



**UE 20** : Système Neuro-Sensoriel et Psychiatrie

**ENSEIGNANT** : Professeur Salaun

**DATE** : 03/09/2024

**GROUPE** : GRALL Néva, BERGERON Coline

**REMARQUES** : Ce cours est la première partie du cours sur la Biophysique de la vision. Il correspond à la suite de la biophysique de la vision de Mme Querellou de P1.

---

## Biophysique de la vision (Partie 1)

---

### Table des matières

<b>I) Rappel d'optique physique</b>	<b>2</b>
A) <i>Introduction : rappels sur la nature de la lumière</i>	2
B) <i>Atténuation</i>	3
1) Conséquences physiologiques : atténuation des rayons par l'eau	3
2) Conséquence pathologique : Cas de la cataracte	4
3) Utilisation du phénomène d'atténuation	4
C) <i>Réflexion et réfraction</i>	4
1) Réflexion	4
2) Réfraction	5
D) <i>Diffraction</i>	8
<b>II) Rappel d'optique géométrie</b>	<b>8</b>
A) <i>Dioptre</i>	8
B) <i>Dioptre stigmatique</i>	9
C) <i>Dioptre sphérique</i>	9
1) Notion de convergence et de divergence	10
2) Puissance d'un dioptre sphérique +++	11
3) Convention	11
4) Distance focale	12
5) Variation de puissance	12
<b>III) Dioptrique oculaire</b>	<b>13</b>
A) <i>Description dioptrique de l'œil</i>	13
1) Dioptres sphériques de l'œil	14
2) Caractéristiques dioptriques de l'œil normal	15
B) <i>Conditions de vision normale</i>	15
1) Stigmatisme	16

2) Emmétropie	16
3) Accommodation	17
<b>IV) Amétropies sphériques</b>	<b>18</b>
A) <i>Introduction</i>	18
B) <i>Myopie</i>	18
C) <i>Hypermétropie</i>	20
D) <i>Causes et origines</i>	22
E) <i>Éléments cliniques et terminologiques</i>	22
F) <i>Corrections des amétropies</i>	23
1) Myopie	23
2) Hypermétropie	23

## I) Rappel d'optique physique

### A) Introduction : rappels sur la nature de la lumière

La nature de la lumière suit 2 théories :

- **Théorie corpusculaire** : la lumière est sous forme de photon qui se déplace au sein de matériaux et qui interagit avec la matière
- **Théorie électromagnétique** : onde électromagnétique ayant une fréquence (ou une longueur d'onde), qui se déplace dans le vide avec un certain nombre de caractéristiques qui lui sont propres. Son trajet est linéaire.

La vitesse de la lumière dans le vide est impactée par le matériau transparent qu'elle traverse. **Dans l'air**, il y a très peu de **modification de la vitesse de la lumière** (très peu d'obstacles), donc on est proche de 1, la transmission est bonne.

**Indices:**

dans le vide = 1  
 dans l'air ≈ 1  
 dans l'eau ≈ 1,3  
 dans le verre ≈ 1,5  
 dans le diamant ≈ 2,4

L'indice du matériau va alors conditionner la modification de la vitesse de la lumière au sein de ce matériau.

La lumière est caractérisée par : célérité = vitesse lumière dans le vide =  $3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

- **Sa longueur d'onde** : la longueur d'onde de la lumière est infinie, mais dans le domaine de la lumière blanche (=lumière visible), elle s'échelonne entre 400 et 800 nm.
- **Son énergie** : rayonnements ionisants et non ionisants. Il existe 3 grandes caractéristiques de ces rayonnements :
  - ☐ **Des caractéristiques propres au rayonnement et au milieu qu'il traverse** (cornée, humeur aqueuse, cristallin, corps vitré)
  - ☐ **Une longueur d'onde très spécifique, propre à la lumière blanche**
  - ☐ **Une énergie libérée au sein de la rétine, qui doit être en mesure de créer une réaction biochimique**

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad 1.6^{-3} \text{ eV}$$

$$E_{mol} = \frac{hc}{\lambda} \quad 150 - 300 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

**Dans un milieu homogène et isotrope, la lumière se propage de manière linéaire à partir d'une source ponctuelle.** Si l'indice ne change pas, il n'y a aucune raison que la direction de la lumière soit modifiée.

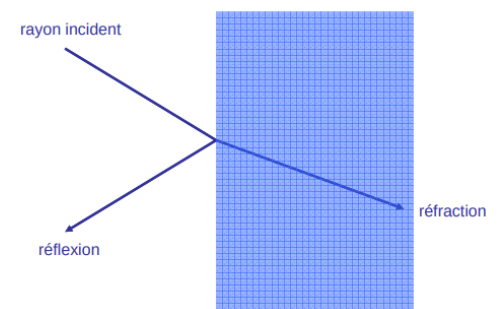


Ulf Seifert lic. Cc

Mais lorsqu'on a une source de lumière **suffisamment éloignée du détecteur**, on considère que dans un **faisceau réduit** de cette lumière, **la source ne devient pas isotrope, mais parallèle les unes par rapport aux autres**. C'est pour cette raison que la vision de près est différente de la vision de loin.

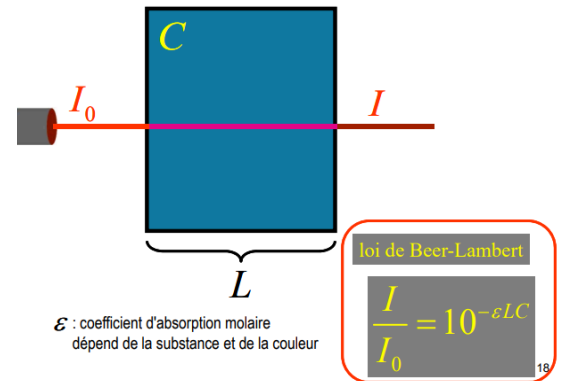
**Lorsque la lumière se déplace dans un milieu homogène, sa direction n'est pas modifiée** et la vitesse correspond à l'indice du milieu. Mais lorsqu'il existe une **interface**, celle-ci va créer deux phénomènes : la **réflexion**, et la **réfraction**. Ces deux phénomènes sont liés à la **différence d'indice qu'il existe entre les 2 milieux**.

A ces 2 phénomènes s'ajoutent le phénomène d'atténuation : au fur et à mesure de son parcours dans la matière, la lumière perd de l'énergie.



## B) Atténuation

On a un **faisceau incident** qui a une **intensité  $I_0$** . Une fois qu'il a traversé un milieu atténuant, on aura un **faisceau d'intensité  $I$**  plus faible (cela est dû au nombre d'interactions dans le milieu)

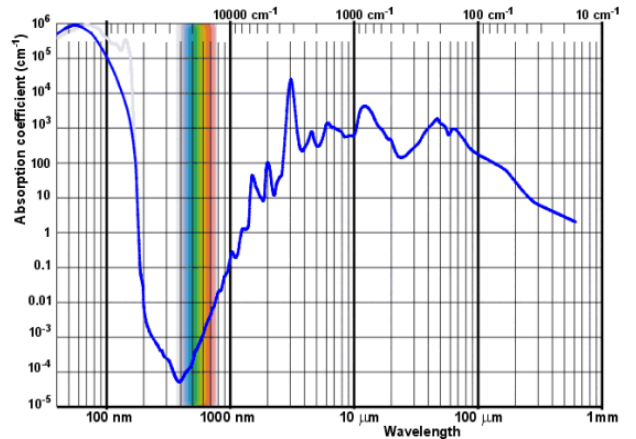
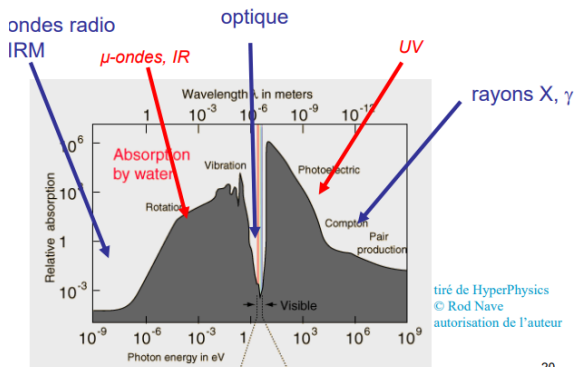


L'atténuation dépend de la loi de Beer-Lambert :

$$\frac{I}{I_0} = 10^{-\epsilon LC}$$

- $\epsilon$  : le **coefficient d'absorption molaire** (= capacité du milieu à atténuer ou pas)
- $L$  : la **longueur du milieu traversé** (plus le milieu est dense, plus c'est impactant)
- $C$  : la **concentration molaire** (plus le milieu est dense, plus il y aura atténuation du rayonnement incident et moins il y aura de transmission de la lumière).

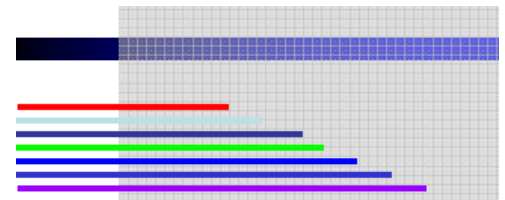
### 1) Conséquences physiologiques : limites du domaine du possible du visible : atténuation des rayons par l'eau



Dans l'eau, on va avoir une atténuation relativement faible.

A l'intérieur même du spectre du faisceau lumineux, l'atténuation ne sera pas la même dans les bleus et dans les rouges : l'atténuation est beaucoup plus forte dans les rouges !

Ainsi, lorsqu'on passe le rayon lumineux dans une source d'eau, le rayonnement s'éteint rapidement dans les rouges, tandis qu'elle est atténuée plus tardivement dans les bleus. C'est pour cela que lorsque l'on plonge dans l'eau, on voit l'eau d'une couleur bleue. Plus on nage au fond de l'eau, plus la le faisceau lumineux s'atténue jusqu'à s'atténuer totalement (fond abyssal).



**L'atténuation n'est donc pas linéaire !**

## 2) Conséquence pathologique : Cas de la cataracte

Ce phénomène d'atténuation permet d'expliquer certaines pathologies comme la **cataracte**. La cataracte est une évolution sénile, traumatique ou pathologique du cristallin qui s'opacifie, empêchant les rayonnements de passer au niveau de la rétine.

La cataracte entraîne l'**augmentation du coefficient d'absorption molaire** du cristallin, ce qui provoque une diminution brutale de l'intensité lumineuse (= atténuation).

## 3) Utilisation du phénomène d'atténuation

Les verres solaires absorbent les UV et diminuent donc le nombre de photons qui arrivent à la rétine. On adapte en fonction du coefficient d'absorption molaire une atténuation spécifique sur les rouges et les bleus pour protéger l'œil.

## C) Réflexion et réfraction : En fonction de l'indice des milieux et de l'angle du rayon incident

Lors de l'interaction à la normal d'une surface (= interface séparant deux milieux différents = dioptre) d'indices différents (impédance différente)  $n_1$  et  $n_2$ , le rayonnement incident aura :

- Une partie est **réfléchi**e → **Phénomène de réflexion** (ce qui permet la vision des couleurs dans un certain nombre de point)
- Une partie est **réfractée** → **Phénomène de réfraction**

En fonction de l'**indice du milieu** et de l'**angle d'incidence**.

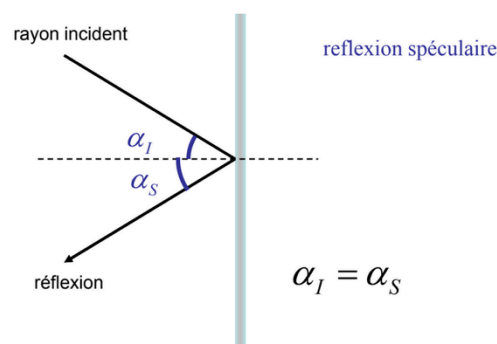
Ces phénomènes dépendent :

- Du **dioptre** (de son **rayon de courbure**)
- De l'**indice du milieu**

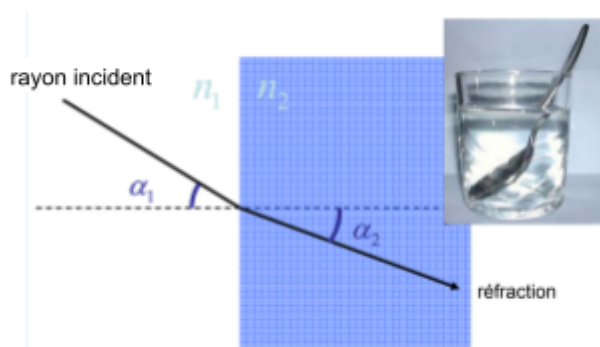
## 1) Réflexion

Si tous les rayonnements sont réfléchis, on parle de **réflexion spéculaire** (= total → miroir). (C'est-à-dire que le rayon d'incident = rayon réfléchi).

Ce phénomène n'a aucun intérêt dans la physiologie de la vision.



## 2) Réfraction



Quand un rayon arrive au niveau d'une interface, il se fait en partie réfracter, c'est-à-dire qu'il subit une modification de direction dans le milieu.

La réfraction va modifier l'angle d'affluence selon la **loi de Descartes** :

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

•  $\alpha$  : angles des rayons par rapport à la normale (ligne en pointillé)

•  $n$  : indice de réfraction des milieux traversés

Deux éléments sont importants à prendre en compte :

- La **différence d'indice entre les milieux** qui conditionne l'impact sur cette réfraction
- **L'inclinaison par rapport à la normale de cette interface** qui conditionne l'orientation

Donc si les indices sont importants, on va avoir une réfraction importante et si l'angle est important on va également avoir une réfraction qui va être potentiellement importante.

L'indice  $n$  est calculé en fonction de la :

- Célérité de la lumière dans le vide
- Vitesse du rayonnement dans le milieu donné

Dans tous milieux traversés, il y a deux phénomènes à prendre en compte :

- **Le phénomène d'atténuation du milieu**
- **Le phénomène de réfraction au niveau de l'interface**

Au niveau du verre d'eau ci-contre, on voit que le manche de la cuillère est décalé (normalement on a une continuité) car il y a un **changement de milieu air/eau** avec des **indices  $n$  différents** et donc un **phénomène de réfraction** avec **changement de direction du faisceau lumineux**.

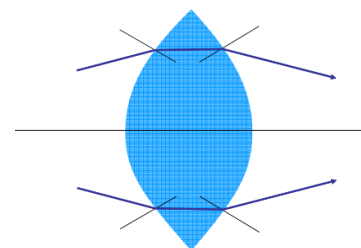
Plus la différence d'indices entre les 2 milieux sera importante, plus la réfraction sera importante.

Ce phénomène de réfraction va être à l'origine de toutes **les amétropies** (= troubles de la vision des milieux transparents de l'œil, problème de vision lié au fait que l'image d'un objet n'est pas située sur la rétine) **sphériques** dû à des **troubles de formes**, de **tailles** ou **d'indices** de nos milieux transparents.

Si on regarde les phénomènes de réfraction au niveau de cette lentille (considérée comme un milieu homogène), on observe :

- Une 1ère réfraction du milieu 1 au milieu 2
- Une 2ème réfraction du milieu 2 au milieu 3

→ Phénomène double : à l'entrée et à la sortie de ma lentille.



Les règles pour un dioptré vertical peuvent s'appliquer pour un dioptré courbe, à condition de choisir comme interface **la normale de l'arc de courbe**. (La normale est la droite perpendiculaire à la tangente de la courbe.) L'impact avec un dioptré courbe est beaucoup plus important qu'avec un dioptré vertical.

La loi de Descartes s'applique :

- A la perpendiculaire de la structure si c'est une structure plane
- A la tangente si c'est une structure courbe

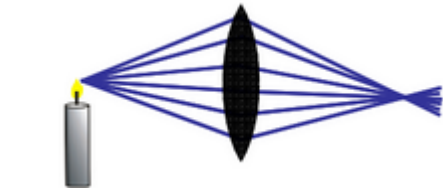
### a) Notion de milieu homogène ou hétérogène

Le corps humain, la cornée étant un amas de cellules, il s'agit d'un milieu hétérogène. Cela donnera l'impression d'avoir pleins de petits dioptries dans la courbe.

- **Milieu homogène** : un dioptré (bien courbe) où un point me donnant un point

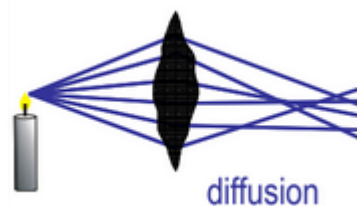
Lorsque le milieu est homogène et le rayon de courbure est homogène (ex : une *lentille sphérique*), je vais avoir un impact proportionnel. → Cet impact va permettre une focalisation du rayon lumineux.

Possibilité de formation d'une image (rayons réfractés de manière cohérente). => image ponctuelle pour source ponctuelle.



- **Milieu hétérogène** : ensemble de dioptré où un point devient flou (plusieurs points)

Modification anarchique de mon angle d'orientation, incapacité à avoir un objet ponctuel et une image ponctuelle. **Réfraction** avec TOUTES les structures car elles sont de taille suffisante pour permettre un phénomène de réfraction à chaque fois. (il a un impact sur le trajet lumineux).



La définition d'un milieu comme homogène dépend de l'échelle d'observation :

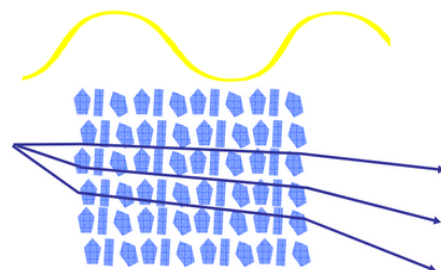
- Sub-micrométrique Exemple : La cornée est également constituée d'un amas de cellules (rien n'est homogène à l'échelle moléculaire...)
- Macroscopique Exemple : La cornée se comporte comme un dioptré homogène (sinon nous verrions tout le temps flou).

Par définition, TOUS les milieux biologiques, constitués de cellules, sont microscopiquement hétérogènes (à l'échelle sub-microscopique le cristallin n'est pas homogène (rien n'est homogène à l'échelle moléculaire)) cependant comme ces éléments sont petits et bien alignés, on peut considérer le milieu comme macroscopiquement homogène (selon une certaine limite). Si cette limite d'homogénéité (qui est représentée par la longueur d'onde) est dépassée (ex : tissus nécrosés...), la réfraction n'est plus considérée comme homogène.

La lumière blanche, selon sa **longueur d'onde** (ou de sa fréquence de mesure comme  $\lambda=1/f$ ), va définir si le milieu est homogène :

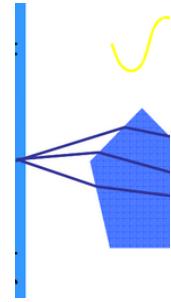
- Si la longueur d'onde est nettement **plus grande** que la taille des structures hétérogènes du milieu traversé, alors le milieu est considéré comme **homogène**, étant donné que le trajet lumineux ne sera pas impacté par l'hétérogénéité du milieu (les rayonnements seront homogènes).

**Moyennage des indices** → **moyennage des inhomogénéités** car la **taille des structures est**



inférieure à la longueur d'onde => le milieu est assimilable à un milieu homogène.

- Si la longueur d'onde est **plus petite** que la taille des structures hétérogènes (*Exemple : cellules*) du milieu traversé, alors le milieu est considéré comme **hétérogène**. **Chaque interface étant considérée comme un dioptré propre**, avec sa propre inclinaison. Ainsi la diffraction en milieu hétérogène provoque des phénomènes de **diffraction** (flou).



C'est pour cela qu'il est important de connaître le spectre de la **lumière visible (entre 400-800 nm)** :

- Dans l'eau, il s'agit d'une gamme d'onde très peu atténuée et elle est atténuée de manière hétérogène : le bleu étant moins atténué
- Avoir un ordre de grandeur de la longueur d'onde pour déterminer si elle est supérieure à la taille des structures hétérogènes qu'elle traverse dans un milieu pour savoir si oui ou non, ce milieu est considéré comme homogène. Dans le cas du corps humain, il s'agit d'une gamme de rayonnement dont la longueur d'onde est supérieure à la taille de la plupart des cellules

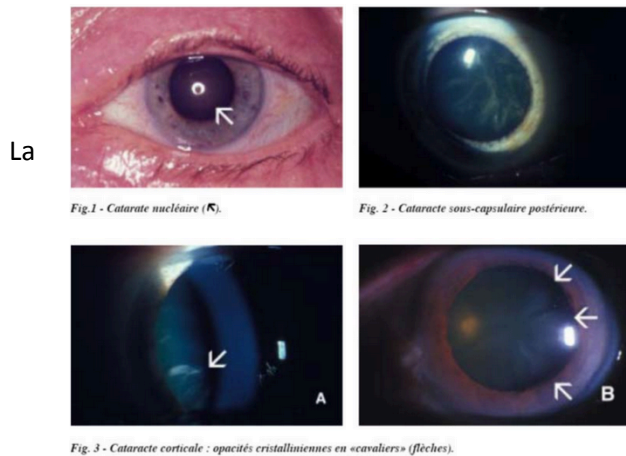
### b) Conséquence pathologique : Cas de la cataracte

A la fois phénomène d'atténuation de la lumière et phénomène de réfraction en milieu hétérogène

La cataracte entraîne :

- L'**augmentation du coefficient d'absorption molaire** du cristallin, ce qui provoque une diminution brutale de l'intensité lumineuse (= atténuation)
- Une **hétérogénéisation** du cristallin qui accentue le phénomène de réfraction

Ainsi, les premiers signes de la cataracte sont généralement un important éblouissement.

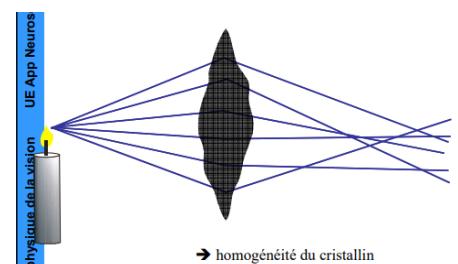


vision correspondra à une moyenne des rayons incidents sur la rétine et qui auront un impact

homogène sur tous ces rayonnements donnés.

Par conséquent, une brûlure, un choc, de la néovascularisation de l'œil ne permet plus forcément de respecter sa capacité à se comporter comme un milieu homogène, ce qui provoque à la fois des phénomènes d'atténuation de la lumière et des phénomènes de réfraction en milieu hétérogène.

*Exemple : Lorsque la cornée brûlée par un acide, le cristallin lorsque de la cataracte s'opacifie mais se gondole aussi = hétérogénéité du rayon de courbure (on voit qu'il est bosselé sur l'image) = pas de focalisation du*



rayon lumineux = image floue.

Résumé :

Pour déterminer comment un milieu traversé par de la lumière se comporte, il faut connaître la longueur d'onde de cette lumière :

- $\lambda >$  taille des structures hétérogènes du milieu traversé  $\rightarrow$  moyennage des indices  $\rightarrow$  milieux homogène
- $\lambda <$  taille des structures hétérogènes du milieu traversé  $\rightarrow$  milieux hétérogène

**Mais ATTENTION, ceci nécessite VRAIMENT une homogénéité du milieu ET du rayon de courbure. Si mon milieu est hétérogène, je vais aussi avoir une réfraction de mon rayon lumineux totalement différente, car la tangente à la normale est très variable : pour une source objet ponctuel, il y aura une source image très variable.**

Rappel :

**Atténuation** : épaisseur + coefficient d'absorption + densité

**Réfraction** : indices + angles + dioptre

D) Diffraction

Pas abordé

**II) Rappel d'optique géométrie**

**A) Dioptre**

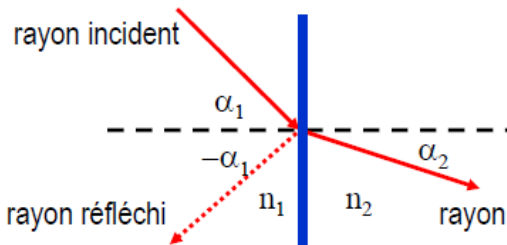
• **Dioptre** : surface (= interface), avec une forme particulière (courbe/plat), séparant deux milieux transparents et homogènes d'indices de réfraction différents,  $n_1$  et  $n_2$ .

Il traduit la notion d'interaction à la normal de mon interface composée de 2 indices différents  $n_1$  et  $n_2$ .

L'indice d'un milieu est calculé :

$n = \frac{c}{v}$  sachant que  $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$  (Loi de Descartes)

- $n$  : indice de réfraction
- $c$  : vitesse de la lumière dans le vide
- $v$  : vitesse de la lumière dans le milieu

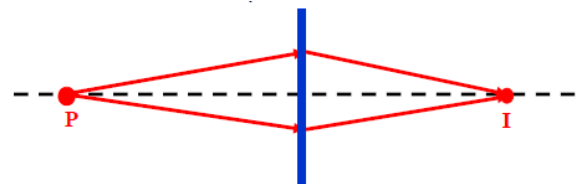


Il dévie donc tout rayon qui ne le frappe pas perpendiculairement.

**B) Dioptre stigmatique**

• **Dioptre stigmatique** : un dioptre est stigmatique s'il donne d'un objet ponctuel une image ponctuelle

- **P** : point objet  $\rightarrow$  P est donc à une distance négative



puisqu'il est à gauche du centre (algébriquement).

- I : point image

A tout point de l'espace objet, soit P, correspond de façon unique un point de l'espace image, soit I. En vertu du principe de retour inverse de la lumière, à tout objet situé en I, correspond une image située en P.

Les points I et P sont dits les **conjugés** l'un de l'autre et correspondent à chaque fois à une source ponctuelle. Un point objet doit donner un point image sinon l'image est floue.

La **focalisation** doit être homogène **pour TOUS les rayons** qui partent de la source isotrope, et donc pour les rayons qui ont un **angle** plus important, la **réfraction** devra être plus importante pour que tous se focalisent au même point, à la même distance du dioptre.

Pour voir net, il faudra que **le dioptre** soit stigmatique mais aussi que l'image ponctuelle se focalise sur la rétine.

Ainsi, pour un **astigmat**, on a un **point** qui donne une **tache** +/- déformée car la focalisation ne se fait pas bien et donc l'image ne se forme pas sur la rétine.

En **hypermétropie** et **myopie** c'est différent : c'est un problème de placement de ce point

- *Myopie* : la focalisation est trop importante et l'image se forme avant la rétine
- *Hypermétropie* : la focalisation se fera après la rétine

### C) Dioptre sphérique

Si le dioptre n'est plus plan mais sphérique, il n'est donc pas stigmatique. Toutefois, il peut être considéré comme approximativement stigmatique dans le cas où le **faisceau lumineux incident** est :

- **Etroit** (peu étalé dans l'espace)
- **Peu incliné** sur le diamètre du dioptre, c'est-à-dire une source éloignée considérée comme à l'infini (= au-delà de 2-5 m).
- **Proche de l'axe optique**

Ce qui donnera une source ponctuelle  $F_i$ , dans l'espace image.

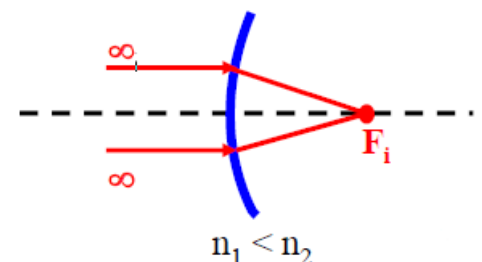
- $F_i$  : foyer image qui doit être sur la rétine a une distance focale de  $1/f$

Lorsque les objets sont proches, mon foyer, mon image ponctuelle pouvait être une source ponctuelle dans l'objet.

Lorsque les objets sont éloignés, la source à l'infini n'est plus ponctuelle au sens de la convergence des rayonnements mais parallèle à mon axe optique peut me donner une source ponctuelle sur mon image.

On peut utiliser le **principe de Gauss** quand l'objet est à plus de 3-4 m : on peut considérer qu'un **point** à l'infini va donner un **foyer** fixe, ce qui permet une vision nette. Comme on est loin avec une **fenêtre d'observation** étroite, et que l'on regarde juste dans l'axe, on va considérer les rayons parallèles venant de l'infini.

*NB : Il faut que l'indice dans le milieu 1 soit inférieur à celui dans le milieu 2 pour créer ce point image sur l'axe optique. Quand c'est proche : faisceau divergent. Quand c'est loin : considéré comme*



parallèle.

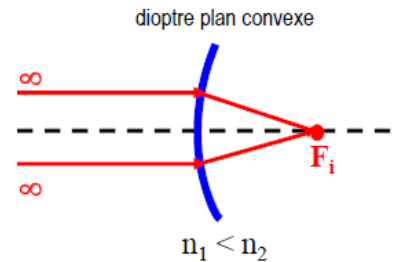
*Dioptries de l'oeil : air-cornée-humeur aqueuse-cristallin-corps vitré*

## 1) Notion de convergence et de divergence

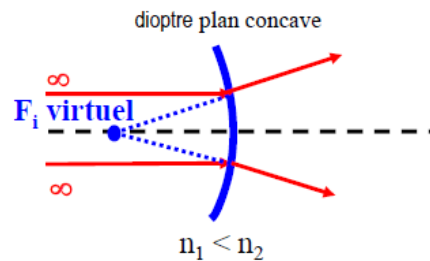
Les dioptries se caractérisent et se modulent par la **différence d'indice** ++ et le **rayon de courbure** (= **forme de courbure**) s'il existe.

Ces paramètres vont définir si le dioptré est :

- **Dioptré convexe = convergent** : dioptré où les rayons provenant de l'infini convergent en un point situé sur l'axe optique (foyer image  $F_i$ ), avec l'indice de milieu 1  $n_1 <$  l'indice de milieu 2  $n_2$ .  
Autrement dit, le conjugué à l'infini d'un dioptré convexe donnera un  $F_i$  ponctuel après le dioptré.  
Il s'agit donc d'un dioptré stigmatique.



- **Dioptré concave = divergent** : dioptré où les rayons provenant de l'infini divergent. Le prolongement des rayons réfractés donne le foyer image  $F_i$  virtuel, avec  $n_1 < n_2$ .  
Autrement dit, si un dioptré concave reçoit des rayons situés à l'infini, il donnera un  $F_i$  virtuel (= anticipé), mesurable et calculable géométriquement.



Remarque : la **concavité** et la **convexité** sont définies par rapport à la direction du rayon lumineux qui va former l'image

C'est sur ces éléments là que la correction visuelle est modulée.

Exemple :

*Les lentilles de contacts :*

*Elles sont souples pour prendre la forme de la courbure cornéenne, c'est-à-dire qu'elles ont un rayon de courbure équivalent à celui de la cornée. Il faut donc jouer sur l'indice de réfraction pour conserver la bonne correction visuelle.*

*Verres amincis :*

*En variant plus seulement le rayon de courbure mais aussi la différence d'indice (en utilisant des matériaux composites), les verres de lunettes sont moins épais qu'auparavant avec la même voire de meilleures corrections (notamment en vision périphérique).*

*Quand  $n_1 > n_2$  et le dioptré est convexe, on aura la focalisation des rayonnements d'une source infinie // à l'axe optique de l'œil alors que pour un dioptré concave, on aura une divergence du faisceau et le foyer image créé n'existera pas physiquement mais il sera défini par un foyer image virtuel qui sera localisé avant le dioptré. Un dioptré convexe peut être divergent si la différence d'indice est telle que la convexité ne suffit pas à rendre le faisceau convergent.*

Si on a un dioptré trop divergent on a une image virtuelle (qui se trouve en avant du dioptré.) Quand on est avant 2m : on n'a plus de rayon parallèle, l'œil va devoir accommoder (si on a des problèmes d'accommodation c'est la presbytie. Le cristallin par la modification de son rayon de courbure va pouvoir faire ce travail.

Quand l'objet est à l'infini il va arriver parallèle à l'axe du dioptré

## 2) Puissance d'un dioptré sphérique +++

La puissance d'un dioptré sphérique caractérisée par :

- Son **rayon de courbure**
- Sa **différence d'indices** de réfraction  $n_1$  et  $n_2$

Et se calcul en **dioptrie** :

$$D = \frac{n_2 - n_1}{r}$$

- **D** : dioptrie en  $m^{-1}$ , cumul de puissance
- **$n_1$  et  $n_2$**  : indices de réfraction des milieux en arrière et en avant du dioptré avec  $n_{\text{air}} = 1$ ,  $n_{\text{eau}} = 1.33$  et  $n_{\text{verre}} = 1.5$
- **r** : rayon de courbure du dioptré, en valeur algébrique (m)

Selon les valeurs de  $n_1$ ,  $n_2$  et  $r$ , des dioptrés convexes ou concaves peuvent être convergents ou divergents.

La dioptrie qui est l'élément de correction d'une hypermétropie ou d'une myopie n'a rien à voir avec l'acuité visuelle.

Pour une myopie, D (dioptrie) sera négative (ex :  $D = -3$ ) → il y aura une **surpuissance** de l'œil.

Alors que pour une hypermétropie, elle sera positive (ex :  $D = +3$ ) → il y aura une **sous-puissance** de l'œil. Dans un cas, la dioptrie est trop puissante et dans l'autre pas assez.

**Exemple** : Soit un dioptré convergent de rayon  $r = 10\text{mm}$ , séparant deux milieux d'indices respectifs 1 (air) et 1.33 (eau).

La puissance vaut :

$$D = \frac{1.33 - 1}{0.01} = 33 \text{ dioptries}$$

Ce calcul est une évaluation à faire pour la correction.

La plupart des dioptrés de nos jours sont biconcaves ou biconvexes. Le **crystallin** est lui biconvexe : on a alors une double focalisation. (2 faces = 2 interfaces)

## 3) Convention

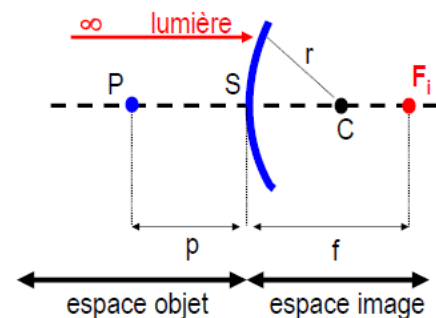
- **Espace objet** : espace en avant du dioptré.
  - **Espace image** : espace en arrière du dioptré.
  - **Axe optique (= visuelle)**: ligne en pointillé qui est orienté dans le sens de la propagation de la lumière, de gauche à droite (**à savoir !!!**)
- Les distances sont notées algébriquement (P et  $F_i > 0$ ) (en m).  
La position d'un point sur l'axe est exprimée par **l'inverse de la distance le séparant du sommet** (en  $m^{-1}$ ).

- Proximité de P =  $1/p < 0$
- Proximité de  $F_i = 1/f_i > 0$

- **Dioptré sphérique** : arc de cercle

Pour un dioptré sphérique, la tangente au sommet est ce qui nous intéresse.

- **Centre du dioptré** : (à ne pas confondre avec le foyer image) correspond au centre du schéma
- **S** : sommet du rayon de courbure du dioptré (point 0)
- **P** : point objet.
- **$F_i$**  : point image qui doit être sur la rétine a une distance focale de  $1/f$



NB : Un point ne peut pas donner une étoile ou autre, il donne un point.

Grâce à ces points, il est possible d'obtenir des informations :

- Rayon de courbure du dioptré (impact sur la puissance du dioptré avec les différences d'indices = dioptries)
- Positions des objets (distance P-S) et des images (distance  $F_i - S$ ) (dépendantes des dioptries)

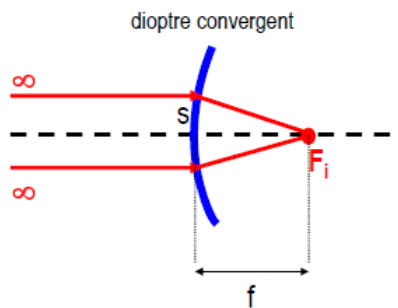
#### 4) Distance focale

Pour un dioptré donné, en connaissant la position d'un objet, il est possible de déterminer la position de son foyer image virtuel ou réel. Si la distance entre  $F_i$  et S est :

- Positive alors  $F_i$  est réel (situé dans l'espace image)
- Négative alors  $F_i$  est virtuel (situé dans l'espace objet)

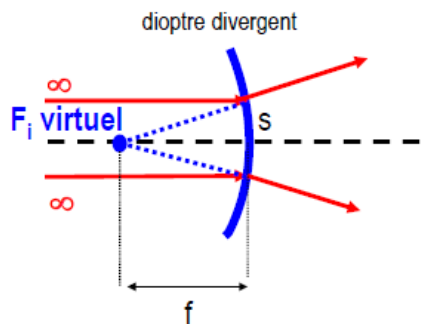
Dans le cas d'un dioptré convergent, la distance focale se calcule :

$$D = \frac{1}{f}$$



Dans le cas d'un dioptré divergent, la distance focale se calcule :

$$D = -\frac{1}{f}$$

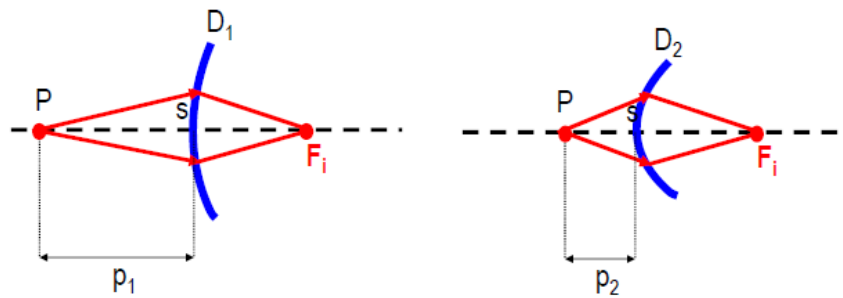


Si je converge trop, on va placer une lentille divergente pour réadapter cette convergence sur la rétine.

Lorsqu'on décale ses lunettes pour mieux voir, on joue sur cette distance de focalisation comme le fait le cristallin.

#### 5) Variation de puissance

L'œil, ne pouvant faire varier la différence d'indice du dioptré, fait varier **son rayon de courbure** du dioptré pour permettre l'accommodation. Cette adaptation s'observe au niveau du **cristallin** et la cornée (plissement des yeux lorsqu'on ne voit pas bien notamment chez les myopes).



La variation de puissance du dioptré en dioptrie par une variation de son rayon de courbure se calcul :

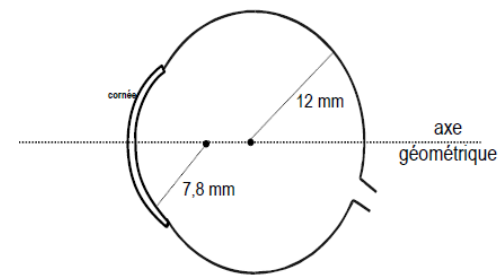
$$D_2 - D_1 = \frac{1}{p_1} - \frac{1}{p_2}$$

### III) Dioptrique oculaire

#### A) Description dioptrique de l'œil

L'œil est une structure sphérique au niveau macroscopique où on peut distinguer **2 rayons de courbure différents** (deux sphères) (ce qui modifie l'orientation du faisceau) :

- Un grand axe correspondant au **globe oculaire**, de 12mm de rayon
- Un deuxième axe correspondant à la **cornée**, de 7,8mm de rayon et de 2mm d'épaisseur. Dont le centre est situé en avant de l'axe globale de l'œil (visible sur le schéma). La cornée est plus convergente. Le rayon courbure cornée globalement plus élevé que le reste.



L'axe géométrique n'est physiologiquement pas là où la rétine est la plus sensible.

L'objectif de l'œil c'est de focaliser une image sur la rétine.

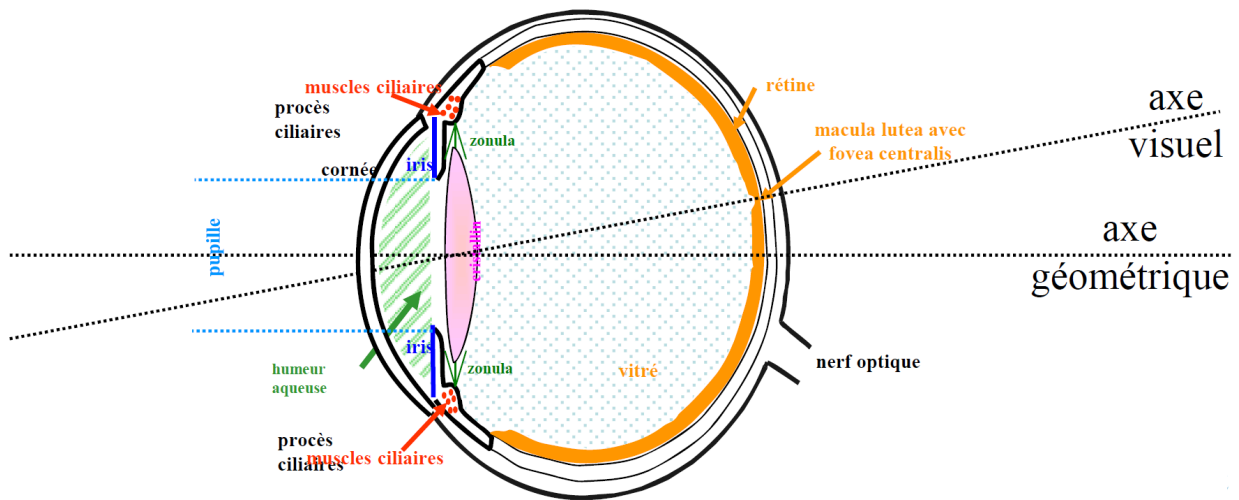
L'œil est une **succession d'interfaces** : de **dioptries** avec des **qualités de courbures (rayon de courbure)** et d'**indices n** différents. +++

En cas de **problème** sur cette qualité de courbure ou de l'indice du dioptré, il y aura un impact sur la réfraction du rayonnement et donc une image sera constituée soit en avant ou soit en arrière de la rétine : c'est une **amétropie** (= défaut de vision claire d'un objet qui est ponctuel).

L'œil est une forme sphérique d'environ **12-13 mm de rayon** avec de dehors en dedans :

- La **cornée** (forme de calotte sphérique) d'environ 8 mm dont le rayon de courbure est plus faible que celui de la courbe de l'œil (plus bombé)
- L'**humeur aqueuse** est une solution transparente en avant du cristallin (chambre antérieure)
- Les **procès ciliaires** s'insèrent à la jonction entre la partie postérieure (sclérotique) et la partie antérieure (cornée). Ils sont composés
  - ② L'**iris**, la partie antérieure qui comporte un orifice central d'humeur aqueuse (**pupille**) par lequel la lumière pénètre dans l'œil passant de la mydriase au myosis grâce à la focalisation du rayon. (Il peut y avoir une accumulation de glaucome au niveau de la pupille lorsqu'il y a trop de production et peu d'absorption)
  - ② Les **muscles ciliaires** (2 types différents) sont le lieu d'insertion du cristallin.

- Le **crystallin**, lentille biconcave et transparente, situé en arrière de l'iris. Il marque la séparation entre la partie antérieure et la partie postérieure de l'œil.
- La **zonula**, ligament suspenseur relie la périphérie du cristallin aux procès ciliaires (muscles)
- Le corps **vitré** est un gel transparent en arrière du cristallin (chambre postérieure)
- La **rétine** est une enveloppe neurosensorielle et pigmentaire renfermant des cellules spécialisées dans la photoréception : les **cônes** et les **bâtonnets** dispersés de manière hétérogènes.
  - ☐ Les fibres rejoignent le **nerf optique**, ne laissant pas la place à l'épithélium pigmentaire et donnant une tache aveugle
  - ☐ **Fovea centralis** permet vision très fine et précise dû à la concentration en cellules spécialisées.
- Une enveloppe membranaire externe dure, blanche et opaque externe (coque) : la **sclérotique**



Ainsi, la lumière traverse 4 milieux avant d'interagir avec la rétine :

- **La cornée**
- **L'humeur aqueuse**
- **Le cristallin**
- **Le vitré**

Ils interviennent par leur transparence et la réfraction qu'ils occasionnent.

A l'infini pour une vision de loin, un  $F_i$  focalisé sur le détecteur : la rétine (qui va recevoir l'énergie lumineuse (eV) pour former un potentiel d'action allant au cortex occipital.)

### 1) Dioptries sphériques de l'œil

L'œil est donc constitué de 4 dioptries dont la somme donne une image réelle sur ma rétine (font progressivement converger les rayons lumineux en un point conjugué) :

- Dioptrie cornéenne antérieure (cornée-air) : convergent
- Dioptrie cornéenne postérieure (cornée-humeur aqueuse) : divergent (négligeable)
- Dioptrie cristallinienne antérieure (humeur aqueuse-cristallin) : convergent
- Dioptrie cristallinienne postérieure (cristallin-corps vitré) : convergent

**Garder en tête que chaque structure d'organes à deux côtés = deux dioptries.**

Exemple : face antérieure ( $n_{air} - n_{cornée}$ ) et la face extérieure ( $n_{cornée} - n_{humeur\ aqueuse}$ ) du cristallin.

dioptrie	$n_2$	$n_1$	r	puissance
cornéenne antérieure	cornée = 1,377	air = 1	+ 7,8.10 <sup>-3</sup> m	+ 48 D
cornéenne postérieure	ha = 1,337	cornée = 1,377	+ 6,65.10 <sup>-3</sup> m	- 6 D
cristallinienne antérieure	cristallin = 1,42	ha = 1,337	+ 10,2.10 <sup>-3</sup> m	+ 8 D
cristallinienne postérieure	vitré = 1,336	cristallin = 1,42	+ 6,5.10 <sup>-3</sup> m	+ 14 D

\* *cristallin sans accommodation*

Le **dioptre cornéen antérieur** possède la **plus grande puissance** (capacité à faire converger les rayonnements) car il y a une grande différence d'indice entre l'air et l'eau (les autres éléments de l'œil ayant des indices proches du milieu aqueux). (cf partie du IV)C)c).++

Ceci est utile lors de chirurgie réfractive, il n'y a qu'à modifier le rayon de courbure de la cornée pour corriger la vision.

En pratique :

- La cornée : plan-convexe, convergente, puissance de + 42 D (accumulation des dioptries antérieur et postérieur)
- Le cristallin : biconvexe, convergent, puissance de + 18 D

La **puissance globale du cristallin** (+ 18 D) est inférieure à la **somme des puissances des dioptries cristalliniens** qui est de + 22 D.

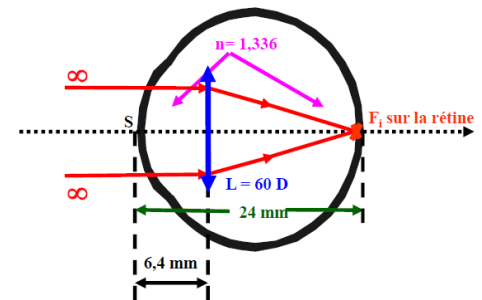
- La **puissance basale** (= globale = de repos), c'est-à-dire **non accommodée**, permet la vision nette de **loin** (de l'infini (*vers le haut-delà*) jusqu'à 5m de l'œil, c'est-à-dire avec des rayonnements lumineux parallèles entre eux).
- La **puissance du cristallin augmente** de + 15 D au maximum (**accommodation**) pour permettre la vision nette de **près** (moins de 5m)

## 2) Caractéristiques dioptriques de l'œil normal

L'œil simplifié substitue à ces 4 dioptries 1 seule lentille convergente L de :

- **+ 60 D de puissance basale**
- **24 mm de diamètre antéro-postérieur**

Avec  $F_i$ , le foyer image, situé **sur la rétine**.



Les yeux plus petits doivent être plus convergents et plus grands doivent être moins convergents. Le foyer image  $F_i$ , est situé sur la rétine.

Lorsque l'œil est de petite taille et reste à la même puissance qu'un œil normal, on a une hypermétropie. Donc l'image d'un objet distant va se constituer en arrière de la rétine. L'hypermétrope arrive toujours à voir de loin car il va accommoder ce qui lui donne céphalées.

Lorsque l'œil est de grande taille et que la puissance reste la même, on a une myopie. Le myope voit bien de près mais pas à distance.

Pour l'astigmate : un point devient une tâche alors que pour un hypermétrope ou un myope un point reste un point, il est stigmaté.

## B) Conditions de vision normale

Le cumul des différentes dioptries est ce qui nous intéresse car il nous permet d'avoir la synthèse des dioptries différents. Chaque pathologie peut avoir une cause différente en fonction du dioptre qui est atteint (brûlure sur le dioptre cornéen, problématique sur le dioptre du cristallin...).

Pour un œil de 60D et de 24mm de diamètre (longueur normale), il est possible de jouer sur la puissance pour voir mieux de loin ou de près Ainsi, nous allons devoir augmenter à un la puissance de

l'œil lorsque le rayon n'est plus considéré à l'infini, sur une source ponctuelle, en avant de l'œil car l'image ne sera plus localisée sur la rétine.

## 1) Stigmatisme

Pour qu'un œil soit considéré comme **stigmaté** (ou stigmatique), l'objet ponctuel doit donner une image ponctuelle.

Le stigmatisme est assuré par la **symétrie de révolution sphérique des dioptries oculaires**, en particulier **du dioptré cornéen antérieur**.

Lorsque cette symétrie n'est pas conservée qu'on parle **d'astigmatisme** : un **point objet** donne une **tâche** dans l'espace image (et non un point) ce qui provoque une déformation de l'image. On a une perte de la sphéricité du globe (due à une brûlure, ect.). Le point n'est pas sur la rétine, donc on ne voit plus, ou du moins flou.

La **forme du globe** influence beaucoup, on peut être stigmaté dans un sens et astigmaté dans l'autre.

## 2) Emmétropie

• **Emmétropie** : un objet ponctuel à **l'infini** doit donner une image ponctuelle **sur la rétine**, ni avant, ni après. La **rétine** et **l'infini** sont donc le **conjugués** l'un de l'autre.

Le conjugué de la rétine doit se trouver à l'infini (pour une vision nette) : le **Rémotum** (= voir net à l'infini).

Au même titre que la puissance d'un œil dépend de l'indice et du rayon de courbure, l'emmétropie va dépendre de la puissance de l'œil et de sa taille, puisque les foyers objets sont plus ou moins éloignés.

*Généralement un œil myope ce n'est pas parce qu'il a un problème d'un rayon de courbure, mais plutôt parce qu'il est trop petit (et pour un hypermétrope, l'œil est généralement trop grand).*

L'emmétropie est assurée par les **valeurs harmonieuses de** :

- La **puissance dioptrique basale de l'œil**
- Son **diamètre antéro-postérieur** (= taille)

Il ne faut pas qu'il y ait de discordance entre **puissance de l'œil** et sa **taille** : plus un œil est gros, plus il aura besoin de puissance pour s'accommoder.

Si ces conditions ne sont pas réalisées, on parle **d'amétropie**.

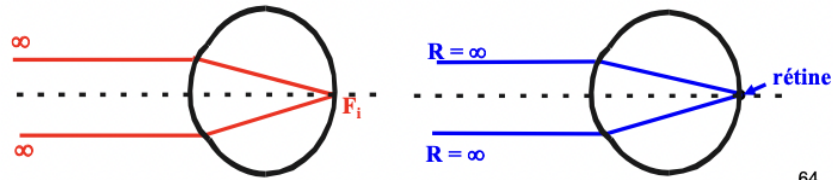
• **Amétropie** : un **point** donne un **point** mais pas au bon endroit. On n'a donc pas de déformation stricto sensu de l'image sauf que l'endroit de focalisation n'est pas au bon endroit, il va donc y avoir un flou homogène. Le foyer image sera donc soit en avant de la rétine, soit en arrière.

*Ce n'est pas forcément le cas de l'astigmaté qui va modifier potentiellement la sphéricité du dioptré et entraîner des modifications qui ne seront pas homogènes sur le dioptré.*

Cela dépend aussi de la **longueur de l'œil** !

L'emmétropie prend en compte le **stigmatisme**, la **puissance** et la **taille de l'œil** ++

**De nombreux paramètres** peuvent être ainsi impactés dans les pathologies.



64

Les deux grands types d'amétropies sphériques sont :

- L'hypermétropie (pas assez convergents)
- La myopie (trop convergents)

Pour les deux cas, l'image ne se mettra pas au bon endroit MAIS cela n'induit pas forcément une déformation de l'image.

En gros, un point reste un point pour ces deux cas là.

Par contre, pour l'astigmatie, le point n'est plus un point justement donc il y a une déformation de l'image.

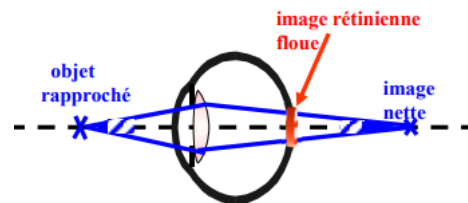
Petit exemple donner en cours par Salaun :

Rapprochez votre main de vos yeux et vous allez voir qu'au bout d'un moment elle devient floue, même si vous ne louchez pas (cachez-vous un œil si vous avez un doute). Pour pallier cela, l'œil doit s'accommoder.

### 3) Accommodation

Un objet ponctuel proche de l'œil émet des rayons lumineux divergents.

Si la **puissance de l'œil** était fixe (+ 60D), l'image ponctuelle de cet objet se formerait en arrière de la rétine et **l'image rétinienne** serait floue. Elle porterait alors le nom de **tâches de diffusion**.



C'est **stigmatique** mais pas sur la rétine donc cela entraîne une image floue.

Pour amener cette image sur la rétine, on joue sur la courbure du cristallin : la **puissance du cristallin** doit augmenter, on parle **d'accommodation**.

Pour avoir cette **accommodation maximale**, les fibres se détendent et permettent donc de modifier le rayon de courbure du cristallin.

*NB : Les muscles sont tendus à l'état basal.*

Lorsque **l'accommodation** est maximale, le **conjugué de la rétine** s'appelle alors le **proximum**. C'est donc le **point** le plus proche de l'œil dont la **vision** peut être nette.

L'accommodation diminue avec l'âge, et c'est alors qu'apparaît la **presbytie**. Les patients sont donc obligés d'éloigner leur livre pour pouvoir le lire. Leur proximum va être de plus en plus éloigné.

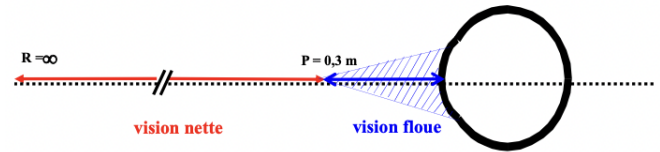


66

Les **modifications du rémotum/proximum** entraînent des **pathologies** telles que la **myopie** et la **presbytie** (+/- **hypermétropie**).

La **vision nette** s'étend du **remotum (l'infini) au proximum (7 à 33 cm de l'œil)**. Au-delà du proximum, entre celui-ci et l'œil, l'œil n'est plus capable d'assurer une vision nette, et ceci est un **phénomène physiologique**.

La **vision floue** est entre le **proximum et l'œil, d'autant plus que l'objet est proche de l'œil**. L'œil normal (13,5% des jeunes adultes) est stigmat, emmétrope et s'accommode normalement.



**L'accommodation est une notion très importante à retenir !**

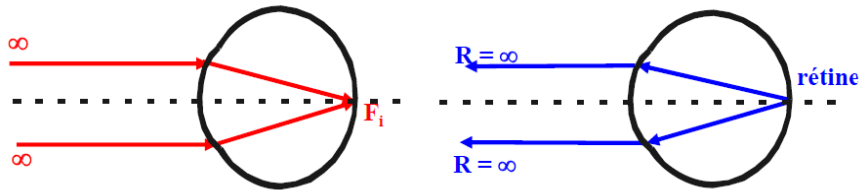
**LE COURS S'EST ARRETE LA au 03/09/24**

## IV) Amétropies sphériques

### A) Introduction

Il existe 2 **amétropies fréquentes** qui sont **sphériques**, c'est-à-dire qu'il y a une **déformation homogène sur l'ensemble des axes de l'objet** :

- o **Myopie** : pathologie où la vision est floue de loin
- o **Hypermétropie** : pathologie où la vision est mauvaise de loin et de près.



Condition de vision normale : objet à l'infini = image sur la rétine. Le conjugué de la rétine est le remotum à l'infini.

**Les deux sont toujours dues à un problème de puissance ou de taille de l'œil !**

Rappel :

Pour l'emmétropie :

- Les valeurs harmonieuses habituelles : puissance de 60 D et longueur de 24mm
- Un objet ponctuel à l'infini doit donner une image ponctuelle
- Le foyer se trouve sur la rétine
- Le remotum est situé dans l'espace objet, à l'infini

### B) Myopie

• **Myopie** : est définie par une puissance basale de l'œil qui est trop forte, donc la convergence (= focalisation) est trop importante par rapport à la longueur du foyer objet à l'infini ce qui se traduit par la formation de l'image en avant de la rétine : vision floue de loin +++

Elle peut donc se caractériser par un œil qui est :

- Soit **trop puissant** pour sa longueur

**Longueur normale mais l'œil est trop puissant (> 60D) :** les rayons convergent et forment une image avant la rétine, on a une inversion de l'image. Cette déformation est homogène sur l'ensemble des directions et des axes du dioptre.

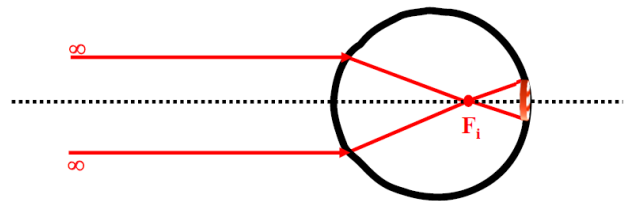
Œil trop puissant en cas de :

- Rayon de courbure trop important : cristallin trop bombé initialement, face antérieure de la cornée trop bombée.
- Indice trop important : cornée opacifiée (cataracte de myopie), kératite, néovascularisation liée aux lentilles de contact.

- Soit **trop long** pour sa puissance

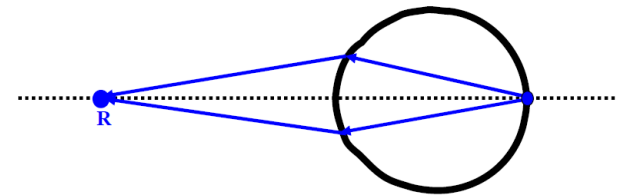
**La puissance est normale mais l'œil est trop long** (augmentation antéro-postérieure). On a alors 60D de puissance de l'œil, mais la convergence ne sera pas adéquate pour avoir un rémotum à l'infini au niveau de la rétine.

La notion de puissance basale de l'œil n'a d'intérêt que par rapport à la longueur de l'œil. Si l'œil est trop petit, il faudra une adaptation de la puissance de l'œil. Les 2 variables sont bien liées entre elles.



La création de l'image doit bien se faire sur la rétine (emmétropie), et si elle se fait en amont on aura un flou au niveau de la rétine.

Pour le myope, on a une vision entre le **rémotum R qui s'est rapproché de l'œil (bien qu'il reste sur l'axe optique), donc n'est plus à l'infini** (distance qui varie selon les degrés de myopie, mais qu'importe le degré de myopie : à quelques mètres on verra flou) et le **proximum qui s'est lui aussi rapproché**, car l'œil étant trop puissant on gagne en vision de près ce qu'on perd en vision de loin.



Vision de loin : vision floue au-delà du rémotum : gêne à la vision de loin

Vision de près : proximum rapproché donc vision de près performante par grandissement de l'image rétinienne

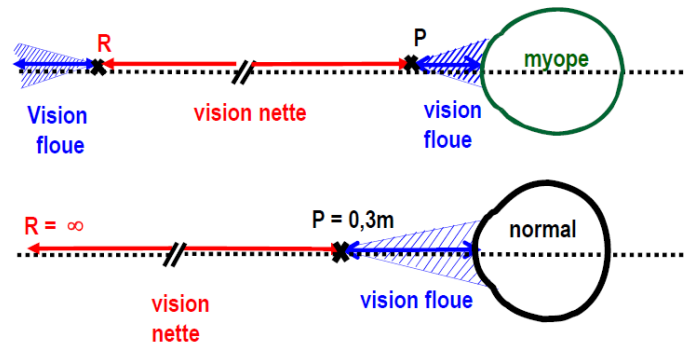
Un myope voit donc mal de loin, commence à voir net en fonction du degré de convergence puis aura une vision floue plus proche de celle d'un œil normal.

Pour une accommodation identique, je vois plus près de mon œil en comparaison avec un œil normal.

Les myopes ont donc un **proximum rapproché**. Ça permet de gagner une zone de vision nette plus près de l'œil (par agrandissement de l'image rétinienne) par rapport à une personne normale. Cela est intéressant pour les personnes myopes et presbytes (accommodation défaillante du proche), ils auront une marge de manœuvre plus importante pour la vision de près.

Un myope sera d'ailleurs protégé de la presbytie car il gardera une capacité à voir de près plus importante, mais c'est valable si le myope n'est pas corrigé.

Mais ceci n'est valable que pour des myopes qui n'ont pas de correction. Car s'il y a une correction, la capacité d'accommodation se dégrade et le proximum s'éloigne (pour revenir à une distance identique que celle des gens normaux). Ce n'est en aucun cas la myopie qui compense la presbytie. Car si on ne corrige pas la myopie, il voit bien de près certes, mais il ne voit plus de loin. Il faut donc penser à des solutions de corrections adaptées.



On déconseille les opérations pour la myopie (permettant d'enlever le port de lunettes/ lentilles) au-delà de 30 ans car en tous les cas on sera impacté par la presbytie avec l'âge donc on sera toujours obligé de mettre des lunettes.

Le **rémotum n'est plus à l'infini**, mais à une distance finie, il faut donc corriger la puissance basale de l'œil en mettant un **dioptre divergent pour compenser l'excès de convergence**.

Comment calculer ce degré de myopie ? *Ça se fait par rapport à la distance du rémotum.*

Plus le rémotum est loin, plus ça se rapproche d'une vision normale (car normalement à l'infini). Et plus le rémotum se rapproche de l'œil, plus la myopie est importante.

**Degré de myopie =  $1/R$**  (R : distance du rémotum)

Exemple :

- Si position de R en avant de l'oeil de 4m alors degré de myopie à -0.25D
- R à 1m, degré de myopie à -1D
- R à 0,5 m, degré de myopie à -2D
- R à 0,25 m, degré de myopie à -4D
- Si position de R en avant de l'oeil de 0.1m alors degré de myopie de -10D

Important de calculer cette myopie car elle conditionne l'excès de puissance de l'œil, et ça va permettre d'adapter une correction pour cet excès de convergence et puissance. Généralement les corrections se font par des lentilles de contact ou des verres oculaires.

### C) Hypermétropie

• **Hypermétropie** : la puissance basale de l'œil est trop faible, l'œil n'est pas assez convergent donc le foyer image  $F_i$  se forme en arrière de la rétine donnant des taches de diffusion ++

Elle a deux causes possibles :

- Soit l'œil est **insuffisamment puissant** pour sa longueur
- Soit l'œil est **trop court** pour sa puissance

Il y a des gens qui ont des yeux un peu plus petits mais qui ont une vision nette, car ils augmentent leur convergence. Généralement, les hypermétropes ont des maux de tête car ils passent leur temps à accommoder puisque c'est l'accommodation qui leur permet de voir de loin.

Deux points clés :

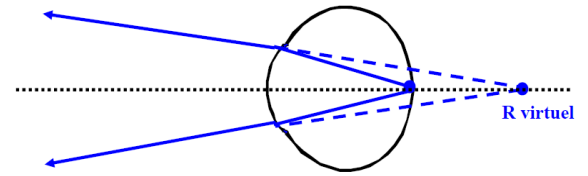
- **Le degré de convergence du dioptre est lié à son indice et son rayon de courbure +++.**
- **Toutes les amétropies sont liées à la fois à la longueur de l'œil et à la puissance globale de l'œil +++.**

Pour l'hypermétrope, le conjugué d'un objet à l'infini va se situer à l'arrière de l'œil, ce qui forme une image virtuelle. L'image créée sur la rétine donne une tache au lieu d'un point. Donc pour une vision de loin l'hypermétropie ne verra rien (l'image rétinienne de l'infini est une tache de diffusion). En réalité l'hypermétrope s'accommode en permanence pour la vision de loin ce qui vient impacter sa vision de près.



**L'hypermétrope voit mal de loin (fatigue pour accommoder) et voit mal de près (gène la vision).**

Comment fait-il pour bien voir de loin sans correction ? Il se sert de son accommodation (mécanisme actif) qui va lui servir à augmenter la puissance de son œil pour arriver à avoir une image sur la rétine. Tant qu'il accommode, son rémotum devient à l'infini et il voit bien (ce qui n'existe pas sur un œil au repos), mais à ce moment-là il accommode déjà pour une vision de loin ! Donc pas de possibilité d'accommoder encore plus pour un objet proche.



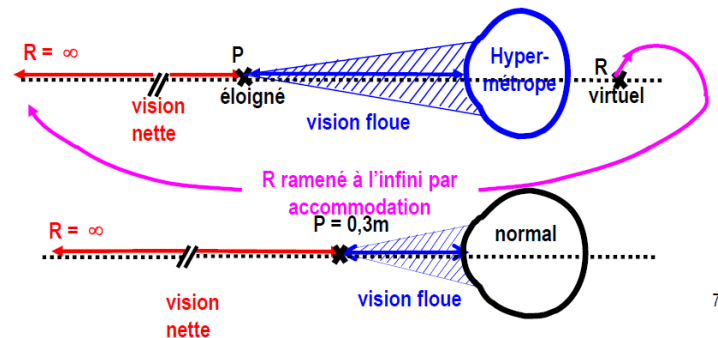
**La capacité de l'hypermétrope à voir de loin se fait grâce à l'accommodation ++**

Quand l'accommodation pour des objets proches devrait se mettre en place, son œil est déjà complètement accommodé, et l'hypermétrope n'a plus les capacités d'aller au-delà.

Quand il vieillit, l'hypermétrope dégrade sa vision de loin, car il a du mal à accommoder. Sa presbytie (perte d'accommodation due à la vieillesse) ne joue pas sur sa vision proche mais sur sa vision lointaine (car il utilise l'accommodation non pas pour voir de près mais pour voir de loin).

Vision de loin : le rémotum est renvoyé à l'infini grâce à l'accommodation.

Vision de près : le proximum est beaucoup plus éloigné de l'œil ce qui engendrera **une gêne de la vision de près**



Comment calculer le degré d'hypermétropie ? C'est plus compliqué car il faut aussi prendre en compte le phénomène d'accommodation. En fonction de l'accommodation maximale et du degré de myopie, donc en **fonction de la position du rémotum**, on pourra définir un degré d'hypermétropie.

**Plus le rémotum se rapproche en arrière de la rétine, plus le degré d'hypermétropie sera fort.**

position de R en arrière de l'œil	position de R en utilisant l'accommodation	Accommodation restante	position de P	Degré d'hypermétropie
1 m	à l'infini	10 - 1 = 9D	0,11 m	+1 D
0,2 m	à l'infini	10 - 5 = 5D	0,11 m	+5 D
0,11 m	à l'infini	10 - 9 = 1D	0,11 m	+9 D
0,08 m	0,5 m en arrière de l'œil	10 - 10 = 0D	l'infini	+12 D

Par principe on dit que le myope ne voit pas bien de loin et bien de près et que l'hypermétrope bien de loin et pas bien de près oui mais **seulement grâce à l'accommodation** ! (Au cas où vous ne l'auriez pas compris c'est vraiment une notion très importante mdr)

**En synthèse :**

**Si on s'intéresse à des amétropies axiales (un point qui va donner un autre point même s'il n'est pas localisé à la bonne hauteur) :**

- Un œil normal = œil emmétrope
- Un œil trop long = œil myope
- Un œil trop court = œil hypermétrope

Si on s'intéresse à des amétropies de puissance :

- Un rayon normal = œil emmétrype
- Un rayon augmenté = œil hypermétrope (hypermétropie de courbure) avec souvent astigmatisme associé
- Un rayon diminué = œil myope (myopie de courbure) avec souvent astigmatisme associé

## D) Causes et origines

• **Amétropies axiales** : œil de puissance normale (60D)

- o **Hypermétrope** : œil trop court (<<24 mm)
- o **Myope** : œil trop long (>>24 mm)

≠ œil emmétrype (longueur normale)

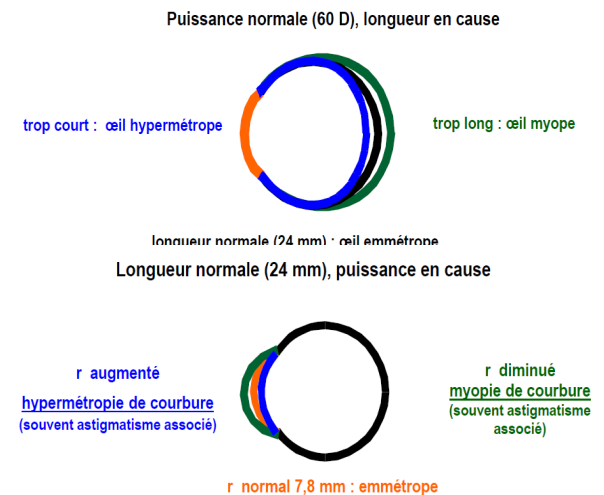
• **Amétropies de puissance** : œil de longueur normale (24 mm)

- o **Hypermétropie de courbure** : r augmenté (>> 7.8mm)(souvent astigmatisme associé)
- o **Myopie de courbure** : r diminué (<< 7.8 mm) (souvent astigmatisme associé)

≠ œil emmétrype (r normal)

+ **Amétropies d'indice** : n du cristallin en cause

- n augmenté : **myopie** (*exemple* : cataracte débutante)
- n diminué : **hypermétropie** (cas extrême : aphakie, absence de cristallin)



Généralement lors d'une chirurgie de myopie, on affaissait le globe cornéen pour qu'il devienne plat afin de récupérer l'excès de puissance.

## E) Eléments cliniques et terminologiques

• **Amétropies acquises** : amétropies débutant à l'âge adulte liées à une pathologie oculaire ou générale (*Exemple* : la cataracte ou due à un choc) qui évoluent dans le temps

• **Amétropies constitutionnelles** : amétropie dû au rapport puissance/longueur.

Elles sont plus fréquentes et débutent plus tôt mais elles sont moins évolutives (tendances à la stabilisation avec la croissance)

→ on opère généralement de la myopie à la fin de la croissance car l'œil continue à grandir durant cette période donc inutile d'opérer tant que ce n'est pas stabilisé.

• **Myopie simple** : anomalie isolée de la réfraction qui n'excède pas -6D :

- Généralement une hérédité récessive
- Dépistée dans l'enfance, augmente et se stabilise à l'adolescence ou tout au début de l'âge adulte.
- Fréquence croissante avec l'augmentation de la taille de la population (œil + grand)
- Très facilement corrigé

• **Myopie maladie** : anomalie de la réfraction plus prononcée (-10D voire moins)

- Complications importantes : **risques accrus de déchirement et décollement de la rétine +++**. Ces décollements sont périphériques et peuvent être traités par laser au stade précoce sinon la chirurgie est beaucoup plus compliquée à un stade plus tardif.
- Associée à des altérations oculaires (cataracte, vitré, rétine)

## F) Corrections des amétropies

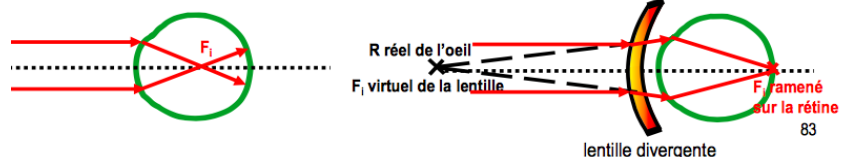
On va s'intéresser aux corrections géométriques avec utilisation des dioptries, mais on peut aussi utiliser la modification des indices avec des lentilles de contact, ou modification des courbures par de la chirurgie.

### 1) Myopie

La myopie est une maladie caractérisée par une inadéquation des valeurs de puissance du dioptre et de longueur de l'œil. Le dépistage se fait par la lecture des lettres sur le mur quand vous allez chez l'ophtalmologue et la correction se fait par un changement des éléments de l'œil pour obtenir une vision nette.

Les faisceaux lumineux sont focalisés en avant de la rétine sur l'axe optique. Il faudra alors une **correction avec des lentilles divergentes**. Une fois que l'excès de convergence de la myopie sera compensé par les lentilles divergentes, l'image se retrouvera sur la rétine. Cependant avec cette correction, le myope **perdra sa capacité d'accommodation optimisée** (qui lui faisait voir de très près) mais il verra bien de loin. (Perte de bénéfice de voir de près)

Toutes ces myopies vont être caractérisées par le degré de divergence des verres correcteurs ou des indices pour les lentilles de contact. La puissance de la lentille divergente est liée au degré de myopie : *Degré de myopie -3D correspond à des lentilles divergentes -3D.*



### 2) Hypermétropie

L'hypermétrope correspond à un œil trop divergent, ou trop court, dont la puissance est insuffisante par rapport à la longueur de l'œil.

On va donc utiliser une **correction avec des lentilles convergentes** pour augmenter la puissance de l'œil. Le foyer image réel de la lentille coïncide avec le remotum virtuel de l'œil : celui-ci est rejeté à l'infini et le foyer image de l'œil est ramené sur la rétine. Le foyer image correspond alors bien à un objet à l'infini.

**L'accommodation ne servira plus à compenser la difficulté de la vision de loin, mais bien d'améliorer la vision de près +++.**

Les sujets seront alors moins fatigués, ils ne seront pas obligés d'accommoder pour la vision de loin, et ils pourront accommoder pour la vision de près.

La puissance de la lentille convergente est liée au degré de myopie (qui détermine la vergence) : *degré d'hypermétropie + 2 D correspond à des lentilles convergentes de + 2 D.*

**Il faut bien penser aux notions de puissance par rapport à une longueur, indices et rayons de courbures.** On compense un excès de convergence ou de divergence par des lentilles opposées qui en fonction de leurs degrés vont s'adapter à la puissance basale de l'œil et vont permettre un retour à la normalité.

**Ne pas oublier que l'hypermétrope voit bien de loin car il accomode +++.**

**Ces amétropies sphériques sont stigmatiques +++.**

