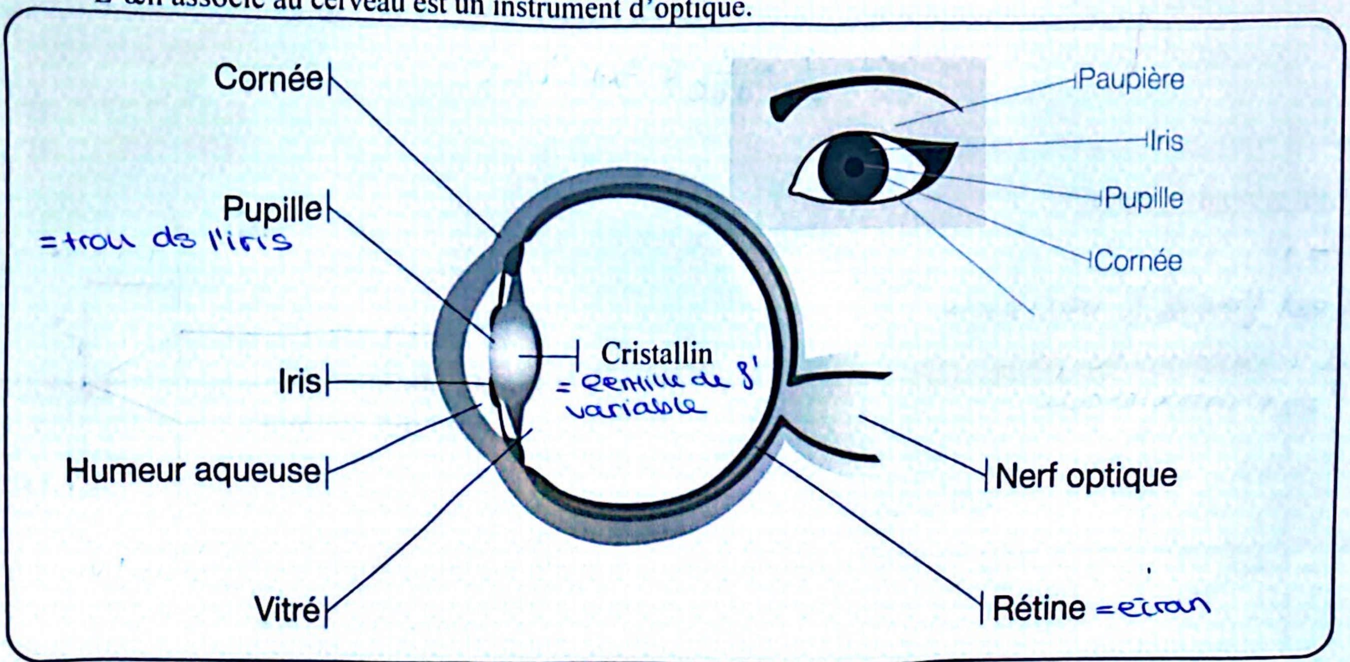
I L'oeil :

1.) L'œil normal

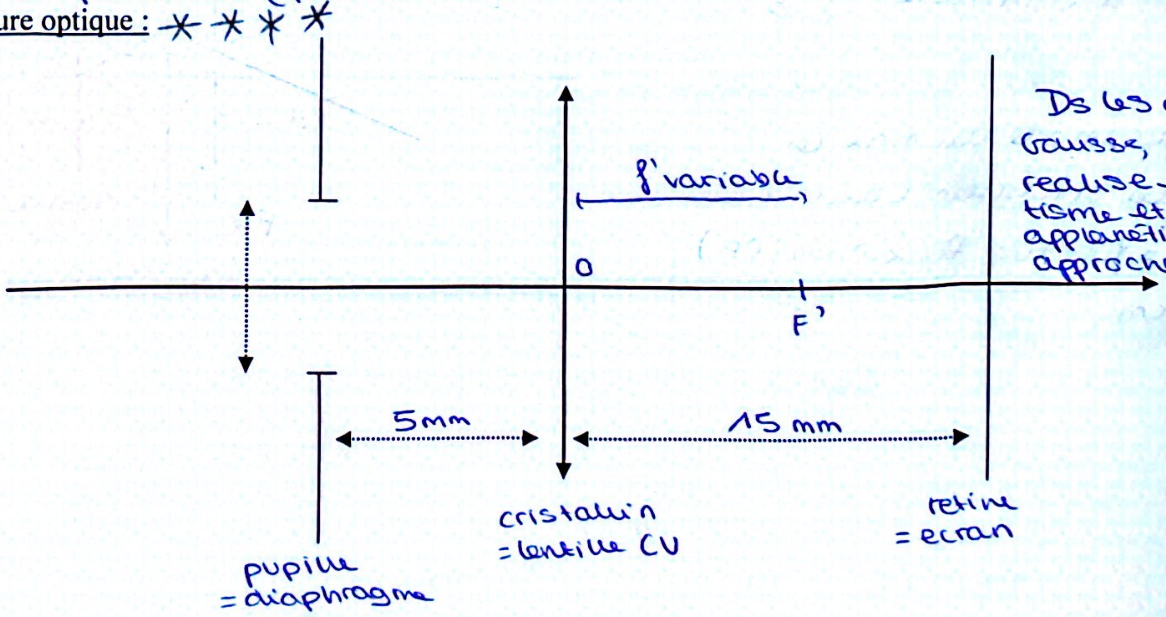
L'œil associé au cerveau est un instrument d'optique.



https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/optiqueGeo/instruments/correction.php

⚠ pupille = diamètre variable en fonction de la luminosité.
Permet également de travailler dans les conditions de Gauss en utilisant des RL paraxiaux (proches de l'axe et peu inclinés / ao)

Structure optique : * * * *



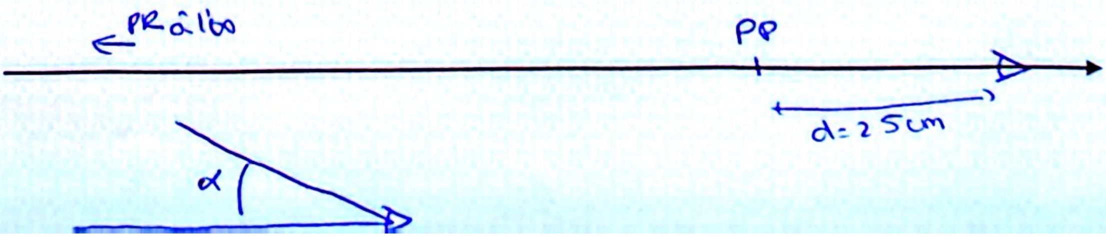
Ds les condi° de Gausse, l'oeil réalise un stigmatisme et un aplanétisme approché.

diamètre entre 2 et 8mm suivant la luminosité.

**

Les distance maximales et minimales de vision distincte de l'œil (normal) de l'observateur sont δ_{max} infinie et δ_{min} = 25 cm.
On dit que son punctum remotum (PR) est à l'infini et que son punctum proximum (PP) est à **25 cm.**

Limite de résolution angulaire de l'œil :
C'est l'angle limite α sous lequel deux points lumineux peuvent être vus séparés. Dans de bonnes conditions d'éclairement, l'œil distingue des détails d'environ **1 minute d'arc : $\alpha = 1' = 3.10^{-4}$ rad.**



4 $\alpha = 1' = \left(\frac{1}{60}\right)^{\circ}$

α deg	α rad
180°	π

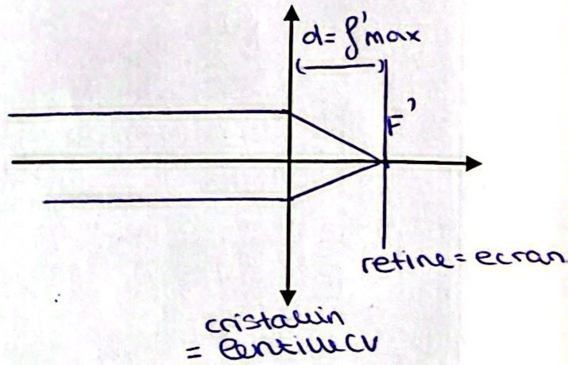
$\alpha_{rad} = \frac{\pi \times \alpha_{deg}}{180°}$

$\alpha = \frac{1}{60} \times \frac{\pi}{180} \simeq 3.10^{-4}$ rad

Oeil normal au repos :

$A_\infty \xrightarrow{(L)} F'$

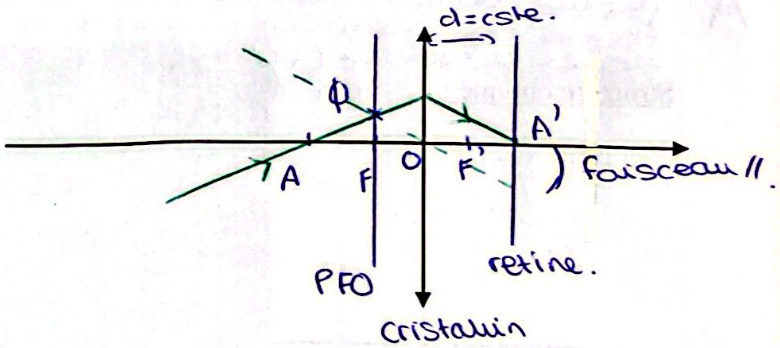
⚠ d est fixée, f' variable
l'oeil n'accomode pas
=> f' est maximale



Oeil normal qui accommode :

cristallin se contracte => f' ↘
d = cste.

Si l'oeil accomode au max, la
focale du cristallin vaut
f'min A = Punctum Proximum (PP)
$\overline{OA} = -25$cm .

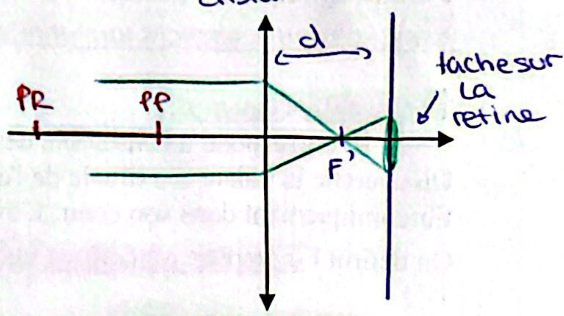


2.) Les défauts de l'œil

Œil myope : Le cristallin est trop convergent. Il faut une lentille correctrice divergente.
Le PR est à distance finie, le PP se rapproche.

$d > f'_{max}$

Si l'œil myope accomode, le cristallin se contracte, $f' \searrow$, cela empire.

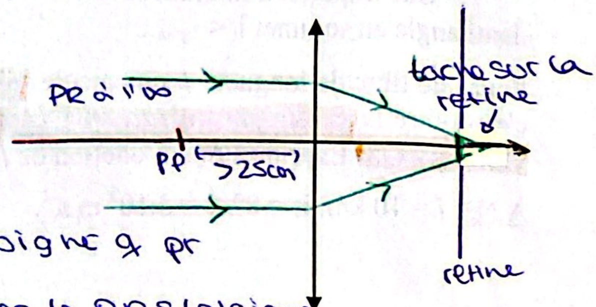


Œil hypermétrope : Le cristallin n'est pas assez convergent. Il faut une lentille correctrice convergente.
Le PP s'éloigne, le PR est à l'infini.

$f'_{max} > d$

En accomodant, l'oeil hypermétrope peut diminuer sa focale pour avoir $f' = d$.
(ms fatigue visuelle)

En accomodant au max, son PP sera ⊕ éloigné q pr l'oeil normal.



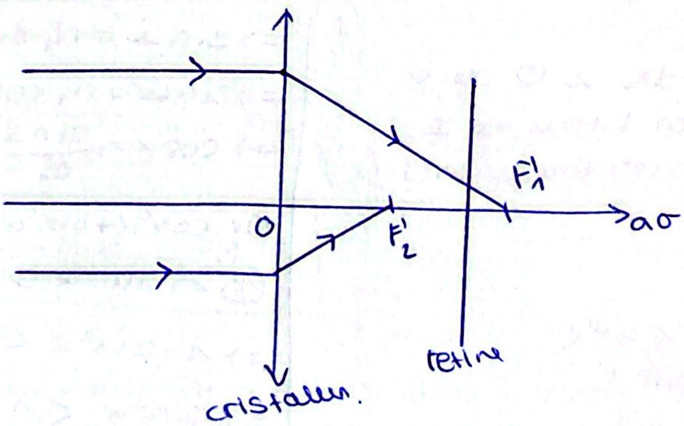
Œil presbyte : Œil qui perd sa faculté d'accommodation.

Le cristallin perd sa faculté à se contracter, le PP s'éloigne. La vision de loin n'est pas modifiée.

Œil astigmate : Œil qui ne possède pas la symétrie de révolution.

La focale du cristallin dépend de la direction ⊥ à l'ao.

L'oeil essaie d'accomoder, ms l'image est deformée ou flou.



II La fibre optique à saut d'indice.

Une fibre optique est formée d'un cœur en verre d'indice $n_1=1{,}66$ entourée d'une gaine en verre d'indice $n_2=1{,}52$. On prendra $n_{air} = 1$.

https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/optiqueGeo/dioptres/fibre_optique.php

1.) Cône d'acceptance :

Il correspond à l'ensemble des rayons qui seront transmis dans le cœur de la fibre.

On cherche la valeur maximale de l'angle d'incidence i_{max} pour laquelle la lumière est transmise le long de la fibre uniquement dans son cœur. L'exprimer en fonction de n_1 et n_2.

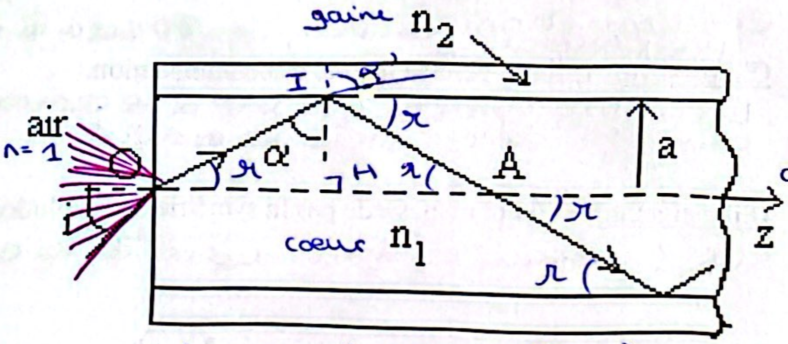
On définit l'ouverture numérique O.N. = $n_{air} \sin i_{max}$

2.) Dispersion intermodale :

Une impulsion lumineuse arrive à t = 0 au point O sous la forme d'un faisceau conique convergent de demi angle au sommet $i_1 < i_{max}$.

Pour une fibre de longueur *l*, on calcule l'élargissement temporel Δt de cette impulsion à la sortie de la fibre, c'est-à-dire la différence de temps de parcours entre un rayon se propageant suivant l'axe (i=0) et un rayon d'incidence i_1. Exprimer Δt en fonction de *l*, n_1, c et i_1.

A.N. : l = 10 km. $i_1 = 8°$. $c = 3.10^8$ m.s^{-1}.



1) Cône d'acceptance

① • Le RL est transmis ds le ♡ de la fibre ; s'il y a reflexion totale en I.

② • Pas de risque de reflexion totale en O car $n_1 > 1 \Rightarrow r < i$.

③ • Δ OHI

① Reflexion tot en I pr $\alpha > \alpha_\ell$ où α_ℓ tq $n_1 \sin\alpha = n_2 \sin\alpha'$

$\alpha' = \frac{\pi}{2} \Rightarrow n_1 \sin\alpha_\ell = n_2 \sin\frac{\pi}{2}$

$\Rightarrow \sin\alpha_\ell = \frac{n_2}{n_1}$.

② Loi de la refraction en O : $\sin i = n_1 \sin r$.

③ Δ OHI Σ angles = π

$r + \alpha + \frac{\pi}{2} = \pi \Rightarrow r + \alpha = \frac{\pi}{2}$.

$\alpha > \alpha_\ell \Rightarrow \sin\alpha > \sin\alpha_\ell$ car sin est ↗ sur $[0 ; \frac{\pi}{2}]$

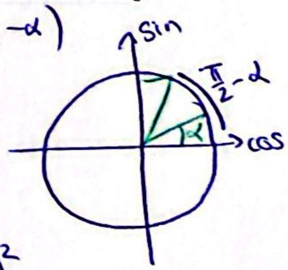
①, $\sin\alpha > \frac{n_2}{n_1}$ ①

③ $\Rightarrow r = \frac{\pi}{2} - \alpha$

$\Rightarrow \sin i = n_1 \sin(\frac{\pi}{2} - \alpha)$

$\Rightarrow \sin i = n_1 \cos\alpha$

$\Rightarrow \cos\alpha = \frac{\sin i}{n_1}$ ③'



Or $\cos^2\alpha + \sin^2\alpha = 1$

① $\Rightarrow \sin^2\alpha > (\frac{n_2}{n_1})^2$

$\Rightarrow 1 - \sin^2\alpha < 1 - (\frac{n_2}{n_1})^2$

$\Rightarrow \cos^2\alpha < 1 - (\frac{n_2}{n_1})^2$

$n_1 > n_2$ donne $1 - (\frac{n_2}{n_1})^2 > 0$.

$\Rightarrow \cos\alpha < \sqrt{1(\frac{n_2}{n_1})^2}$

③' $\Rightarrow \frac{\sin i}{n_1} < \sqrt{1 - (\frac{n_2}{n_1})^2}$

$\Rightarrow \sin i < n_1 \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}}$

$\Rightarrow \sin i < \sqrt{n_1^2 (1 - \frac{n_2^2}{n_1^2})}$

$\Rightarrow \sin i < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$

on definit i_{max} tq:

$\Rightarrow \sin i < \sin i_{max}$

où $\sin i_{max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$

$i_{max} = 41{,}85°$

L'oeil

$O.N = n_{air} \sin i_{max}$ où $n_{air} = 1$ $O.N = 0{,}67$.

Rq : On peut résoudre directement en numérique ($\alpha_\ell \Rightarrow r_{max} \Rightarrow i_{max}$), ou en égalité (en littéral).

2) Dispersion intermodale.

RL sous incidence nulle au point O : $i = 0$.

temps de parcours $t(i=0) = \frac{\ell}{v}$ où $v = \frac{c}{n_1}$.

$$\Rightarrow \boxed{t_{(i=0)} = \frac{\ell \times n_1}{c}}.$$

• RL sous incidence i au point O.

$$\boxed{t_i = \frac{d}{v} = \frac{d \times n_1}{c}}$$ où d est la distance parcourue.

$d = OI + IA + AJ + \dots$

$\cos r = \frac{OH}{OI} \Rightarrow OI = \frac{OH}{\cos r}$.

De m̂, $IA = \frac{HA}{\cos r}$.

$d = \frac{OH}{\cos r} + \frac{HA}{\cos r} + \frac{AH'}{\cos r} + \dots$

$$\Rightarrow d = \frac{1}{\cos r} \underbrace{(OH + HA + AH' + \dots)}_{\ell} \quad \boxed{d = \frac{\ell}{\cos r}}$$

$\Rightarrow t_i = \frac{\ell}{\cos r} \times \frac{n_1}{c}$ $t_i > t(i=0)$

$$\boxed{\Delta t = \frac{n_1 \ell}{c}\left(\frac{1}{\cos r_1} - 1\right)}$$

Or $\cos^2 r_1 + \sin^2 r_1 = 1 \Rightarrow \cos^2 r_1 = 1 - \sin^2 r_1$

$\Rightarrow \cos r_1 = \sqrt{1 - \sin^2 r_1}$

(2) $\sin i_1 = n_1 \sin r_1 \Rightarrow \sin r_1 = \frac{\sin i_1}{n_1}$

$\Rightarrow \cos r_1 = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 i_1}{n_1^2}}$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta t = \frac{n_1 \ell}{c}\left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 i_1}{n_1^2}}} - 1\right)}$$

A.N : $\Delta t = 1{,}95 \cdot 10^{-7}\,s$.

$\Rightarrow$ Il faut attendre un tmps > à Δt entre 2 flashs lumineux pour éviter leur recouvrement.

$\frac{1}{\Delta t} = 5{,}1 \times 10^6$ flashs/s. Débit insuffisant $\Rightarrow$ utiliser des fibres à gradient d'indice.