

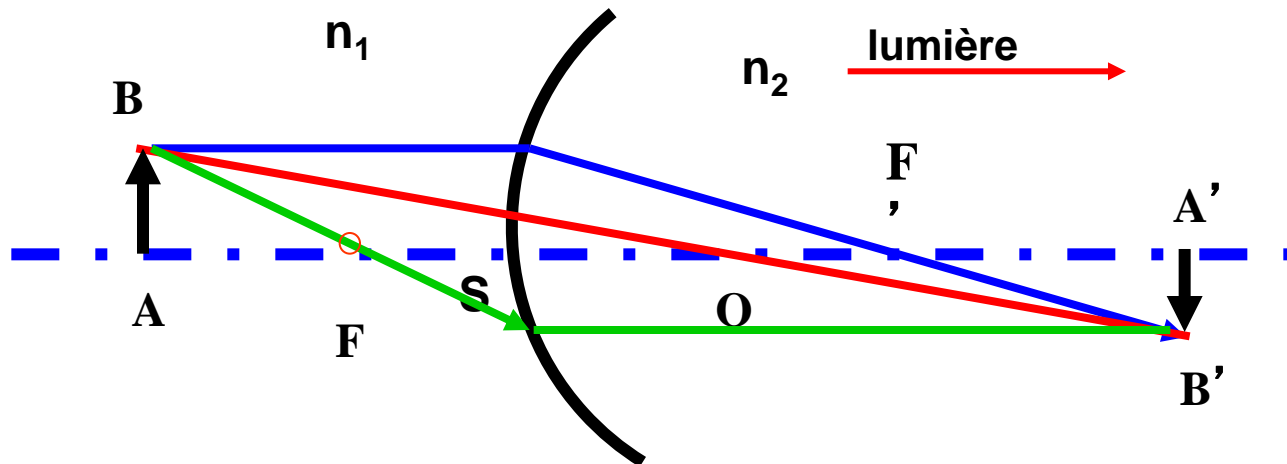
OPTIQUE ET VISION

résumé de cours – partie 2

Image d'un objet AB dans les conditions de Gauss

objet petit, perpendiculaire à l'axe, rayons peu inclinés

exemple



- rayon passant par le centre de courbure du dioptre O : non dévié
- rayon incident parallèle axe optique : émergent passe par F'
- rayon incident passant par F : émergent parallèle axe optique
- image $A'B'$ perpendiculaire axe optique

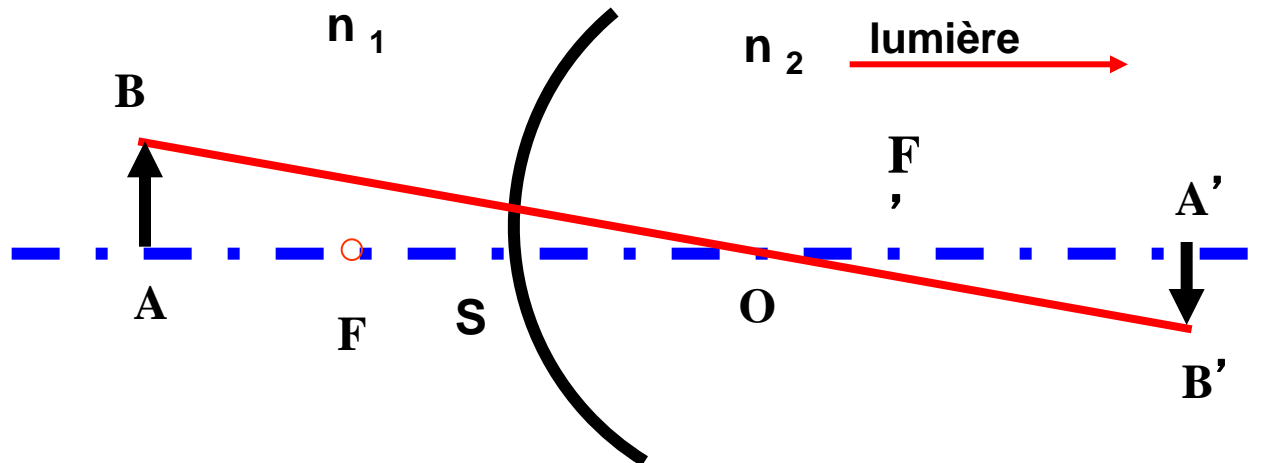
Grandissement linéaire transversal γ

❖ définition

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

nombre algébrique \rightarrow image droite ($\gamma > 0$) ou renversée ($\gamma < 0$)

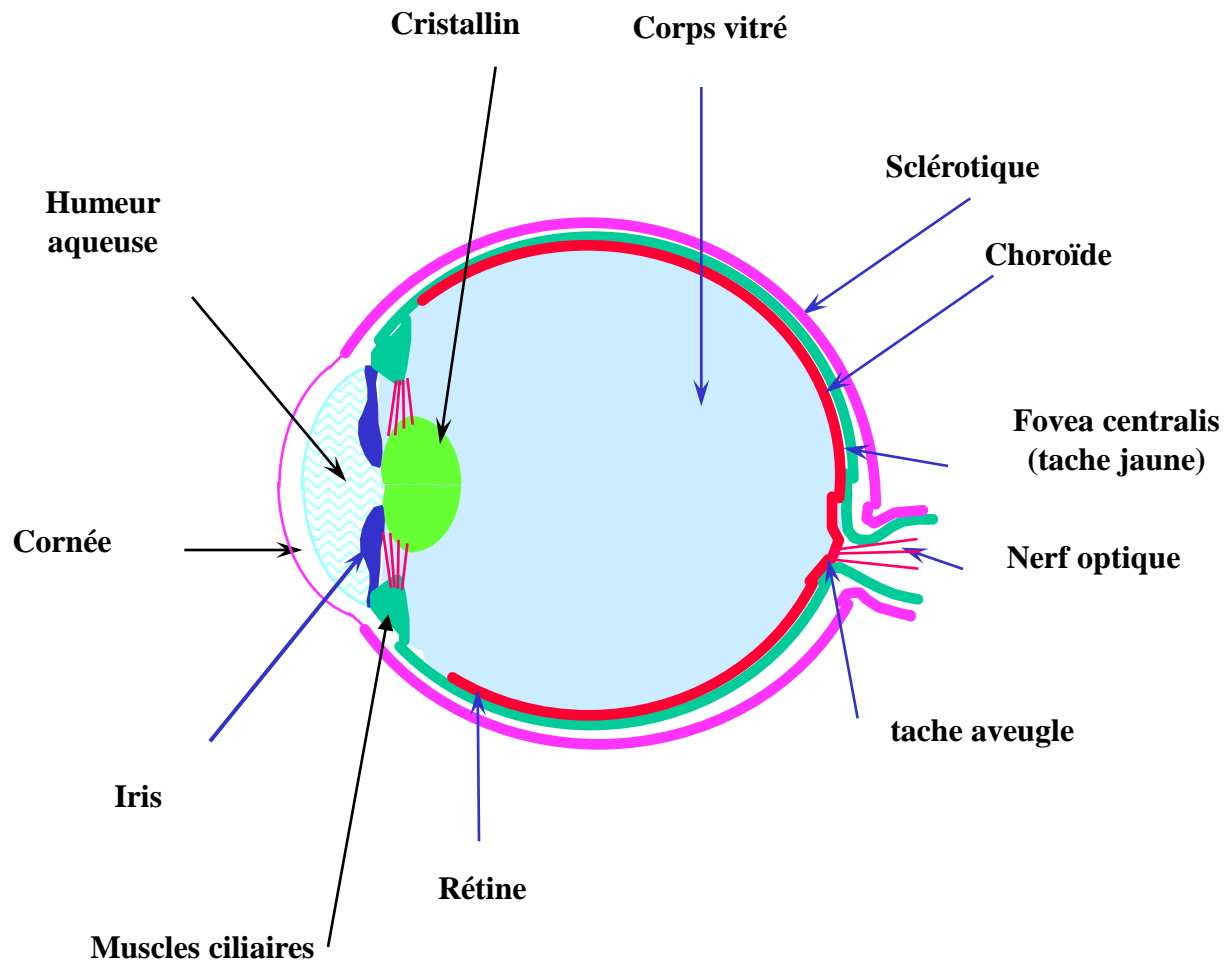
❖ expression de γ pour les dioptries



$$\gamma = \frac{n_1 p'}{n_2 p} \quad (\text{pour les dioptries})$$

V - L'œil

Caractérisation optique de l'oeil



sclérotique : membrane blanche indéformable
épaisseur 0,5 à 1mm

cornée : transparente
partie avant de la sclérotique

iris : membrane circulaire colorée
couleur yeux
ouverture au centre : pupille

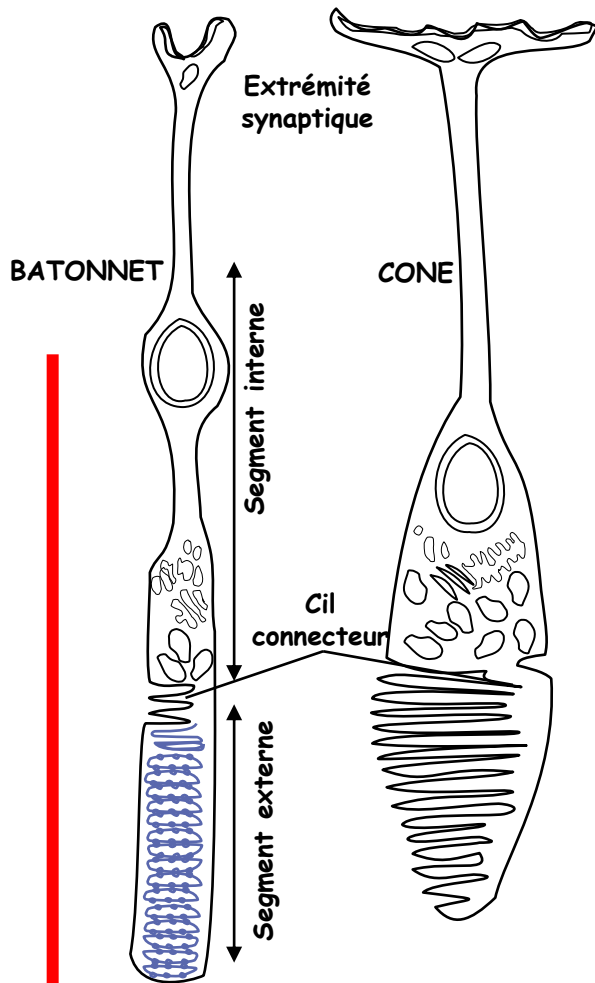
rétine : cellules sensorielles
cônes, bâtonnets

crystallin forme modifiable sous l'action des muscles ciliaires

humeur aqueuse liquide transparent

corps vitré gel aqueux

L'organisation de la rétine



❖ Les cellules sensorielles ou réceptrices

☞ cônes et bâtonnets

☞ substance photosensible dans le segment externe de ces cellules

❖ Les différentes zones de la rétine

• La rétine centrale :

☞ fovéa

partie la plus centrale ou fovéa centralis (fovéola) constituée uniquement de cônes

☞ région parafovéale et périfovéale :

prédominance des cônes, apparition progressive des bâtonnets

sens de la lumière

Modèle : œil réduit de Listing

Système optique de l'œil équivalent à un dioptré sphérique unique, convergent, séparant l'air ($n = 1$) d'un milieu homogène d'indice $n' = 1,336$

**caractéristiques moyennes
(sujet emmétrope, œil au repos)**

Rayon de courbure $R = \overline{SO} \approx 6 \text{ mm}$

Puissance $C = \frac{n' - n}{R} \approx 60 \text{ } \delta$

Distance focale objet $f = \overline{SF} \approx - 17 \text{ mm}$

Distance focale image $f' = \overline{SF'} \approx + 23 \text{ mm}$

Vision nette si F' est sur la rétine
(objet à l'infini ($-\infty$), sujet emmétrope, œil au repos)

Formation des images

- **Accommodation**

- ❖ **point objet à l'infini (œil au repos) :**

l'image se forme en F' , sur la rétine

(si le sujet est emmétrope)

- ❖ **point objet à distance finie :**

image sur la rétine

si modification de la géométrie de l'œil

action muscles ciliaires \Rightarrow modification du rayon de courbure $R \Rightarrow$ variation de C :

puissance $C \uparrow$

rayon de courbure $R \downarrow$

- **punctum proximum PP**

point objet au punctum proximum A_{pp} : accommodation maximale

d_m : distance minimale de vision distincte

d_m varie avec l'âge du sujet (variation élasticité cristallin)

d_m (naissance) = 0

d_m (20 ans) \approx 15 cm

d_m augmente avec l'âge

- **punctum remotum PR**

point objet A_{PR} le plus éloigné que l'œil peut voir nettement (œil au repos)

d_M : distance maximale de vision distincte

sujet emmétrope : PR à l'infini

amplitude d'accommodation A

- définition :

variation de la puissance de l'œil entre :

la puissance maximale C_{\max} (objet en A_{PP})

la puissance minimale de l'œil C_0 (objet en A_{PR})

$$A = C_{\max} - C_0$$

unité SI : A en dioptries δ (ou dt ou m^{-1})

- Parcours d'accommodation (ou parcours accommodatif), zone de vision distincte

portion de l'espace comprise entre le PR et le PP

Remarques

- **oeil emmétrope :**

abscisse de A_{PR} : $p_{PR} = -\infty$,

et proximité de A_{PR} : $P_{PR} = 0$

- **signes :**

$$P_{PP} < 0$$

négatif

$$P_{PR} > 0 \text{ ou } < 0$$

suivant les amétropies

(nul pour les emmétropes)



- **Expression de l'amplitude d'accommodation A en fonction des proximités du PR et du PP**

calcul →

$$\mathbf{A = P_{PR} - P_{PP}}$$

La presbytie

**Variation de l'amplitude d'accommodation avec l'âge :
éloignement progressif du PP**

chiffres moyens :

A (8 ans) \approx 14 dioptries

A (20 ans) \approx 11 dioptries

A (30 ans) \approx 8 dioptries

A (45 ans) \approx 4 dioptries

presbytie : A < 4 dioptries

position du PP ? sujet emmétrope, A = 4 δ

emmétrope $\rightarrow P_{PR} = 0$

$$4 = 0 - P_{PP} \quad \Rightarrow P_{PP} = - 4 \delta$$

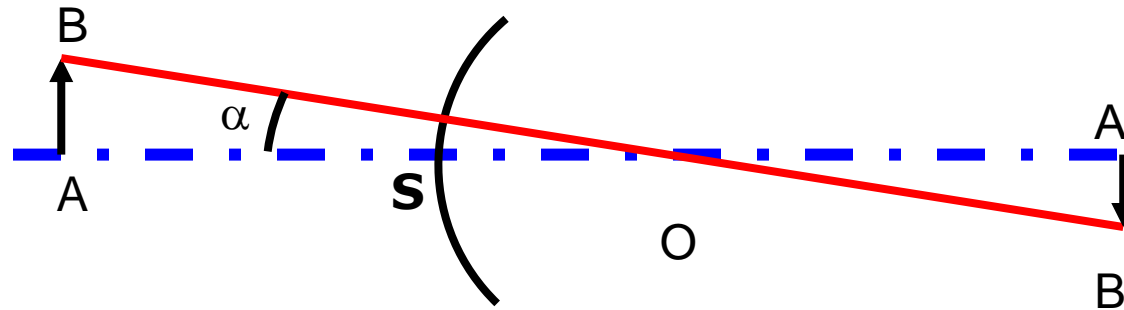
abscisse du PP = $-1 / 4 = - 0,25 \text{ m} = - 25 \text{ cm}$

distance moyenne de lecture : à 25 cm de l'oeil

pour A < 4 dioptries, PP est à une distance supérieure à 25 cm de l'oeil

Acuité visuelle

objet $AB \rightarrow$ image $A'B'$ sur la rétine



- **diamètre apparent α : angle sous lequel est vu l'objet**
dimension image : fonction de α

- **minimum séparable α_m : valeur minimale de α**

A et B vus séparés

A' et B' sur cellules sensorielles (cônes, bâtonnets) distinctes

- **définition acuité visuelle AV**

caractérise le pouvoir séparateur de l'œil

$$AV = \frac{1}{\alpha_m}$$

α_m **en minutes d'angle**

a s'exprime en « dixièmes »

exemples :

$$\alpha_m = \mathbf{1 \text{ minute}} \rightarrow AV = \frac{1}{1} = 1 = \frac{10}{10} = \mathbf{10 \text{ dixièmes}}$$

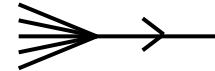
$$\alpha_m = \mathbf{2 \text{ minutes}} \rightarrow AV = \frac{1}{2} = \mathbf{0,5} = \frac{5}{10} = \mathbf{5 \text{ dixièmes}}$$

❖ Notion de convergence de la rétine et des voies optiques

👉 **rétine** : $6 \cdot 10^6$ cônes, $120 \cdot 10^6$ bâtonnets

👉 **nerf optique (NO)** : 10^6 fibres

convergence : n cellules sensorielles



1 fibre du NO

👉 **rétine périphérique** : - bâtonnets

fonctionnement coopératif des bâtonnets

- bonne sensibilité aux basses luminances : **vision nocturne**
- mauvais pouvoir séparateur

👉 **rétine centrale** : - cônes

fonctionnement individuel des cônes

- **sensibilité** uniquement aux fortes luminances : **vision diurne**
- **bon pouvoir séparateur**

Les amétropies sphériques

- œil normal : œil emmétrope
- œil anormal : œil amétrope
 - amétropie sphérique :
défaut de l'œil avec conservation de la sphéricité de l'œil
 - 2 types d'amétropie sphérique :
myopie, hypermétropie
 - définition du degré d'amétropie

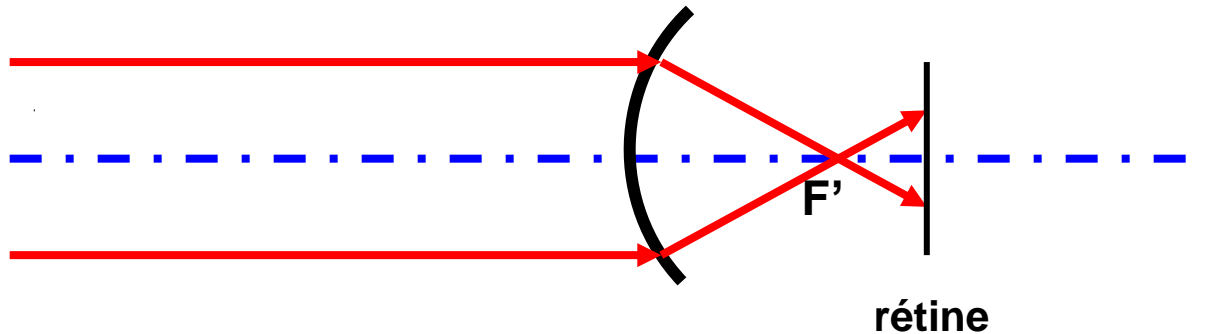
$$\text{degré d'amétropie} = - P_{PR}$$

avec P_{PR} = proximité du punctum remotum

remarque : œil emmétrope : degré d'amétropie = 0 dioptrie

• la myopie

œil au repos (objet à l'infini) : plan focal image en avant de la rétine

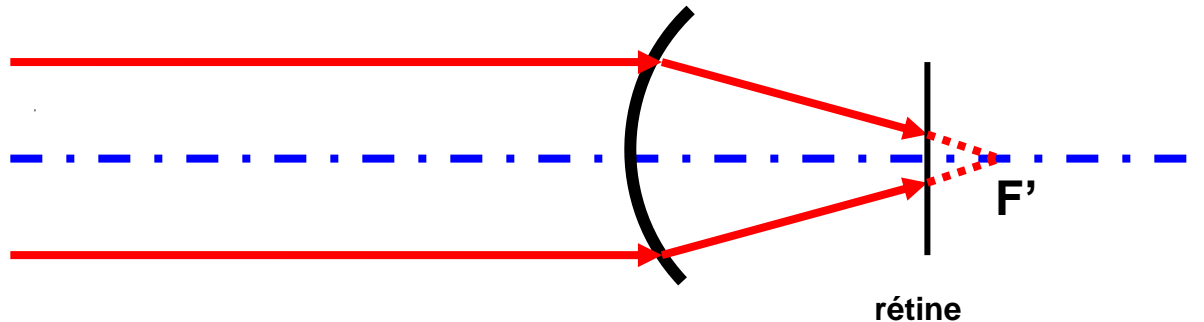


vision floue : tache circulaire

accommodation : pas d'amélioration

• l'hypermétropie (ou hyperopie)

œil au repos (objet à l'infini) : plan focal image en arrière de la rétine

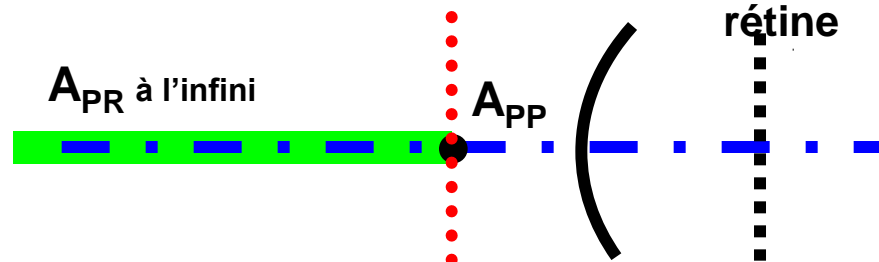


vision floue : tache non ponctuelle

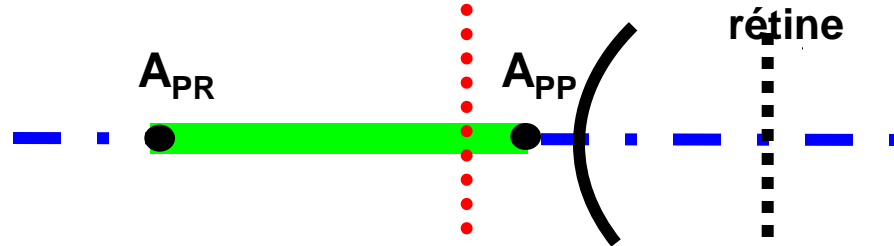
faible hypermétropie → accommodation
lectures prolongées → céphalées

- Positions respectives du punctum proximum et du punctum remotum

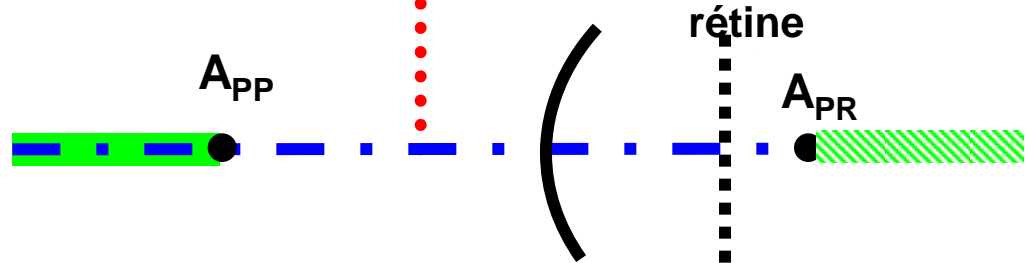
Oeil emmétrype



Oeil myope



Oeil hypermétrope



zone verte : vision distincte

L'astigmatisme

défaut de sphéricité dioptries oculaires

rayon de courbure variable suivant le plan de coupe
puissance variable dans chaque plan de coupe

2 types : astigmatisme irrégulier
astigmatisme régulier

- **Astigmatisme irrégulier**

variation irrégulière des rayons dans les différents plans de coupe

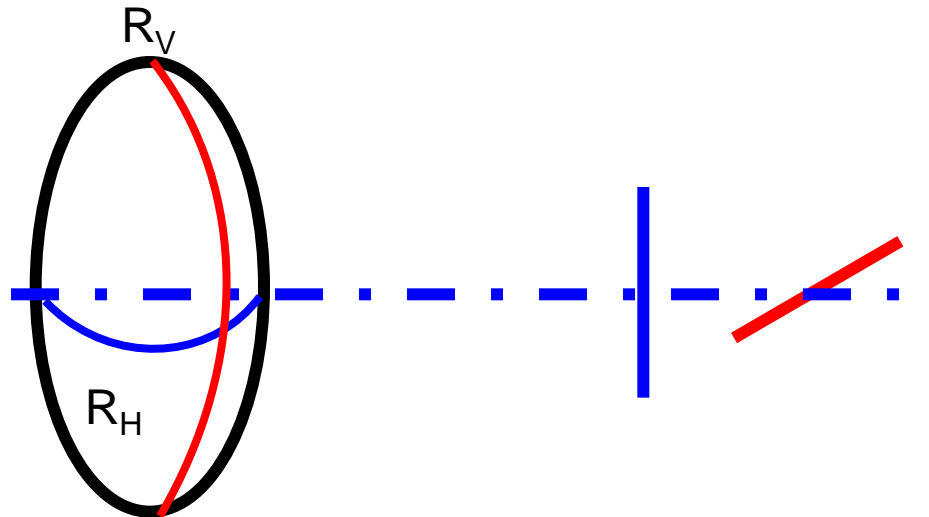
- **astigmatisme régulier**

- ❖ variation continue du rayon de courbure

- ❖ 2 plans méridiens principaux

1^{er} méridien : puissance maximum, minimum de R

2^{ème} méridien : puissance minimum, maximum de R



foyer non pontuel : 2 droites focales

R_H : méridien horizontal → focale verticale

R_V : méridien vertical → focale horizontale

deux types possibles d'astigmatisme régulier :

1) astigmatisme « conforme à la règle »

focale horizontale avant focale verticale

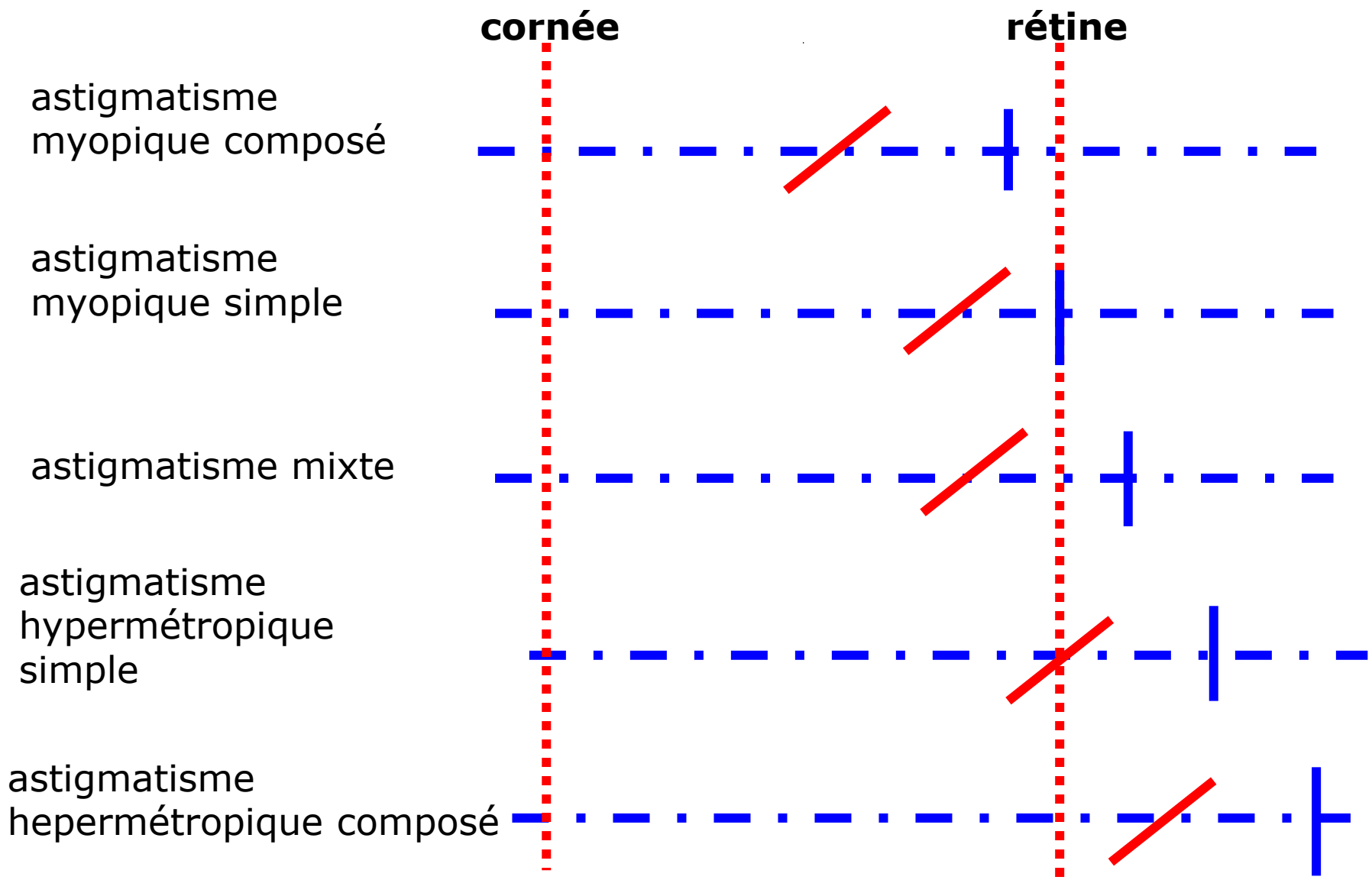
2) astigmatisme « non conforme à la règle »

focale horizontale en arrière de la focale verticale

degré de l'astigmatisme (régulier) :

**différence entre les puissances des 2 méridiens
principaux**

position des droites focales par rapport à la rétine



(schéma dans le cas de l'astigmatisme « conforme à la règle »)

Correction des amétropies

- **lunettes (ou verres de contact) = lentilles**
- **chirurgie ophtalmologique :**

**correction chirurgicale des défauts du globe oculaire
utilisation de lasers (lasers pulsés, UV)**

Les lentilles minces

- **lentille : ensemble de 2 dioptres sphériques (R_1, R_2)
même axe optique**

substance (verre en général) homogène , transparente

- **lentille mince : épaisseur e faible**

$$e \ll R_1 \quad e \ll R_2$$

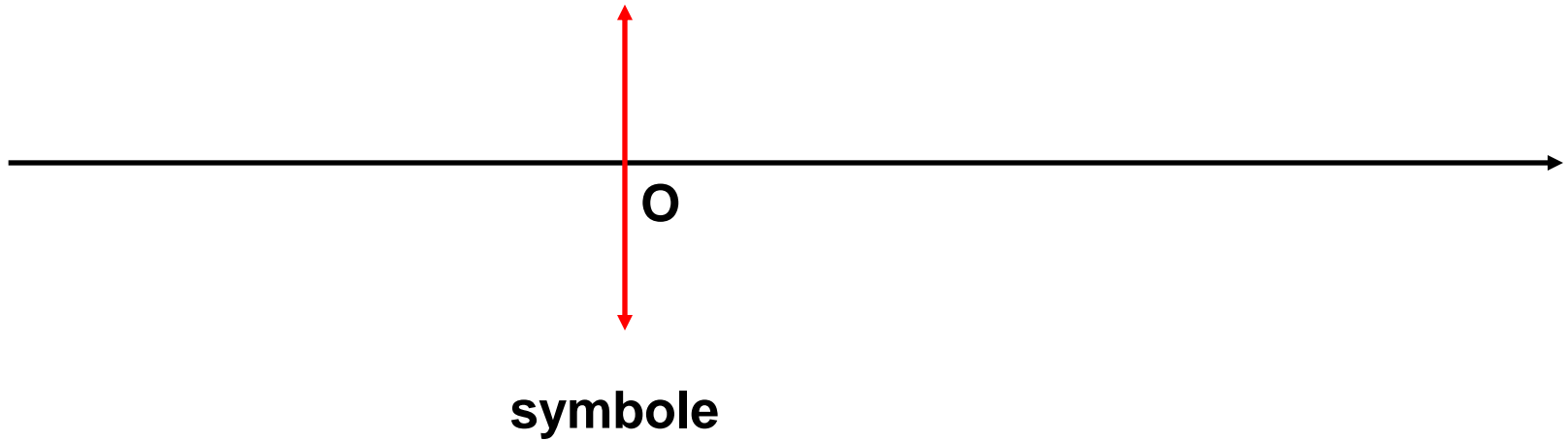
centre optique O de la lentille:

**= pratiquement confondu avec les sommets S_1 et S_2 des
deux dioptres**

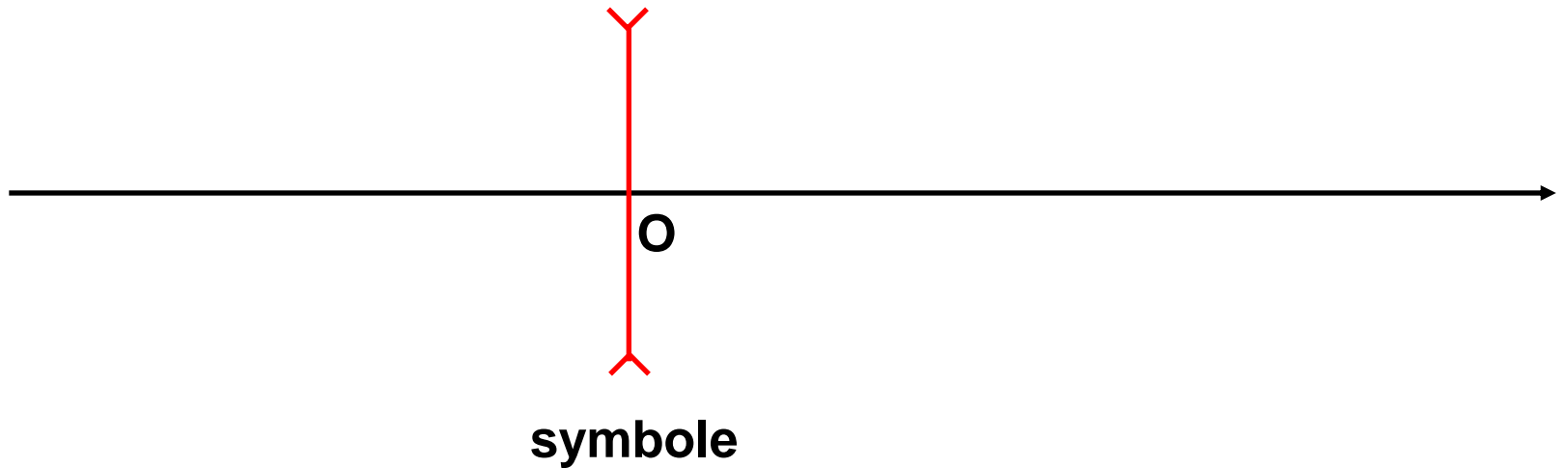
tout rayon passant par O → non dévié



- **Les lentilles à bords minces = lentilles convergentes**



- **Les lentilles à bords épais = lentilles divergentes**



Foyers et distances focales d'une lentille mince

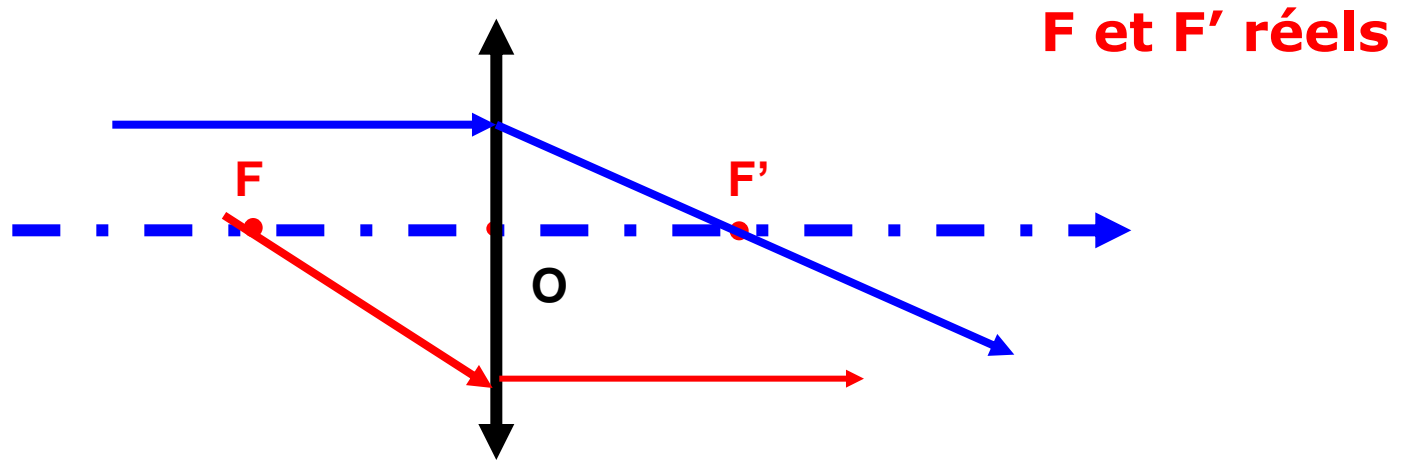
- ❖ **rayon incident // axe optique**
→ émergent foyer image F'
- ❖ **rayon incident foyer objet F**
→ émergent // axe optique

relation entre f et f' pour une **lentille mince** :

$$f = - f'$$



exemple : lentilles convergentes



- distance focale image f' : position de F'

$$f' = \overline{OF'} > 0$$

- distance focale objet f : position de F

$$f = \overline{OF} < 0$$

- **rappel** : relation entre f et f' pour une lentille: $f = -f'$

Relation fondamentale de conjugaison (lentilles)

- lentilles minces
- placées dans l'air
- approximation de Gauss

relation algébrique de conjugaison :

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}$$

$$p = \overline{OA} \quad p' = \overline{OA'} \quad f' = \overline{OF'}$$

axe orienté : sens de propagation de la lumière



Puissance (ou vergence) d'une lentille

- **définition**

vergence :

$$V = \frac{1}{f'}$$

- **remarque**

lentille convergente : V positif

lentille divergente : V négatif



association de 2 lentilles minces accolées

Systeme optique equivalent à une lentille unique de puissance V

$$V = V_1 + V_2$$



Grandissement transversal

rappel : définition

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

$\gamma > 0$ → image droite

$\gamma < 0$ → image renversée

propriété

$$\gamma = \frac{p'}{p}$$

(lentilles)



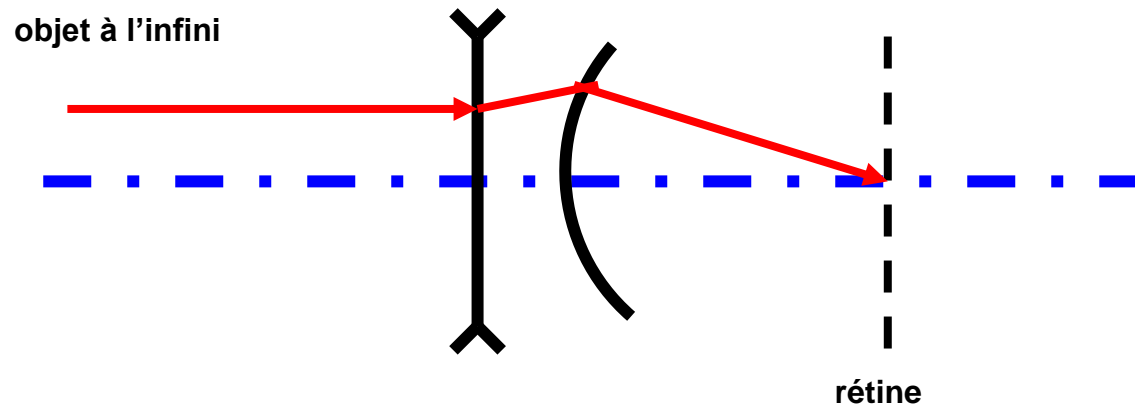
Correction des amétropies à l'aide de lentilles

but de la correction : punctum remotum à l'infini

→ image sur la rétine

- cas de la myopie

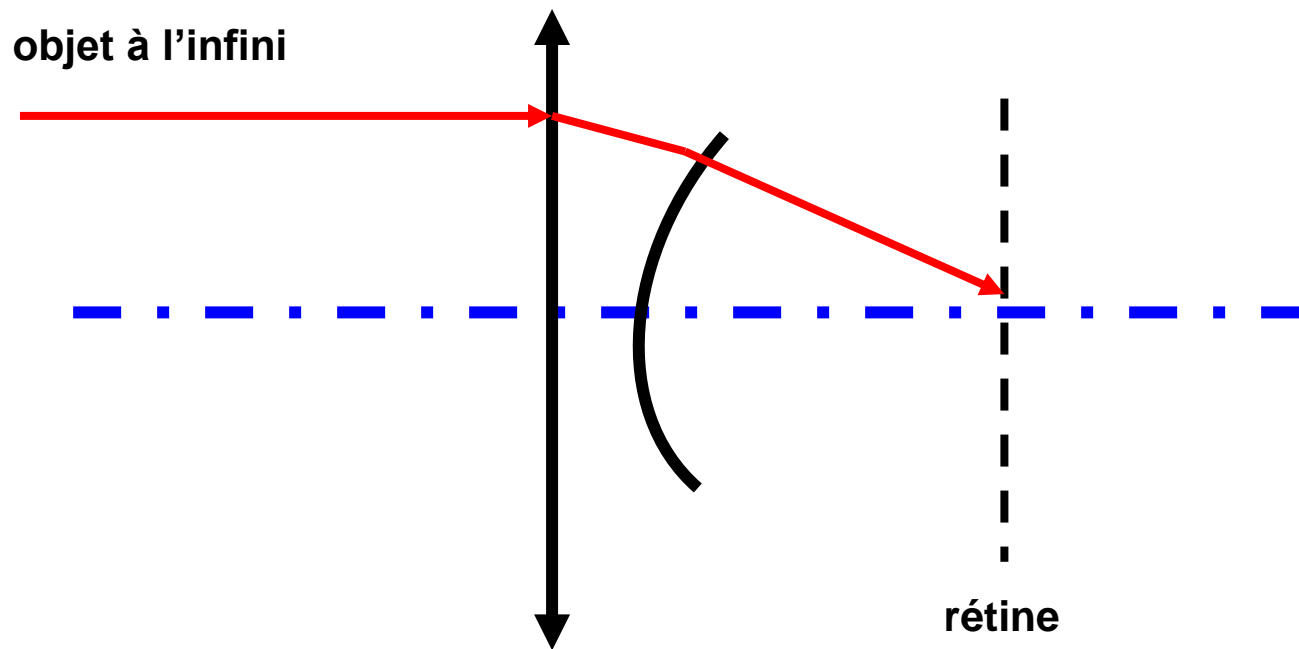
méthode : lentille correctrice divergente



- cas de l'hypermétropie

méthode :

lentille correctrice convergente



- **cas de l'astigmatisme régulier**

***équivalence* : double amétropie sphérique**

***exemple* : astigmatisme myopique composé =**

**myopie de x dioptries méridien vertical
myopie de y dioptries méridien horizontal**

***lentilles correctrices* : combinaison de verres avec des rayons de courbure différents dans les 2 méridiens**

calcul de la correction d'une amétropie sphérique, par une lentille

Principe

Objet à l'infini → image finale sur la rétine sans accommodation

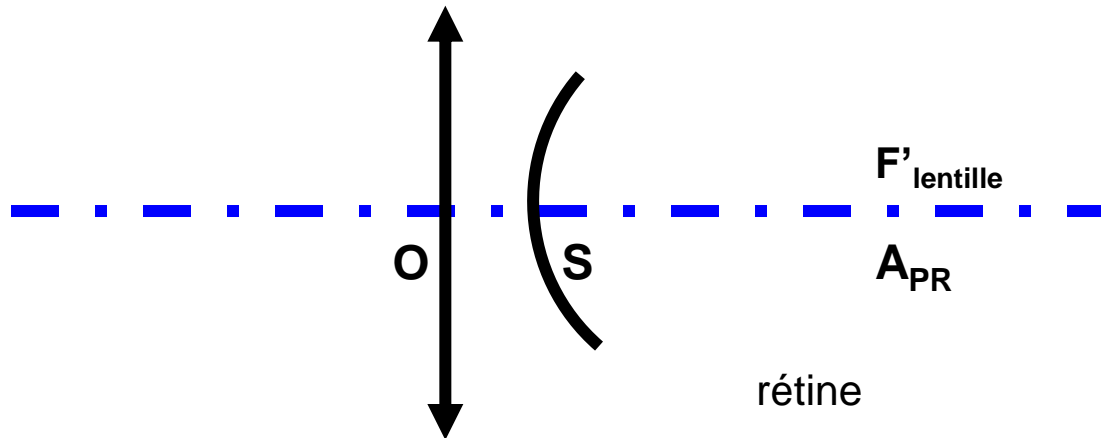
Méthode

- image finale sur la rétine → nécessité objet en A_{PR} (œil)
- objet à l'infini → image intermédiaire de cet objet par la lentille doit être située sur A_{PR}

$$\rightarrow F' \text{ lentille} \equiv A_{PR}$$

Calcul de la puissance du verre correcteur

- Schéma (cas de l'hypermétropie)



- Calcul de la correction (myopie et hypermétropie)

$$f'_{\text{lentille}} = \overline{OF'_{\text{lentille}}}$$

$$\overline{OF'_{\text{lentille}}} = \overline{OS} + \overline{SF'_{\text{lentille}}} = \overline{OS} + \overline{SA_{PR}}$$

$$V = \frac{1}{f'_{\text{lentille}}} = \frac{1}{h + p_{PR}} \quad \text{h petit}$$

cas de l'hypermétropie

$p_{PR} > 0 \rightarrow V > 0 \rightarrow$ lentille convergente

cas de la myopie

$p_{PR} < 0 \rightarrow V < 0 \rightarrow$ lentille divergente