{4} = 2,25 \cong \text{2 fois plus de lumière.}$$





PHYSIOLOGIE DU DIAPHRAGME

★ La pupille admet la lumière :

- Parfois, 2 mm c'est trop et c'est l'éblouissement.
- Le cristallin fait converger le rayonnement solaire vers la rétine ➡ brûlures irréversibles.



Le Soleil est l'ennemi du télescope et de ses utilisateurs.



▶ Ne regardez **JAMAIS** le Soleil avec ce télescope, le viseur qui y est fixé, une paire de jumelles ou à l'œil nu — même pour un court instant — car votre vision pourrait être endommagée de façon permanente.

▶ Ne pointez **JAMAIS** ce télescope vers le Soleil. Certaines de ses composantes pourraient fondre et être irrémédiablement déformées.



PHYSIOLOGIE DU DIAPHRAGME

- ★ La pupille admet la lumière :
 - Observer le Soleil de manière sécuritaire :



**Attention : Ne jamais utiliser de filtres
d'oculaire pour regarder le Soleil**



PHYSIOLOGIE DU DIAPHRAGME



★ La pupille admet la lumière :

➤ Observer la Lune de manière sécuritaire :



- L'observation lunaire peut être inconfortable, mais elle est **sans danger** pour les yeux, même dans un télescope à fort grossissement.

- L'irradiance solaire = $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
L'irradiance lunaire = $0,002 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
 $\Delta 1/500\,000$

- On peut utiliser un filtre d'oculaire pour atténuer l'intensité lumineuse de la Lune.





PHYSIOLOGIE DU DIAPHRAGME

★ La pupille admet la lumière :

➤ Parfois, 8 mm n'est pas assez.

- Δ luminance chez l'humain = 16 fois.
- Δ luminance chez le chat = 135 fois.

$P_{\max_{\text{chat}}} = 12\text{mm}$

Δ 2,25 fois, mais en raison
d'une $\uparrow$ des bâtonnets,
 $\Delta = 6$ fois



➤ L'être humain est essentiellement un animal diurne exclusif.

- Sa vision nocturne est très limitée



PHYSIOLOGIE DU DIAPHRAGME

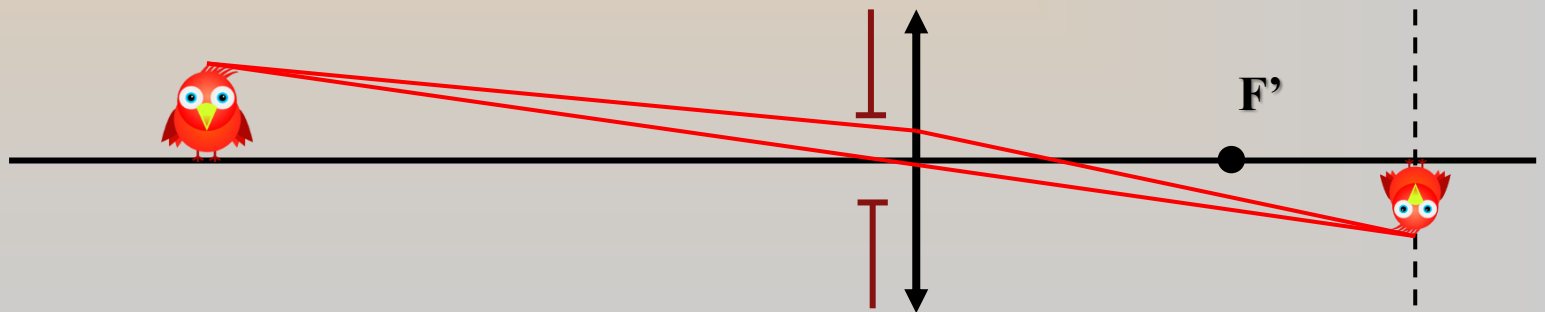
★ La pupille admet la lumière :

➤ Une petite pupille (2 à 3 mm)

■ Réunit les conditions de Gauss

- Vision plus nette
- ↑ la profondeur de champ

■ ↑ diffraction et les taches d'Airy.





EFFETS DU VIEILLISSEMENT

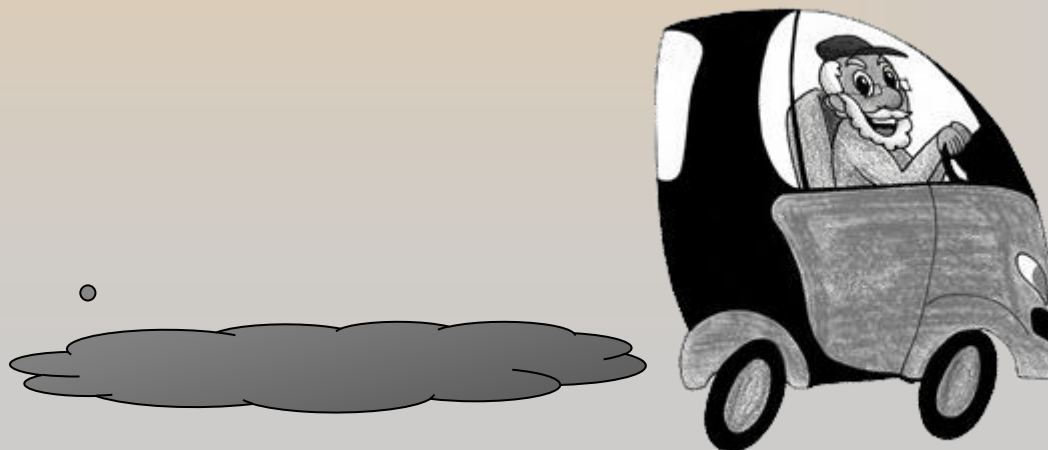
★ La pupille admet la lumière :

➤ La dilatation pupillaire ↓ avec l'âge.

■ De 8 mm à 20 ans ➡ 5 mm à 80 ans.

Δ 2,56

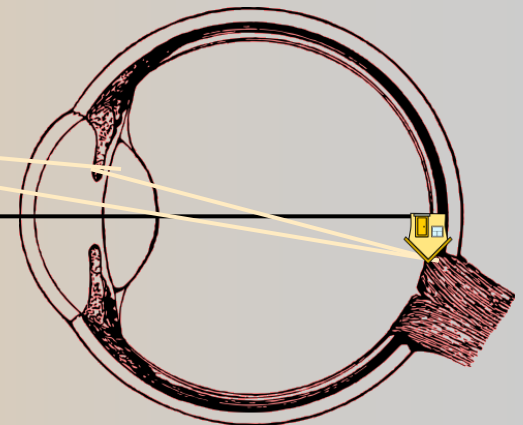
➤ Le réflexe pupillaire ↓ avec l'âge.



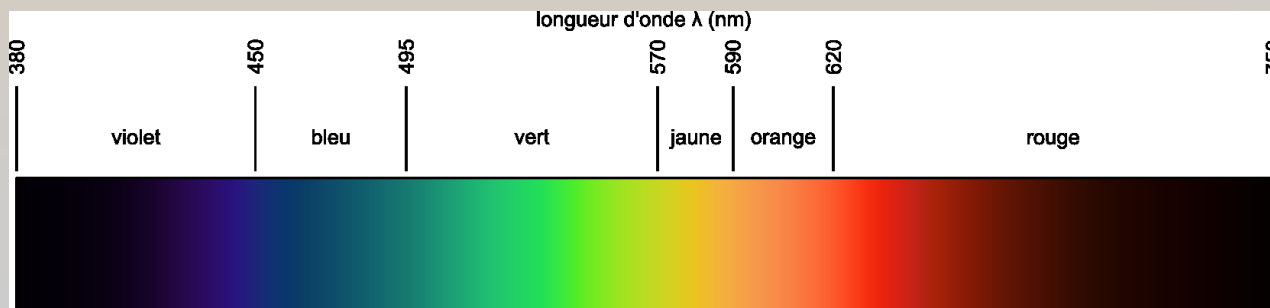


LA RÉTINE : ANATOMIE

★ La rétine est le récepteur
luminosensible de l'œil.



- L'image est inversée.
- La rétine est sensible à l'intensité lumineuse et aux longueurs d'onde allant de 400 à 750 nm.



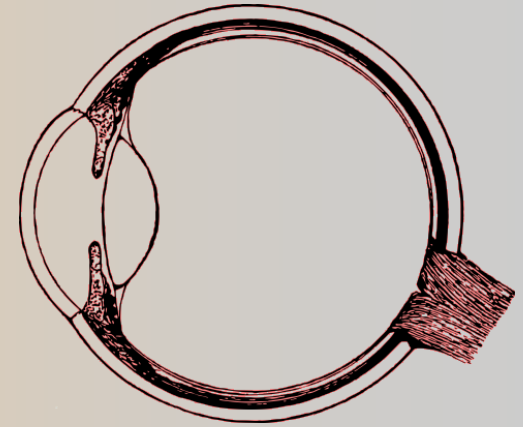
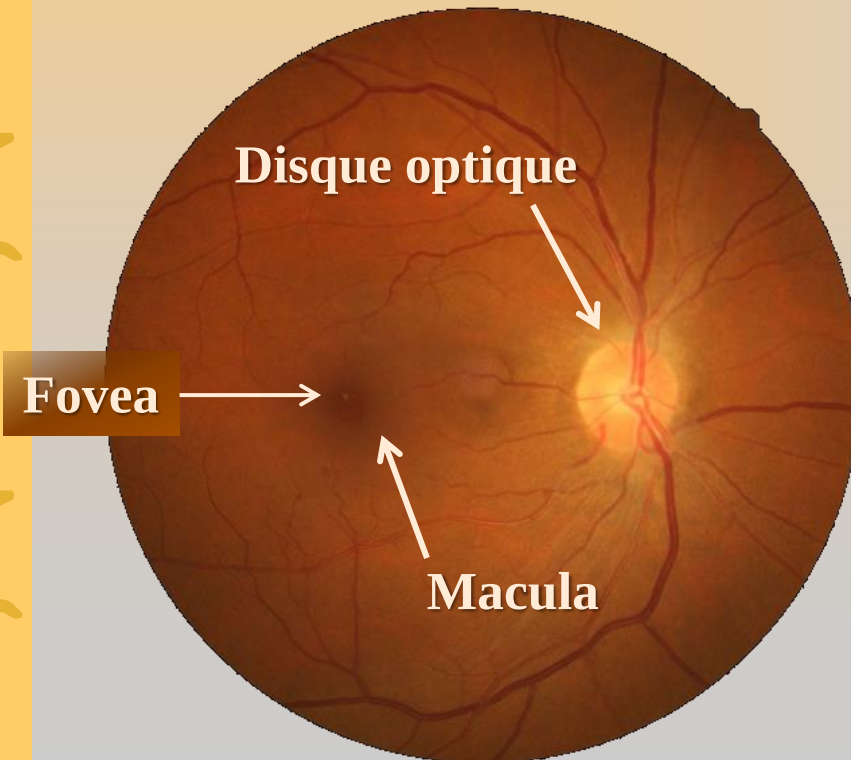
Ultraviolet

Infrarouge



LA RÉTINE : ANATOMIE

★ La rétine est le récepteur
luminosensible de l'œil.



Fond d'œil

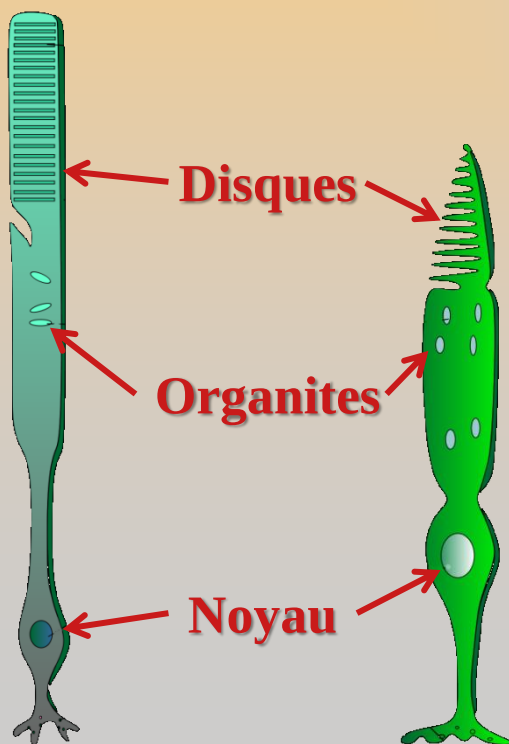


LA RÉTINE : ANATOMIE

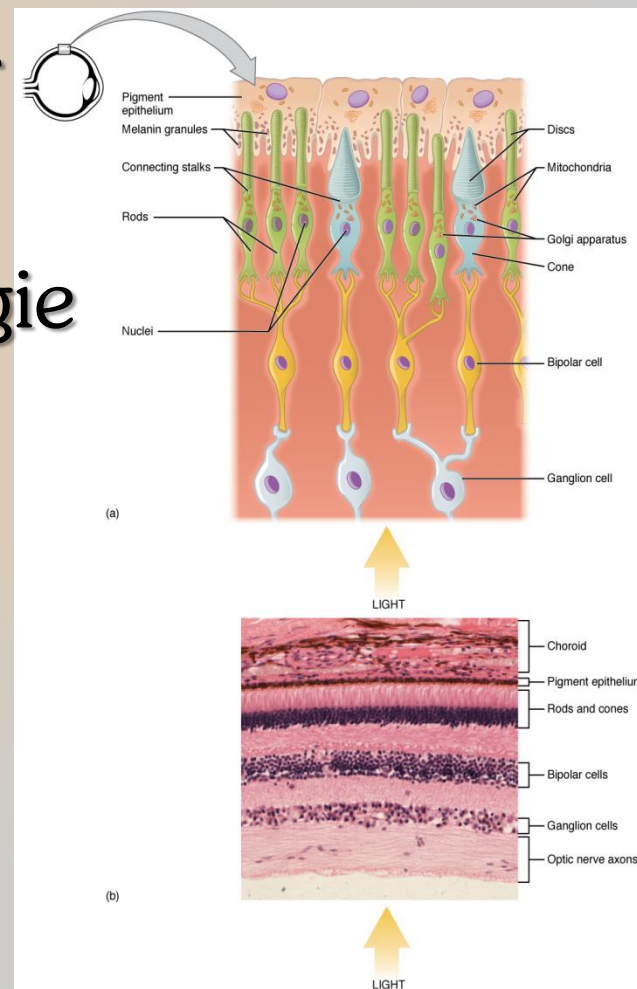
★ La rétine est le récepteur
luminosensible de l'œil.

Histologie

Bâtonnets



Cônes



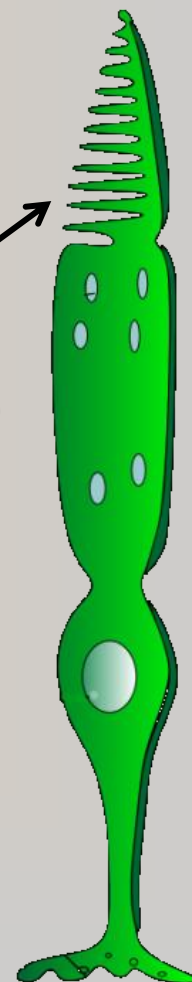


LA RÉTINE : ANATOMIE

★ La rétine est le récepteur
luminosensible de l'œil.

➤ Les **cônes**

- Les disques contiennent des pigments photosensibles (iodopsines) qui convertissent l'énergie lumineuse en influx nerveux (énergie électrique).
- Ils ont besoin de plusieurs photons pour être *excités* (peu sensibles).
- Précis, ils discriminent les formes.



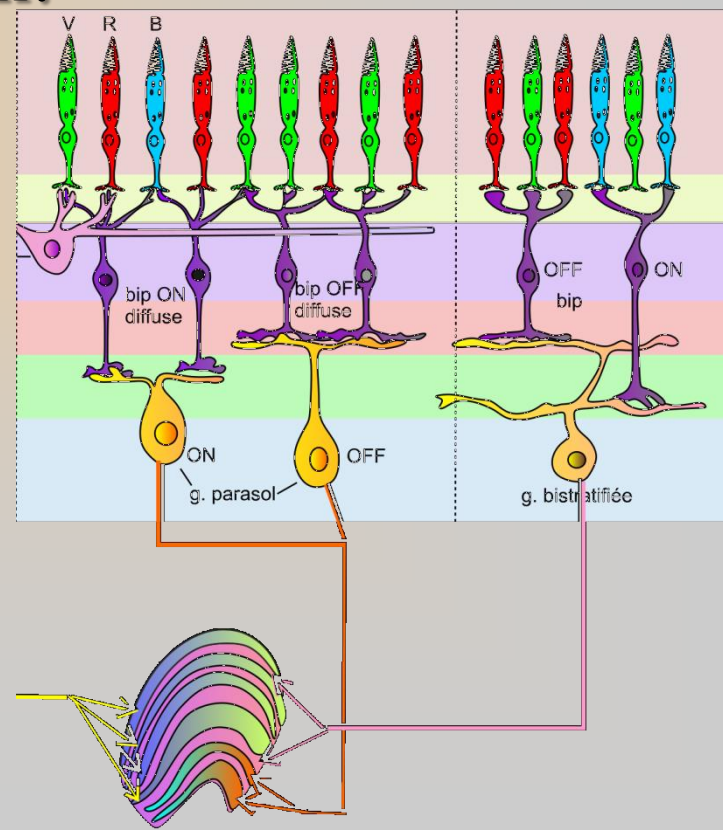
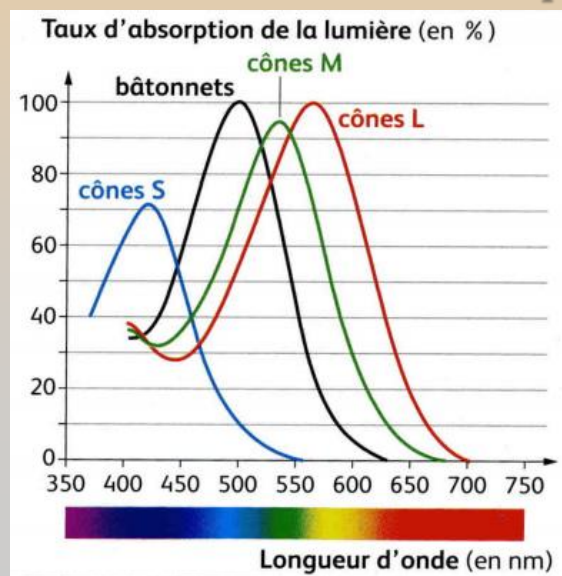


LA RÉTINE : ANATOMIE

★ La rétine est le récepteur
luminosensible de l'œil.

➤ Les **cônes**

■ Vision trichromatique





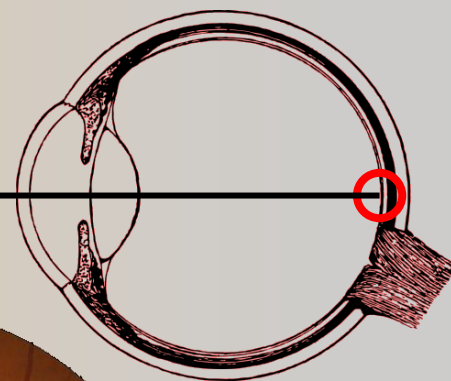
LA RÉTINE : ANATOMIE

★ La rétine est le récepteur
luminosensible de l'œil.

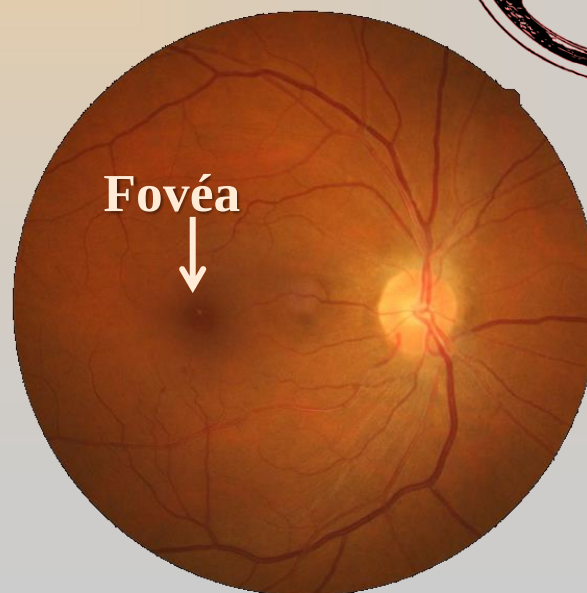
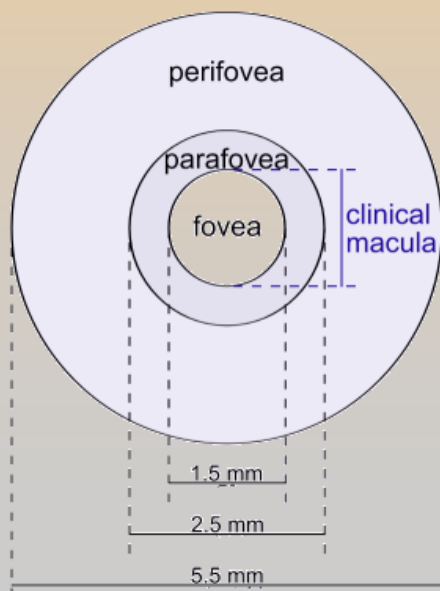
➤ Les **cônes**

■ Limités à $\pm$ la fovéa

Axe optique



m
a
c
u
l
a





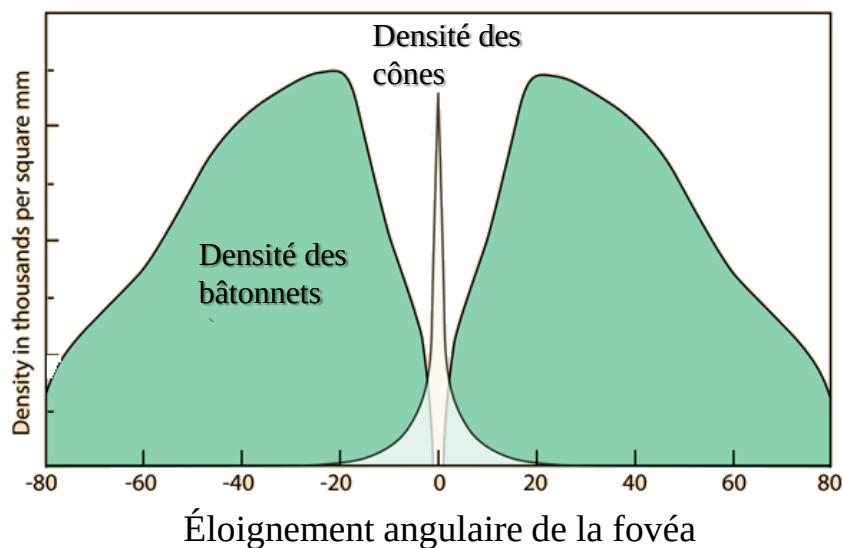
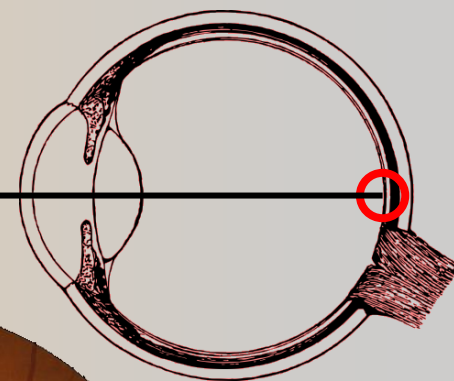
LA RÉTINE : ANATOMIE

★ La rétine est le récepteur
luminosensible de l'œil.

➤ Les **cônes**

■ Limités à $\pm$ la fovéa

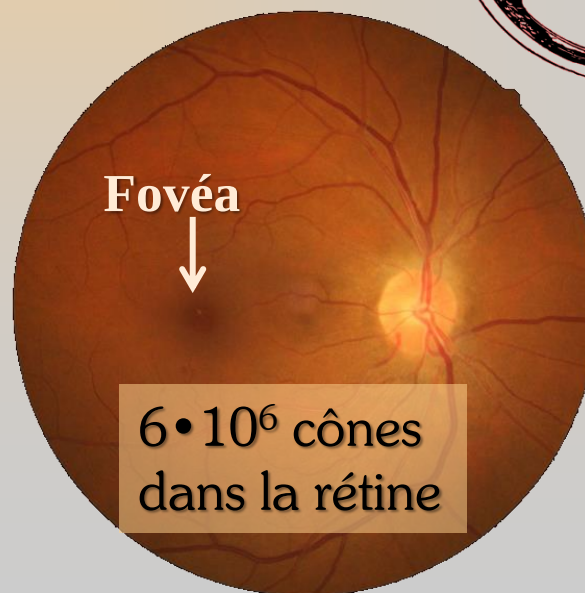
Axe optique



Fovéa



$6 \cdot 10^6$ cônes
dans la rétine





LA RÉTINE : ANATOMIE

★ La rétine est le récepteur
luminosensible de l'œil.

➤ Les **bâtonnets**

- Les disques contiennent des pigments photosensibles (rhodopsine) qui convertissent l'énergie lumineuse en influx nerveux (énergie électrique).
- Ils n'ont besoin que d'un seul photon pour être *excité* (très sensibles).

Les bâtonnets sont 100 fois plus sensibles
que les cônes à la lumière.





LA RÉTINE : ANATOMIE

★ La rétine est le récepteur
luminosensible de l'œil.

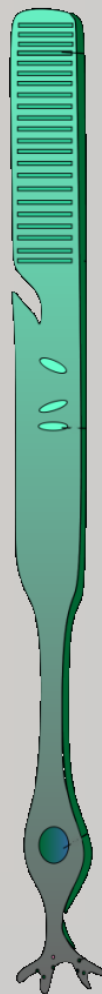
➤ Les **bâtonnets**

- Ils ne mesurent que l'intensité lumineuse
Ils voient en tons de gris.

La nuit tous les chats sont gris

- Responsables de la vision nocturne.
- Responsables de la détection des
mouvements.

La rétine contient $100 \cdot 10^6$ de bâtonnets





LA RÉTINE : PHYSIOLOGIE

★ La vision d'une *tache pâle* en astronomie.

Andromède par Luc Bellavance

Galaxie d'Andromède à l'œil nu

Si on la regarde « *en plein face* » :

La faible luminosité ne permet pas d'exciter les cônes de la fovéa.

Comme cette région ne contient pas de bâtonnets, la galaxie est *invisible*.

Il faut utiliser une *vision décalée*.



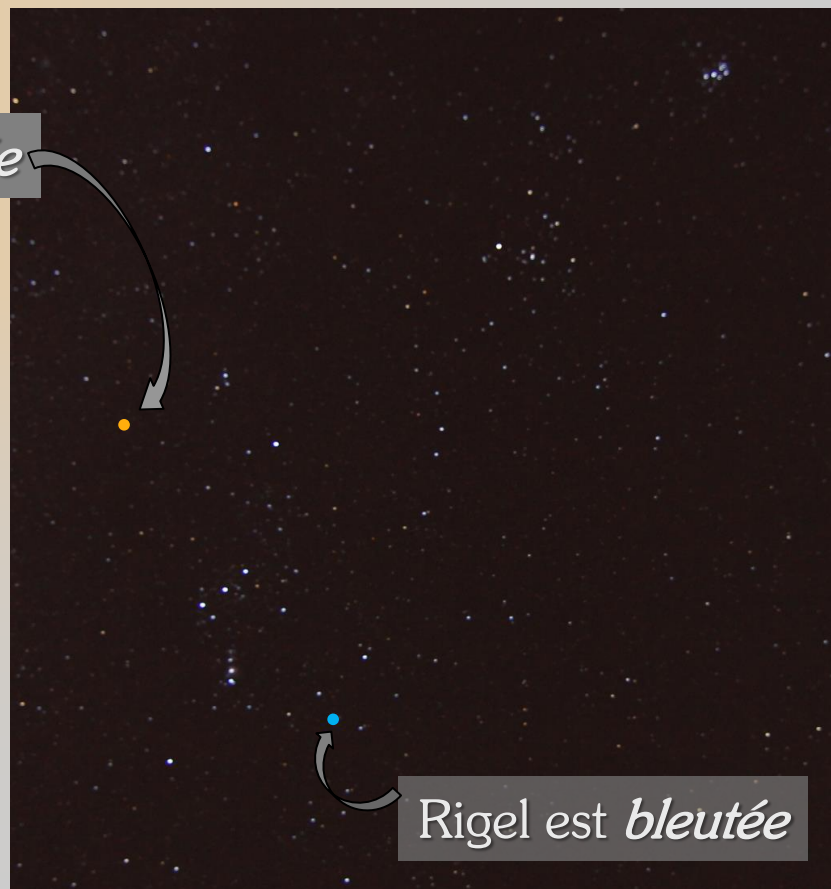


LA RÉTINE : PHYSIOLOGIE

- ★ La vision des *couleurs* en astronomie.

Bételgeuse est *orangée*

- Il faut une intensité lumineuse suffisante pour exciter les cônes afin d'observer la couleur.
- Peut être acquise par le grossissement.

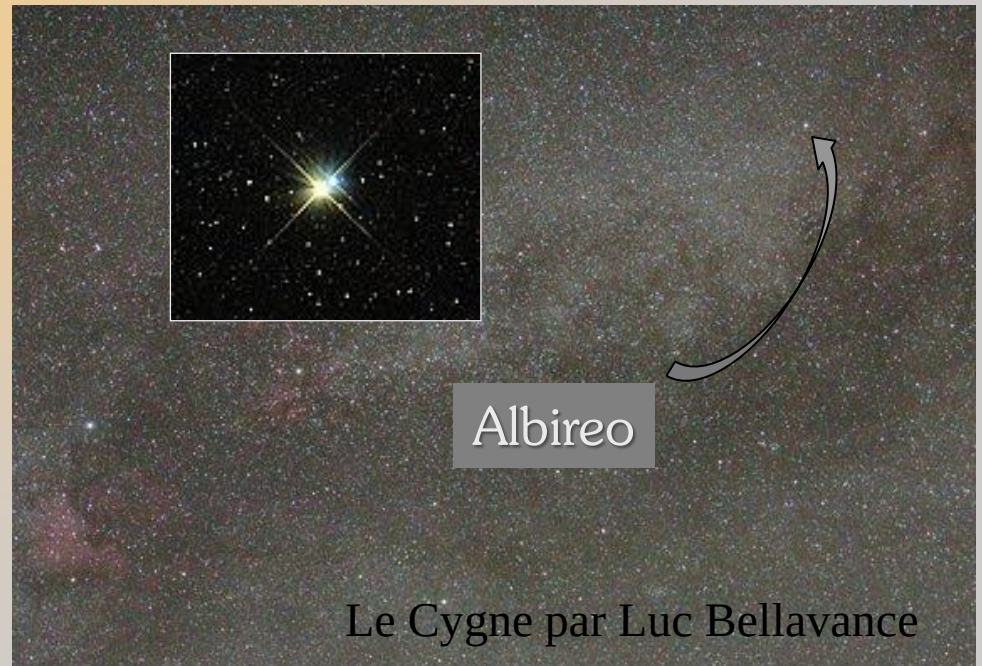


Rigel est *bleutée*



LA RÉTINE : PHYSIOLOGIE

★ La vision des *couleurs* en astronomie.



Albireo

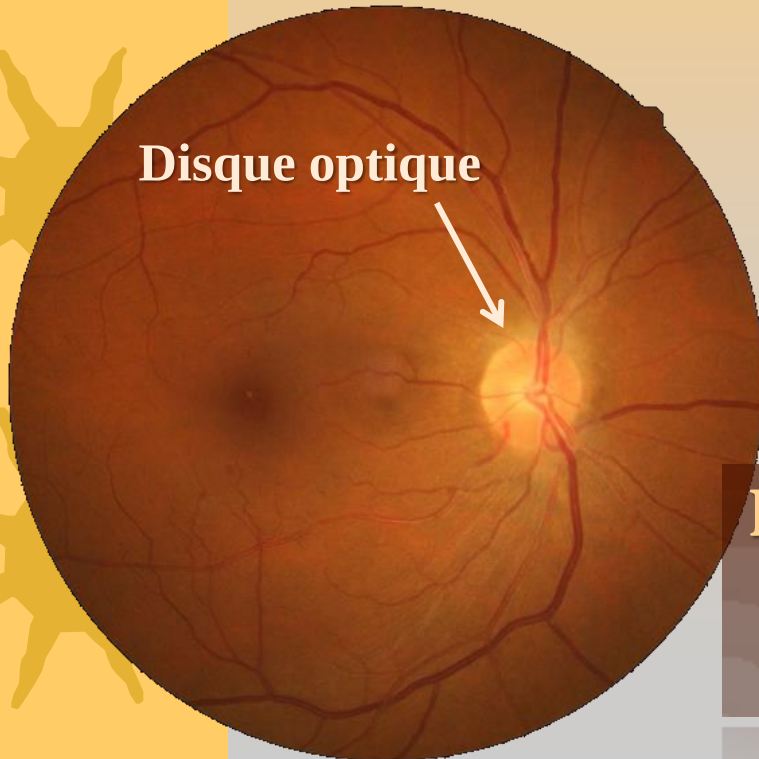
Le Cygne par Luc Bellavance

➤ Peut être acquise par le grossissement.



LA RÉTINE : PHYSIOLOGIE

★ La rétine est le récepteur
luminosensible de l'œil.



Tache aveugle

+



Notre incapacité à voir directement les
objets restreints et peu lumineux ne
dépend pas de la tache aveugle.

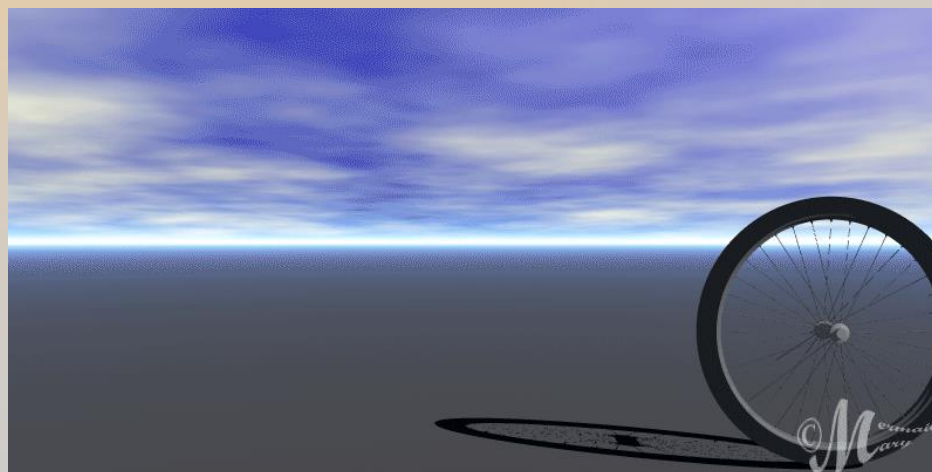
qesbuq bas qe la tache aveugle.



LA RÉTINE : PHYSIOLOGIE



- ★ Le **rafraichissement** de la rétine :
la roue de charrette qui tourne à l'envers
 - Persistance des images = 50msec
Les images se renouvellent 20 fois / sec.



- Les images ne s'empilent pas.



RÉFÉRENCES



★ Anatomie et physiologie de l'œil

<http://www.futura-sciences.com/sante/dossiers/medecine-oeil-vision-dela-vision-667/page/4/>



★ Anatomie et physiologie de l'œil

Cours Anatomie & Physiologie CNFSOC/ISOs
<http://home.btconnect.com/hindy/MossDocs/anatomie%20et%20physiologie%20de%20l%27oeil.pdf>





RÉFÉRENCES

- ★ Œil et physiologie de la vision

Rigaudière F

[http://lodel.irevues.inist.fr/oeiletphysiologiedelavis
ion/](http://lodel.irevues.inist.fr/oeiletphysiologiedelavis
ion/)

- ★ Wikipédia (L'encyclopédie libre) sur :

- Œil

- ... et sujets annexes



RÉFÉRENCES

★ Série de vidéos sur l'œil et la vision :

1. <https://www.youtube.com/watch?v=QxUBu0-SjyM>

2. <https://www.youtube.com/watch?v=5zH0v9tYAgk>

3. <https://www.youtube.com/watch?v=1u8kL33Kt9Y>