

Module de Physique

Etude de l'œil :
système optique dioptrique

Ⓘ Introduction :

L'œil est un système optique qui a une forme approximativement sphérique. L'œil est l'organe de la vision, récepteur des phénomènes lumineux, qui il focalise pour projeter l'image sur la rétine qu'il renferme.

Celle-ci, à son tour, analyse cette image, commence à la coder et, par l'intermédiaire du nerf optique puis des voies optiques intracrâniennes, adresse le message visuel au cerveau.

La lumière traverse plusieurs milieux avant d'atteindre la rétine. Ces milieux sont, dans l'ordre :

① La Cornée. ② L'humeur aqueuse. ③ Le cristallin.

④ Humeur vitrée.

qui constituent des dioptries successives où se produisent des phénomènes de réfraction.

- L'œil peut se définir comme une caméra, la plus complexe et la aboutie qui existe. Dans cet organe ultra-perfectionné, chaque élément a son rôle et son importance.

* La cornée : responsable de l'éclairage :

- La cornée agit comme une fenêtre par laquelle la lumière pénètre dans l'œil. Elle joue un rôle prépondérant dans la focalisation de la lumière sur la rétine.

* Le cristallin : un rôle de « zoom »

- Le cristallin est responsable de la mise au point des objets à différentes distances en ajustant sa courbure.

Il peut se bomber pour focaliser les objets proches et s'aplatir en position de repos pour rendre nets les objets éloignés.

* L'humour aqueuse :

L'humour aqueuse est un liquide transparent qui est constamment renouvelé. Elle joue un rôle crucial avec le corps vitré pour maintenir la pression et la forme du globe oculaire.

Principalement composée d'eau, elle contient également de la vitamine C, du glucose, de l'acide lactique et des protéines.

Le liquide est renouvelé environ toutes les 2 à 3 heures.

* La pupille : le diaphragme de l'œil :

La pupille est assimilée au diaphragme d'un appareil photo, elle joue un rôle similaire dans le contrôle de lumière qui pénètre dans l'œil.

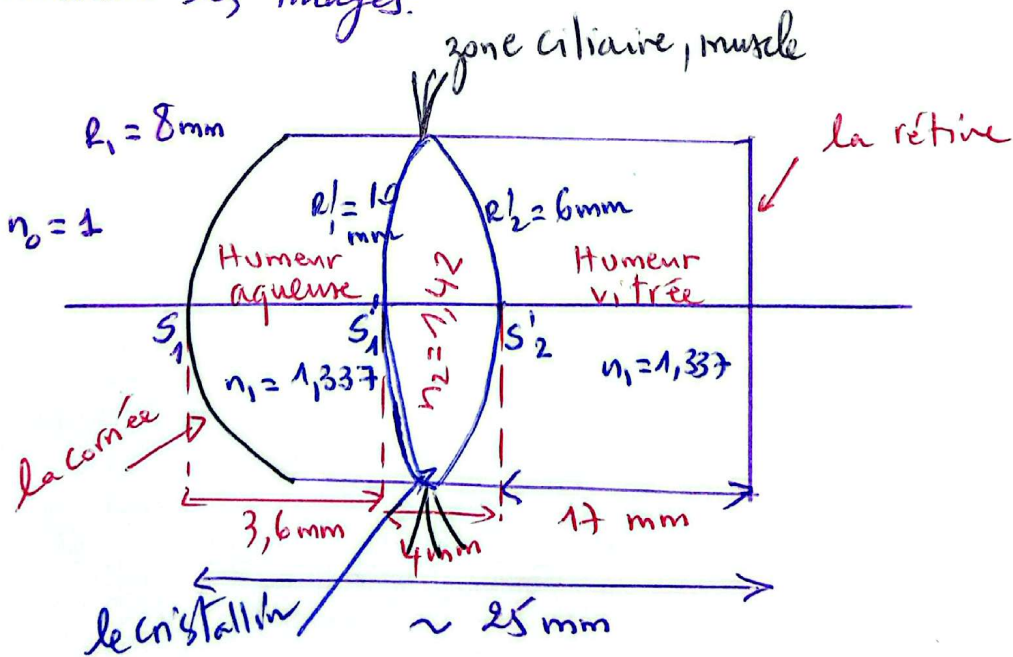
* La rétine = le film photographique

La rétine est assimilée au film car elle joue un rôle similaire dans la captation et la transmission de l'information visuelle.

La rétine est la partie sensible à la lumière qui convertit les rayons lumineux en signaux électriques transmis au cerveau. Elle est constituée de centaines de millions de cellules nerveuses photo-réceptrices :

- Les cônes (6-7 millions) : les cellules interprètent les couleurs d'une image.
- Les bâtonnets (130 millions) : les cellules analysent la lumière.

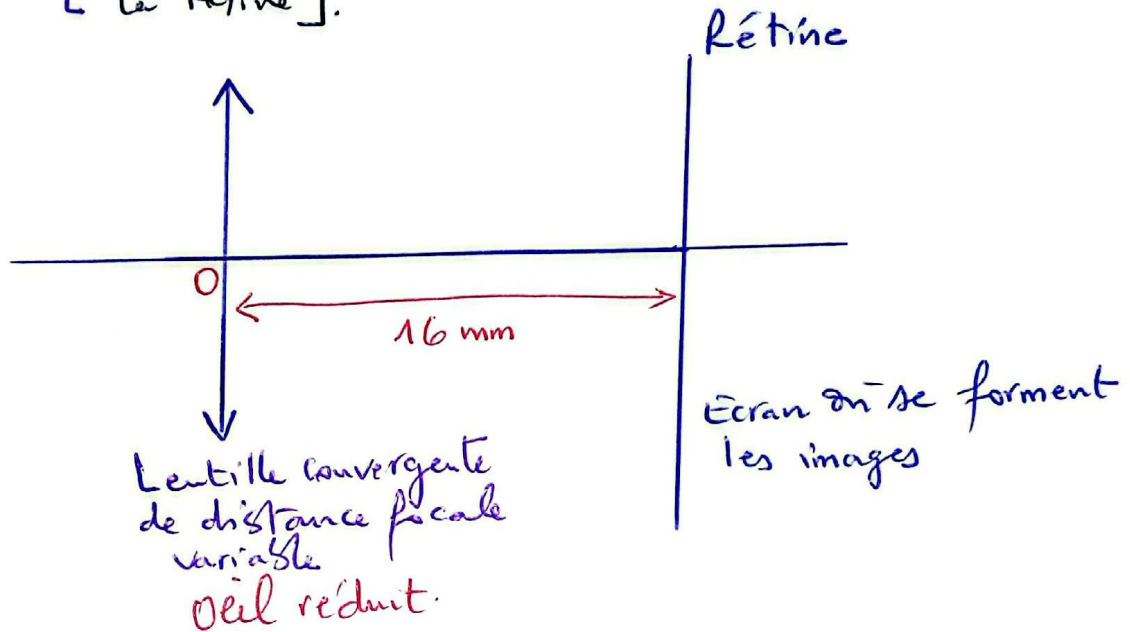
* Le ref. optique : Il transmet les informations reçues par les yeux vers le cerveau (4 mm de diamètre pour 5 cm de long)
⇒ il permet au cerveau d'enregistrer, d'interpréter et de traduire les images.



L'œil réduit:

On a vu que l'œil est un système complexe, pour l'étudier on peut le représenter par un système équivalent plus simple qui rend compte de ses propriétés optiques \Rightarrow l'œil réduit.

Il est constitué d'une lentille convergente de distance focale variable [selon la position de l'objet, le cristallin doit ajuster sa courbure pour que l'image se forme toujours sur la rétine].



* L'accommodation:

la relation de conjugaison:

$$\frac{1}{q} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f_i} \quad \text{ou bien} \quad \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f_i}$$

On voit bien que si OA change, OA' change aussi si f_i est constant, or pour l'être humain & la position

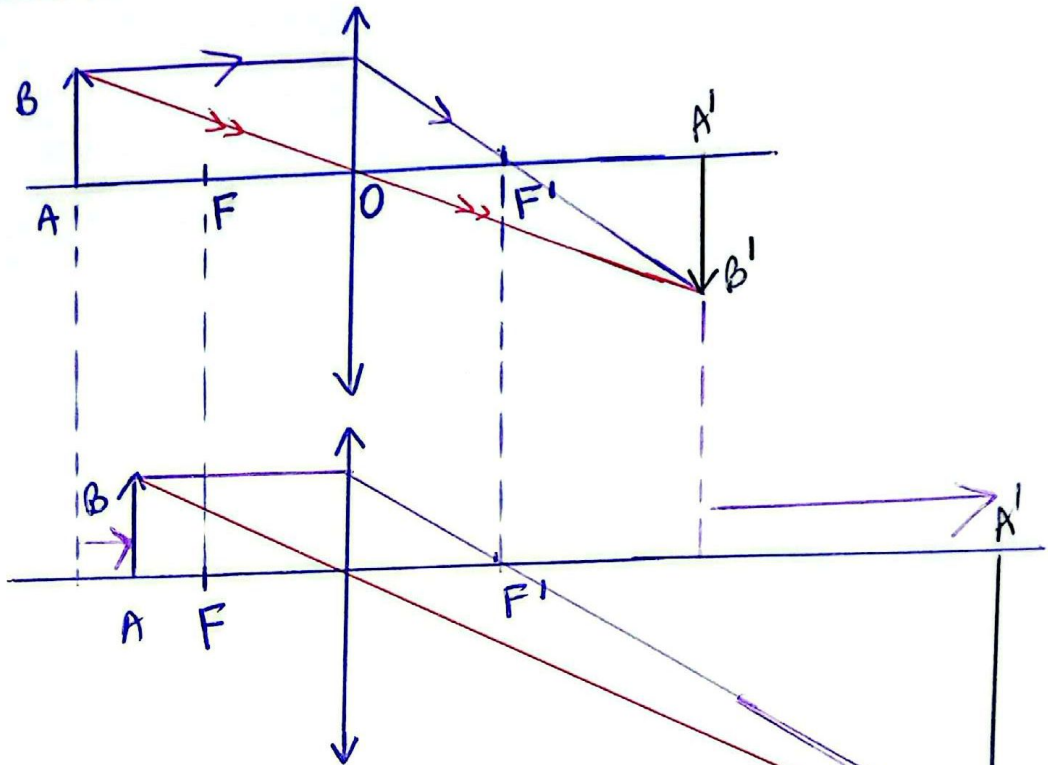
de l'objet, il faut que son image soit sur la rétine $\Rightarrow \overline{OA}$ est fixe \Rightarrow il faut que f_i change,

la distance focale du cristallin change (à travers R_1 et R_2)

\Rightarrow c'est l'accommodation.

* champ de vision: مجال الرؤية الواضحة

- Punctum proximum (PP) et Punctum remotum (PR):



On remarque qu'à mesure que l'objet AB se rapproche de l'œil, son image s'éloigne. Or pour nous, il faut que l'image soit sur la rétine pour avoir une vision claire.

⇒ l'œil accomode (la distance focale du cristallin change à travers R_2 et R_1) lorsqu'on veut se concentrer sur les objets proches de nous ⇒ c'est l'effet d'accommodation

* Punctum Remotum P.R.: (نقطة البعد)

c'est le point le plus éloigné possible que l'œil au repos (sans accommodation) voit nettement.

Pour un œil normal (sans anomalies) $D = \overline{OPR} \rightarrow \infty$

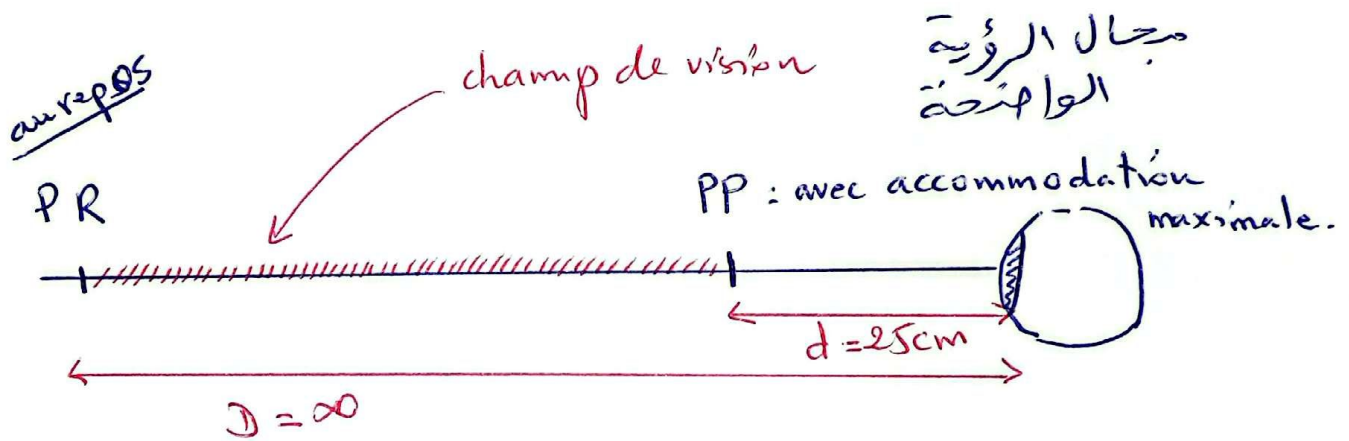
* Punctum Proximum: PP: (نقطة الاقرب)

C'est la plus petite distance à laquelle l'œil peut voir un objet net = la distance minimum de vision distincte
 \Rightarrow l'objet se trouve alors au Punctum Proximum PP avec accommodation maximale (مجال الرؤية الواضحة)

Accommodation maximale $\Rightarrow (R_1 = 10\text{mm}, R_2 = 6\text{mm})$

$\Rightarrow (R'_1 = 6\text{mm}, R'_2 = 5,5\text{mm})$

Pour un adulte à vue normale $d = \overline{OPP} = 25\text{cm}$



champ de vision: c'est l'ensemble des positions de l'objet pour lesquelles, on aura une image claire sur la rétine.

* Amplitude d'accommodation (dioptries) de l'œil (مجال الرؤية الواضحة):

Par définition, l'amplitude dioptrique ou pouvoir d'accommodation est la grandeur suivante:

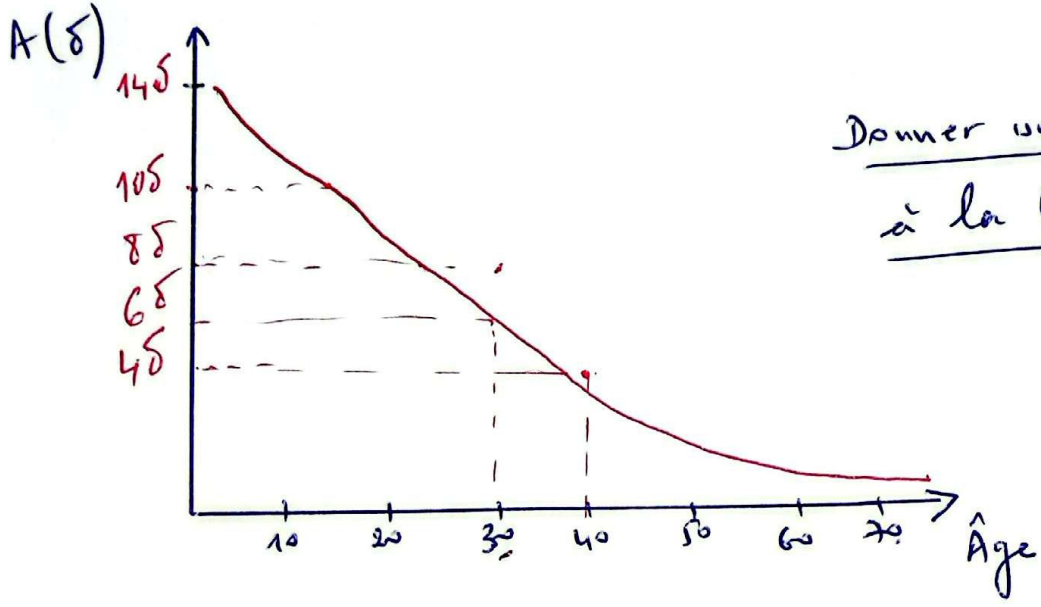
$$A = \frac{1}{D} - \frac{1}{d}$$

(6)

Pour un œil normale $D = OPR \rightarrow \infty$, $d = OPP \rightarrow -0,25 \text{ m}$.

$\Rightarrow A = \frac{1}{\infty} - \frac{1}{-0,25} \Rightarrow A = 4 \text{ m}^{-1} \Rightarrow A = 4 \text{ dioptries}$
 $A = 4 \delta$

* variation de A en fonction de l'âge :



Donner une interprétation à la courbe.

Les troubles de la vision :

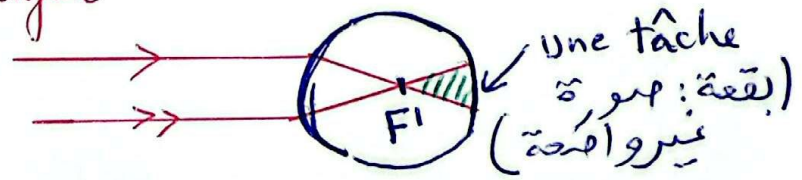
Malgré la capacité de l'œil à s'adapter lorsque nous nous concentrons sur des objets proches, il existe des défauts de vision courants liés à la nature de l'œil lui-même.

a) La Myopie: بصر قريب

La myopie est une amétropie sphérique dans laquelle les rayons parallèles venant de l'infini se croisent en un point focal image en avant de la rétine.

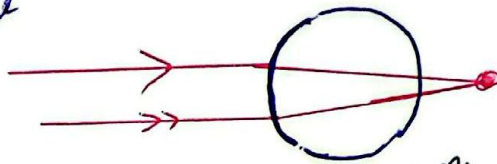
Le myope ne voit pas bien de loin (mais bien de près).

L'œil myope est trop convergent.



b) L'hypermétropie: طول النظر

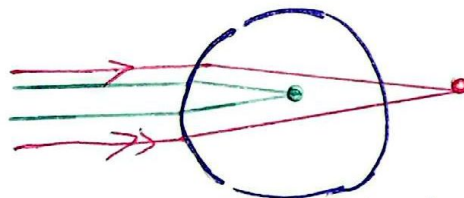
L'œil est trop court, il n'y a pas assez de convergence donc l'image se focalise en arrière de la rétine. Le foyer image s'éloigne de la rétine au fur et à mesure que l'objet approche. L'hypermetrope voit flou de plus en plus quand l'objet approche.



c) L'astigmatisme: (الاستجماتيزم) (الاستجماتيزم)

L'astigmatisme résulte du fait que différents dioptries oculaires ne sont pas des dioptries sphériques (mais présentant des courbures différentes selon la région de l'espace).

Un œil astigmaté ne donne pas d'un point une image ponctuelle comme dans l'amétropie (œil normal $D = \infty, d = 25\text{cm}$) mais de images appelées focales (à la position de l'objet).



d) La presbytie: طول النظر الشيخوخي

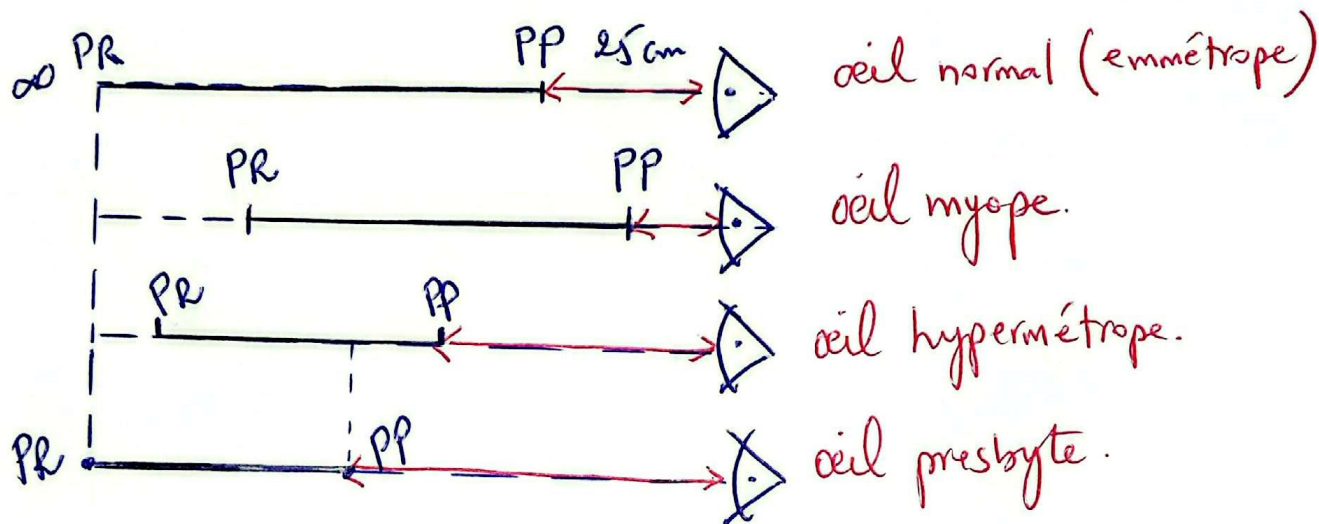
C'est une diminution de la faculté d'accommoder; elle vient en général avec l'âge - le pouvoir d'accommodation décroît avec l'âge, pour devenir nul à l'âge de 55 ans.

Cette réduction progressive est liée à une perte progressive de l'élasticité de la capsule du cristallin (muscles, ciliaires, --)

- la faiblesse des procès ciliaires qui n'ont plus la force de faire varier la focale du cristallin
- Le manque de souplesse du cristallin.

* La vision de loin est bonne, l'image se forme sur la rétine.

** La vision de près est floue, l'image se forme à l'arrière de la rétine.



* Correction:

① La myopie: lentille divergente.

Pour diminuer la vergence de l'œil myope, on utilise des lentilles divergentes pour pouvoir observer les objets très éloignés (Correction du PR)

vergence de la lentille correctrice \leftarrow

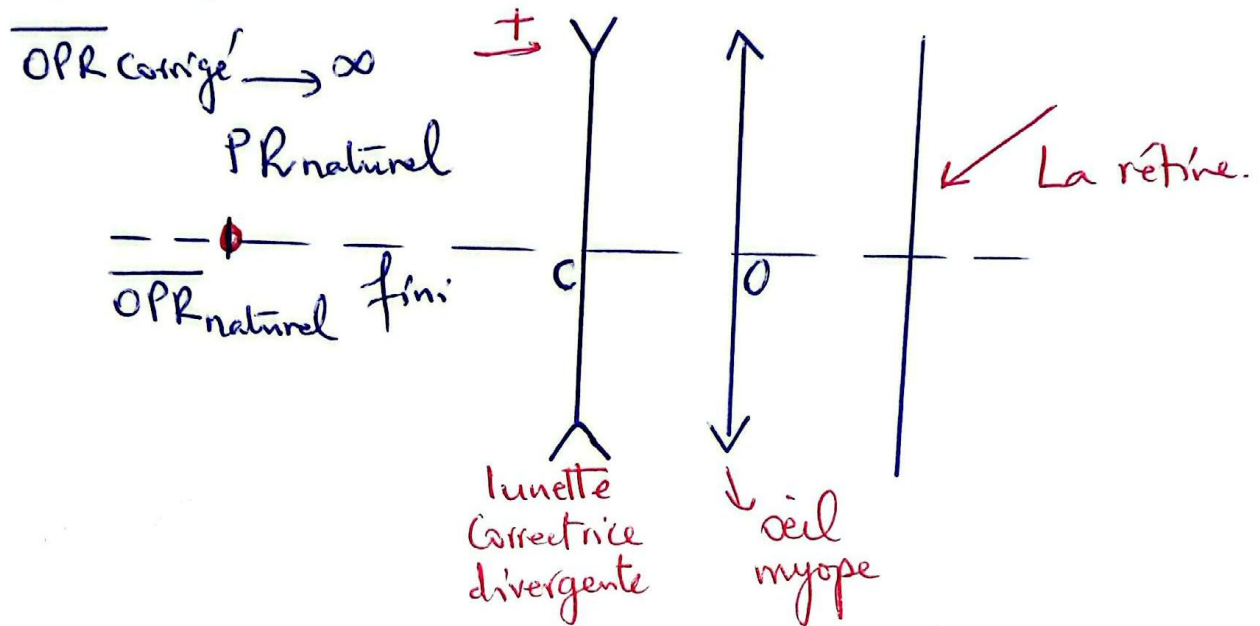
$$V_{\text{correction}} = \frac{1}{f_c} = \frac{1}{\text{CPR}_{\text{naturel}}} - \frac{1}{\text{CPR}_{\text{corrigé}}}$$

$$V_{\text{correction}} = \frac{1}{f_c} = \frac{1}{\text{CO} + \text{OPR}_{\text{naturel}}} - \frac{1}{\text{CO} + \text{OPR}_{\text{corrigé}}}$$

avec: $\text{CPR}_{\text{naturel}}$: le Punctum remotum naturel de l'œil myope par rapport au centre optique de la lentille correctrice.

CPR corrigé : Le Punctum remotum corrigé de l'œil myope ($\overline{CPR}_{\text{corrigé}} \rightarrow \infty$) par rapport au centre optique de la lentille correctrice.

Remarque: Dans le cas d'une lentille de contact $\overline{CO} = 0$.

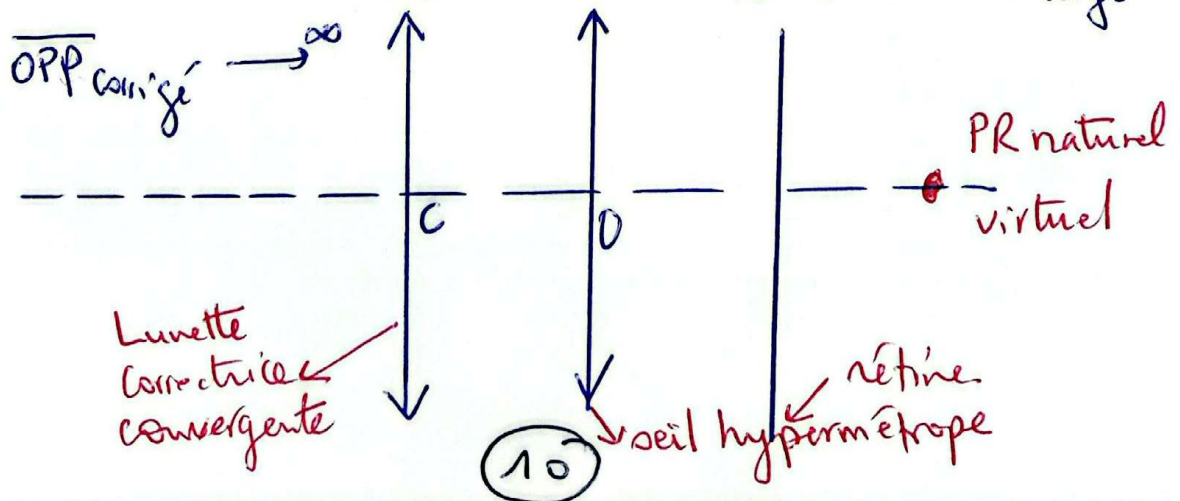


② L'hypermétropie : Lentille convergente.

Pour augmenter la vergence de l'œil hypermétrope, on utilise des lentilles convergentes pour pouvoir observer clairement les objets rapprochés (correction du PP).

$$V_{\text{correction}} = \frac{1}{\overline{COP}_{\text{naturel}}} - \frac{1}{\overline{COP}_{\text{corrigé}}}$$

$$= \frac{1}{f_c} = \frac{1}{\overline{CO} + \overline{OP}_{\text{naturel}}} - \frac{1}{\overline{CO} + \overline{OP}_{\text{corrigé}}}$$



③ La presbytie: Lentille convergente

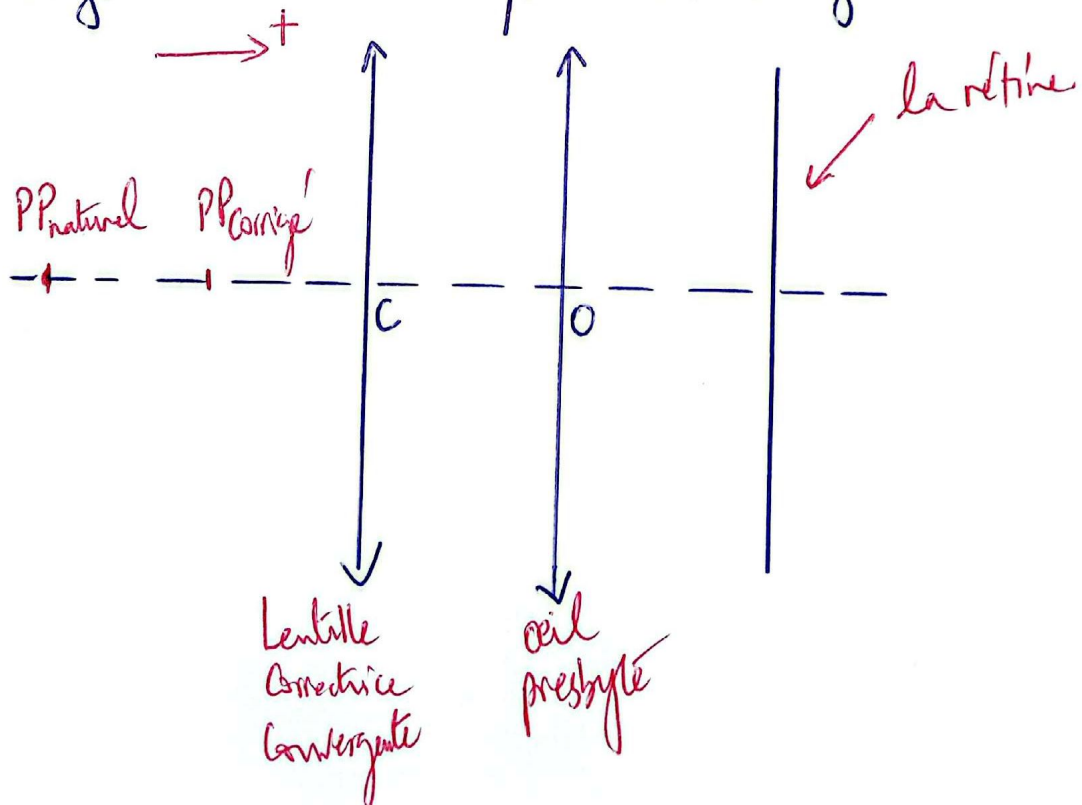
Pour un œil presbyte, le cristallin ne converge plus assez.
 Donc il faut des verres convergents pour la vision rapproché (Correction du P-P).

$$V_{\text{Correction}} = \frac{1}{f_c} = \frac{1}{\overline{CPP}_{\text{naturel}}} - \frac{1}{\overline{CPP}_{\text{corrigé}'}}$$

$$= \frac{1}{f_c} = \frac{1}{\overline{CO} + \overline{OPP}_{\text{naturel}}} - \frac{1}{\overline{CO} + \overline{OPP}_{\text{corrigé}'}}$$

$\overline{CPP}_{\text{naturel}}$: Le Pointum proximum naturel de l'œil presbyte par rapport au centre optique de la lentille correctrice.

$\overline{CPP}_{\text{corrigé}'}$: Le Pointum proximum corrigé' - - - - .



Exemple : Correction hypermétrope :

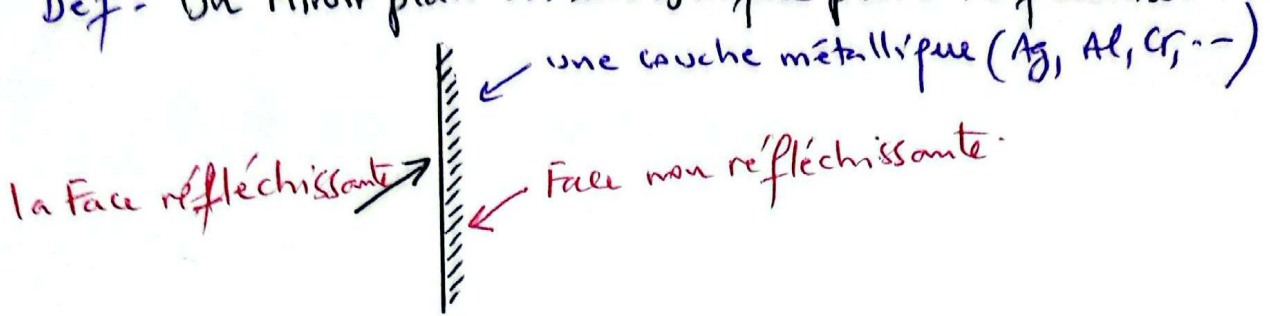
- * Un œil hypermétrope est caractérisé par PP égal à 45 cm
- Déterminer le type et la distance focale des lentilles que doit porter cette personne pour qu'elle voie nettement à 25 cm et ce dans chacun des 02 cas suivants :
 - ① On néglige la distance qui sépare ces lentilles du cristallin.
 - ② On suppose que la distance qui sépare ces lentilles au cristallin vaut 1 cm.

Solution au cours.

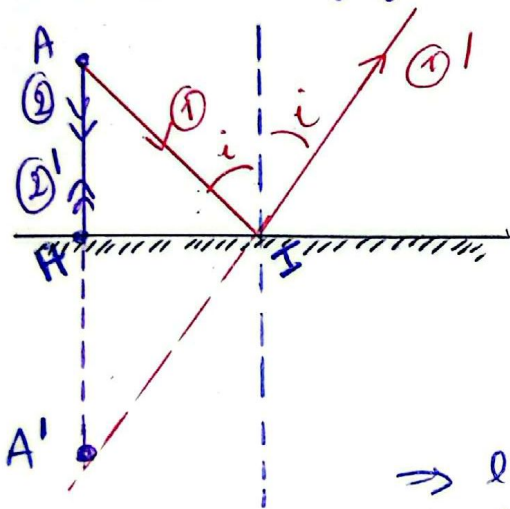
B) Les Miroirs :

① Miroir Plan :

Def : Un miroir plan est une surface plane réfléchissante.



- Formule de conjugaison :



① rayon incident avec angle d'incidence $i \Rightarrow$ ① rayon réfléchi avec le même angle d'incidence i .

② rayon incident avec $i = 0 \Rightarrow$ ② rayon réfléchi avec $i' = 0$.

\Rightarrow l'intersection de ① et ② par prolongement donnera A' image de A par le miroir plan

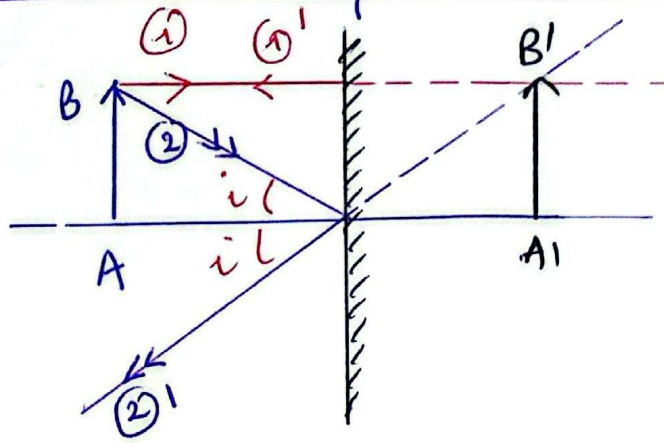
Soit H la projection orthogonale du point objet A sur le miroir. Le point image A' étant symétrique de A par rapport au miroir, d'une part A et A' sont de part et d'autre de H , et d'autre part il y a égalité entre les distances

$$AH \text{ et } HA' \Rightarrow \overline{AH} + \overline{A'H} = 0$$

Formule de conjugaison

$$\Rightarrow \boxed{p + q = 0} \Rightarrow q = -p$$
$$\Rightarrow |q| = |p|$$

* Les caractéristiques de l'image:



A'B' image virtuelle, droite, de même grandeur et à égale distance du miroir par rapport à l'objet

Pour les miroirs l'agrandissement est donnée par:

$$\gamma = \frac{-q}{p}$$

Comme $q = -p$ (formule de conjugaison)

$$\Rightarrow \gamma = 1$$

② Miroir sphérique:

Def: Un miroir sphérique est un type de miroir courbe qui a une surface de réflexion en forme de sphère.

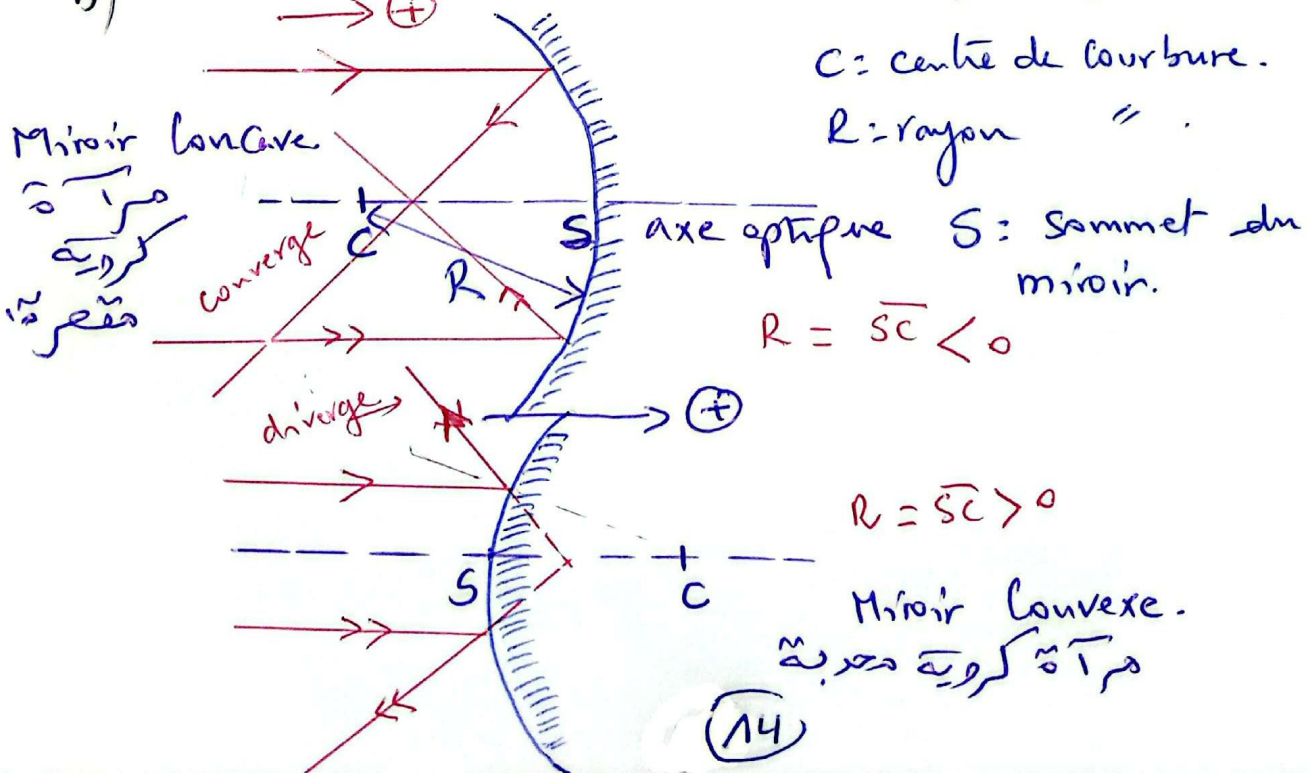
il existe 02 types de miroir sphériques:

a) Miroir sphérique concave

مرآة كروية مقعرة

b) " " convexe

مرآة كروية محدبة



Remarque:

* Miroir concave: la surface réfléchissante et C sont dans le même milieu.

* Miroir convexe: " " dans un milieu et C dans un autre milieu.

* Formule de conjugaison

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{2}{R}$$

p = position de l'objet
 q = " " l'image
 R = rayon du miroir

Cas particuliers

a) l'objet à l'infini: $p \rightarrow \infty$

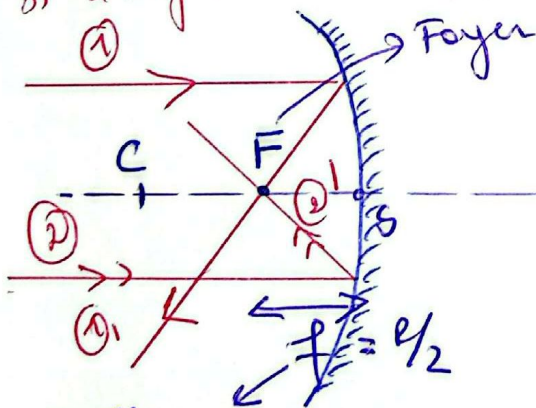
$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{q} = \frac{2}{R} \Rightarrow q = f = SF = R/2$$

Si l'objet est à l'infini \Rightarrow son image sera au Foyer F à une distance focale $f = R/2$.

b) l'image à l'infini: $q \rightarrow \infty$

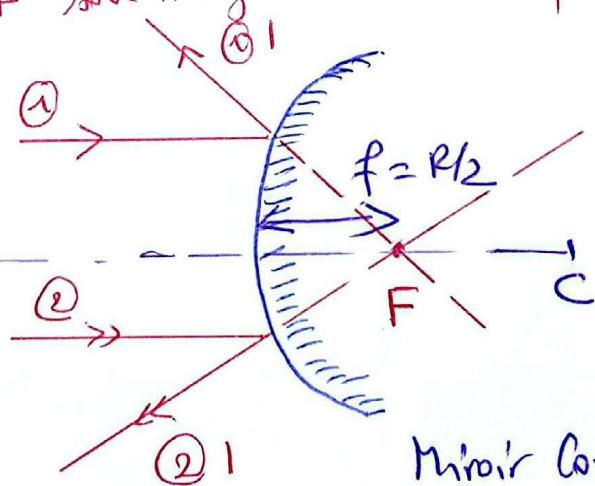
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{\infty} = \frac{2}{R} \Rightarrow p = f = SF = R/2$$

Si l'objet est au foyer F son image sera à l'infini.



distance focale

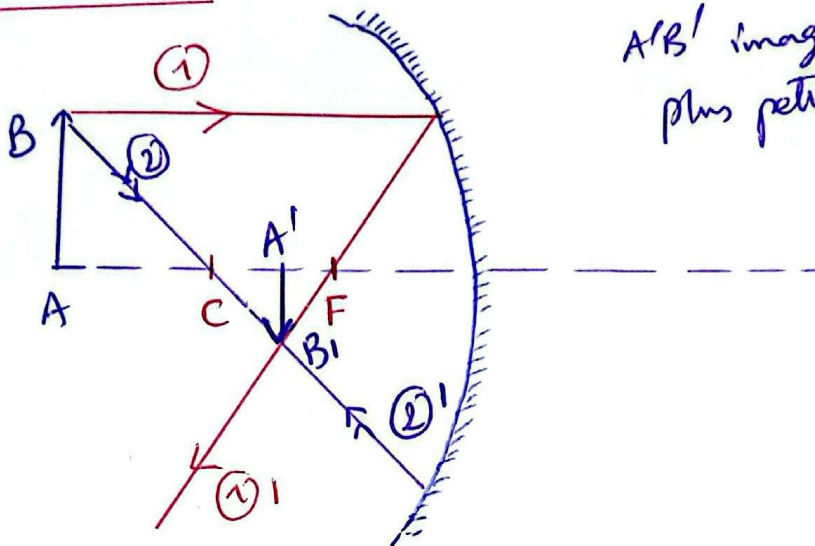
Miroir concave



Miroir convexe

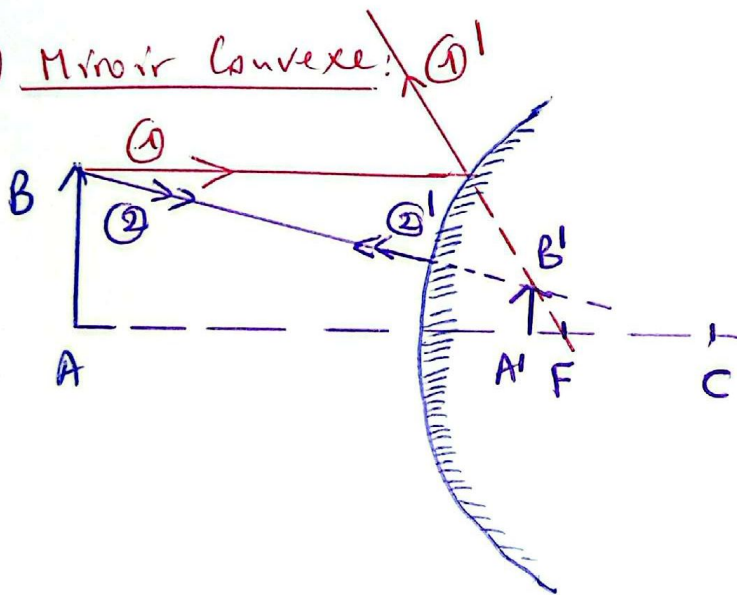
Construction de l'image:

① Miroir Concave:



$A'B'$ image réelle, inversée
plus petite que l'objet AB

② Miroir Convexe:



$A'B'$ image virtuelle, droite
et plus petite que
l'objet AB .

exemple:

Trouver la position et les caractéristiques de l'image AB' donnée par un miroir concave de rayon 15 cm pour un objet AB qui se trouve à une distance de 20 cm par rapport au miroir (par calcul et par construction géométrique).

Fin.

16