

# Département de Physique

## Filière SMPC : Semestre 2



# L'optique de l'oeil

## Abdelhai Rahmani

Année universitaire 2019-2020

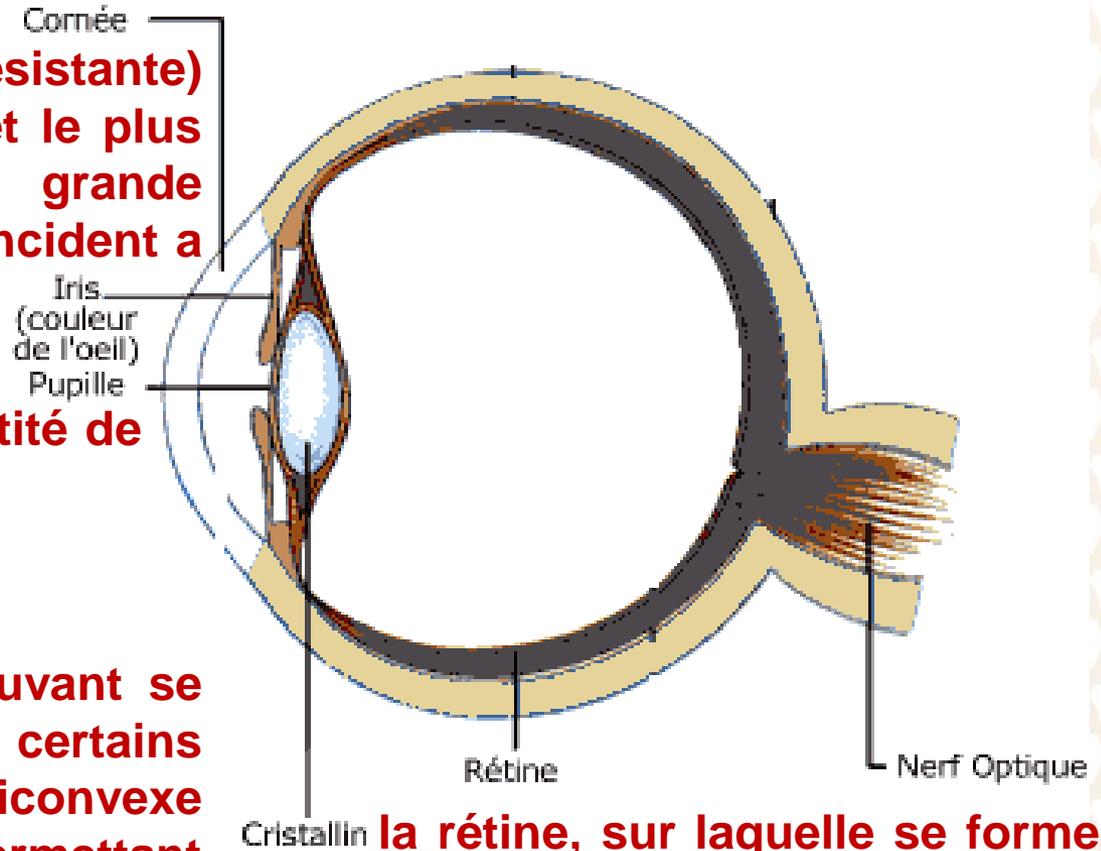
- ❖ Quelques éléments d'anatomie de l'œil
- ❖ Phénomène d'accommodation
- ❖ Défauts de l'œil
- ❖ Verres de Correction

L'œil est un système optique centré sous forme d'un globe presque sphérique d'environ 25mm. On retiendra le rôle en optique des éléments suivants :

**Cornée** : (membrane flexible et résistante) est le premier élément de l'œil et le plus convergent ( $n=1,376$ ). La plus grande déviation subie par un faisceau incident a lieu à l'interface air-cornée.

**Iris** : permet de contrôler la quantité de lumière incidente

**Cristallin** : d'indice  $n = 1,4$ , pouvant se déformer sous l'effet de certains muscles, constitue une lentille biconvexe à distance focale variable permettant d'accommoder la vision des objets à distance variable ( $25\text{ cm} \rightarrow \infty$ ).



**la rétine**, sur laquelle se forme l'image, et recouverte de cellules photosensibles (cônes et bâtonnées),

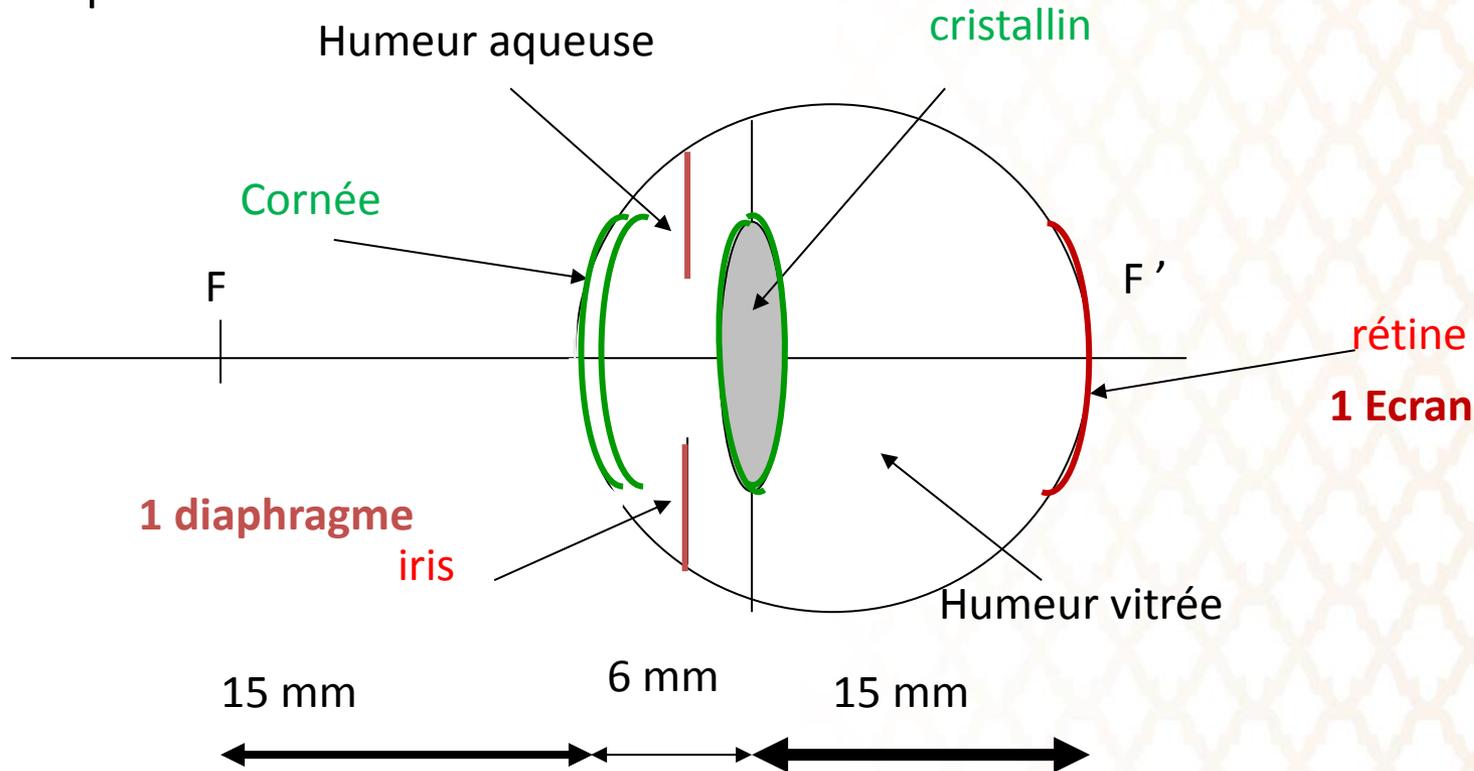
1. La lumière pénètre dans l'œil par une ouverture variable « **la pupille** » commandée par « **l'iris** » (la partie colorée);
2. Cette lumière traverse « **le cristallin** » (qui baigne dans deux liquides), la courbure de cette lentille (cristallin) peut-être modifiée par l'action « **des muscles ciliaires** » afin de permettre à l'œil de former des images claires, sur la **rétine**, d'objets placés à diverses distances (processus d'accommodation).
3. Ce faisceau de lumière focalisé sur la **rétine** qui contient des **bâtonnets** et des **cônes** sensibles (à la lumière) est transmis par « **le nerf optique** » jusqu'au « **cerveau** ».

# ŒIL MODÉLISÉ :

On modélisera l'œil comme l'association d'une lentille convergente (le cristallin) et d'un écran (la rétine). La distance entre les deux est fixe, c'est la vergence du cristallin qui peut être modifiée.

**4 dioptries** : entrée/sortie de la cornée  
entrée/sortie du cristallin

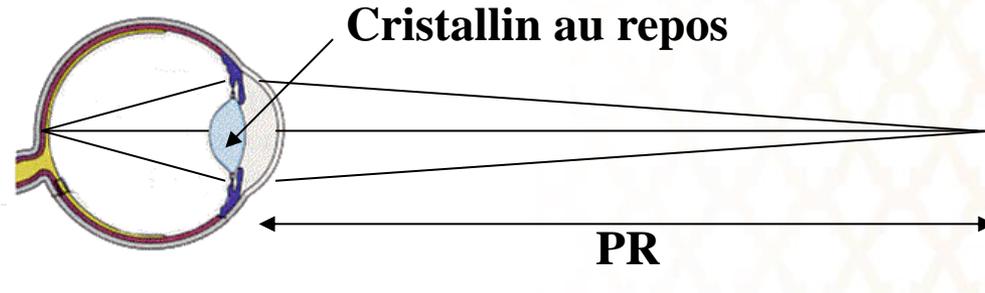
Modélisé par une LENTILLE



Il est intéressant de connaître la distance minimale au-delà de laquelle on peut voir net, ainsi que la distance maximale en dessous de laquelle on peut voir net.

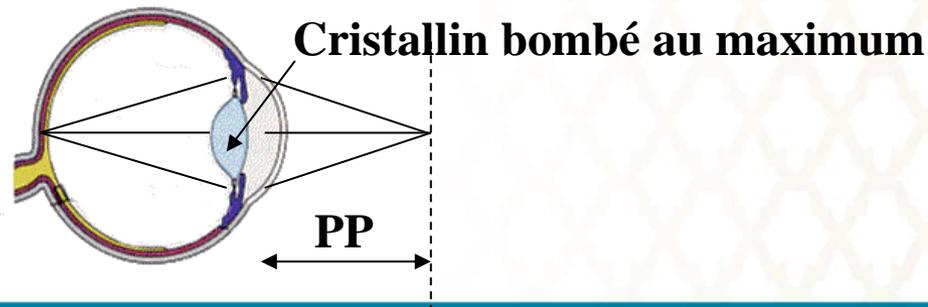
**Punctum Remotum (point éloigné)** : c'est le point (distance) le plus éloigné que l'on peut voir net. Pour voir net au PR, l'œil est au repos, il n'a pas besoin d'accommoder.

Pour un « œil normal », **le PR se trouve à l'infini**. Au repos, l'œil voit net à l'infini : le plan focal image du cristallin se trouve alors sur la rétine.

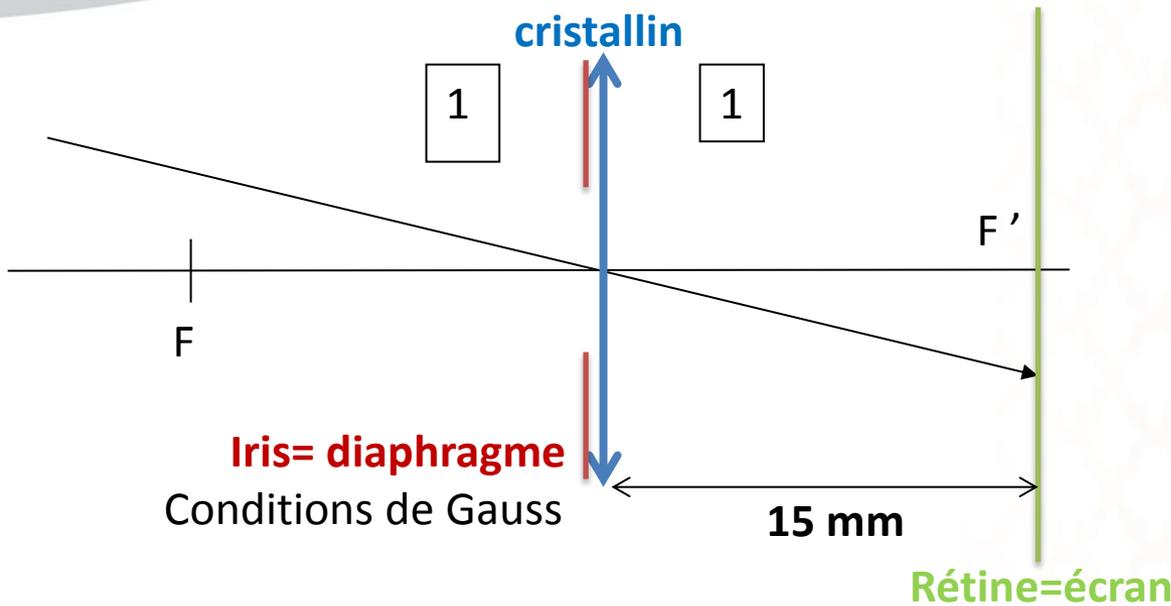


**Punctum Proximum (point proche)** : c'est le point (la distance) le plus proche que l'on peut voir net. Pour voir net au PP, l'œil accommode au maximum.

Pour un œil « normal », **le PP est de l'ordre de 25 cm**.



On assimile l'œil à une lentille convergente



$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} = V$$

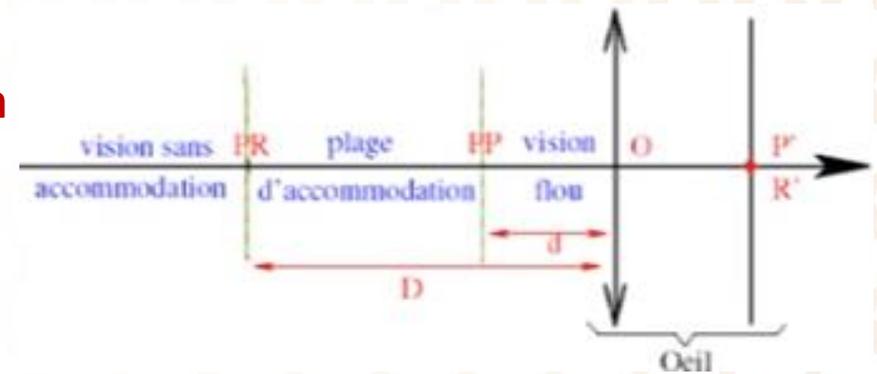
avec  $-\infty \leq \overline{OA} \leq -25 \text{ cm}$

et  $\overline{OA'} = 15 \text{ mm}$

la vergence de l'oeil est variable :  $67 \leq V \leq 71 \delta$

Conditions de vision nette pour un œil normal :

- Position de l'image sur la rétine
- Objet situé à l'infini ou à  $d > 25 \text{ cm}$



La vergence du cristallin peut varier : en se bombant, il devient plus convergent. Cela nous permet (heureusement) de voir net des objets situés à des distances différentes. C'est ce que l'on appelle le phénomène d'accommodation.

## a - Principe :

- récepteur fixe (rétine) + objet mobile  
modification de la distance focale

- mécanisme :

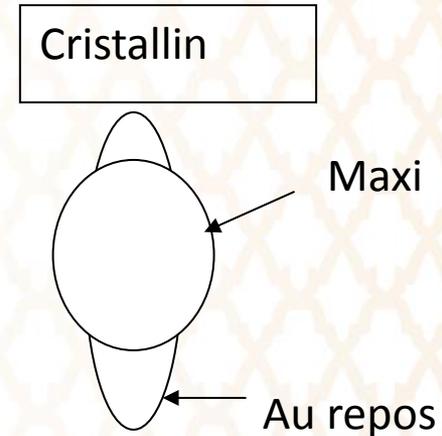
**modification des rayons de courbure par les muscles de l'œil**

(+ bombé= +convergent)

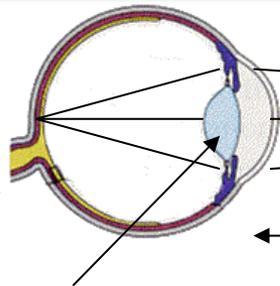
Au repos  $f' = f'_0 = 15 \text{ mm}$  : l'œil voit net à  $l'_{\infty}$

Si l'objet est + près:

**l'œil accommode  $f' < f'_0$  (La vergence augmente, l'œil est plus convergent)**

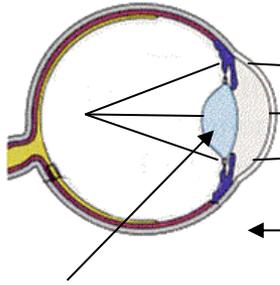


# APLATISSEMENT DU CRISTALLIN POUR LA VISION ÉLOIGNÉE



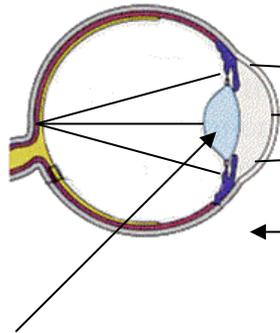
Cristallin au repos

**PR**



Cristallin au repos (le moins convergent possible)

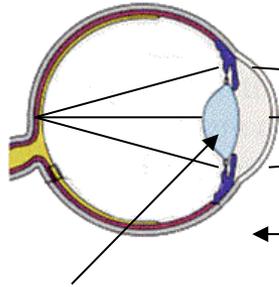
**PR**



Cristallin s'aplatit pour ramener l'image sur la rétine

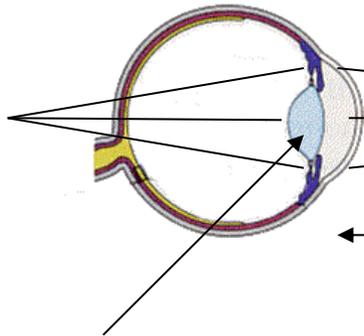
**PR**

# BOMBEMENT DU CRISTALLIN POUR LA VISION DE PRÈS



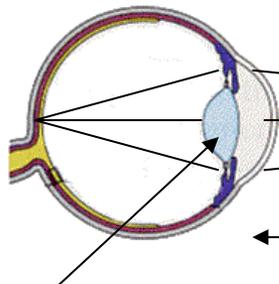
Cristallin au repos

PR



Cristallin au repos

PR



Le cristallin se bombe pour ramener l'image sur la rétine

PR



**Myopie** : le cristallin est trop convergent. Son PR n'est pas à l'infini, mais à distance finie. Son PP est aussi plus proche. Un myope voit mal de loin. On corrige ce défaut grâce à une lentille divergente.

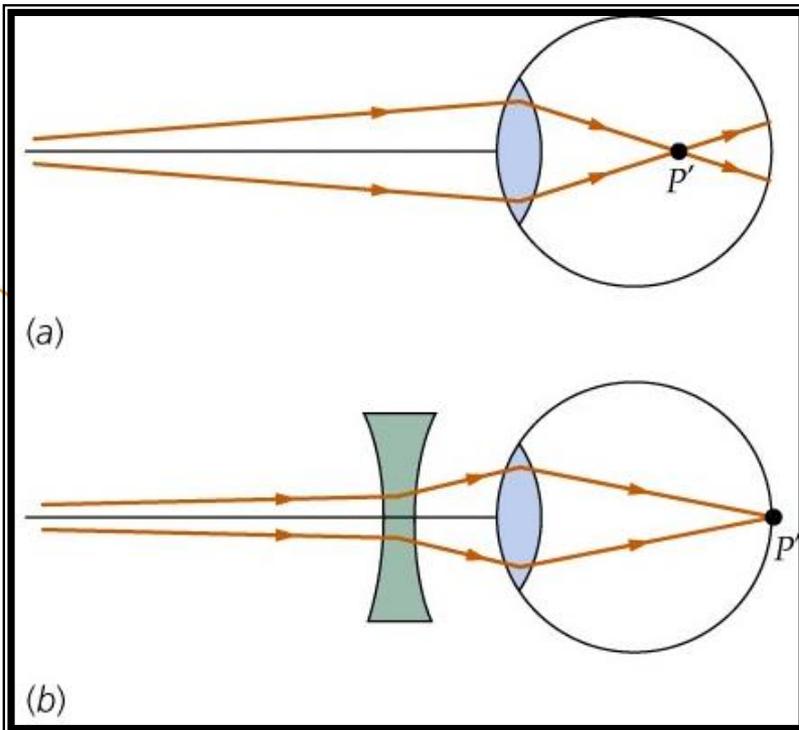
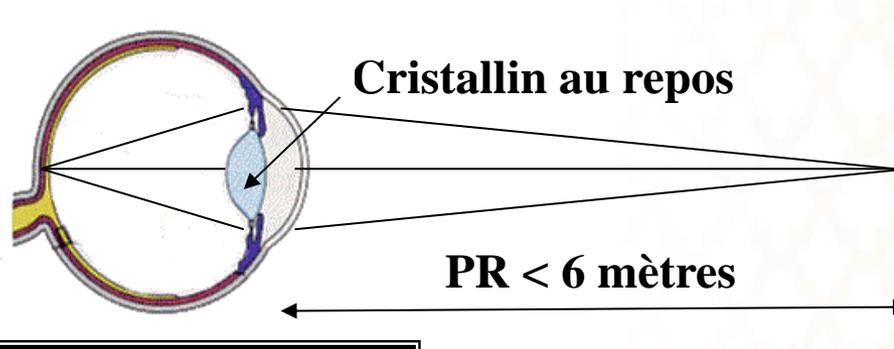
**Hypermétropie** : le cristallin n'est pas assez convergent. L'œil doit accommoder pour voir à l'infini. Son PP est plus éloigné que celui d'un œil normal. Un hypermétrope voit mal de près. On corrige ce défaut à l'aide d'une lentille convergente.

**Presbytie** : correspond au vieillissement du cristallin, qui se raidit et perd en partie sa faculté d'accommoder. Pas de conséquences pour la vision de loin, mais un presbyte ne voit plus de près.

**Astigmatisme** : correspond à un défaut de symétrie de l'œil. L'œil n'est alors pas un système centré, et n'est pas un système stigmatique (l'image d'un point est une tâche).

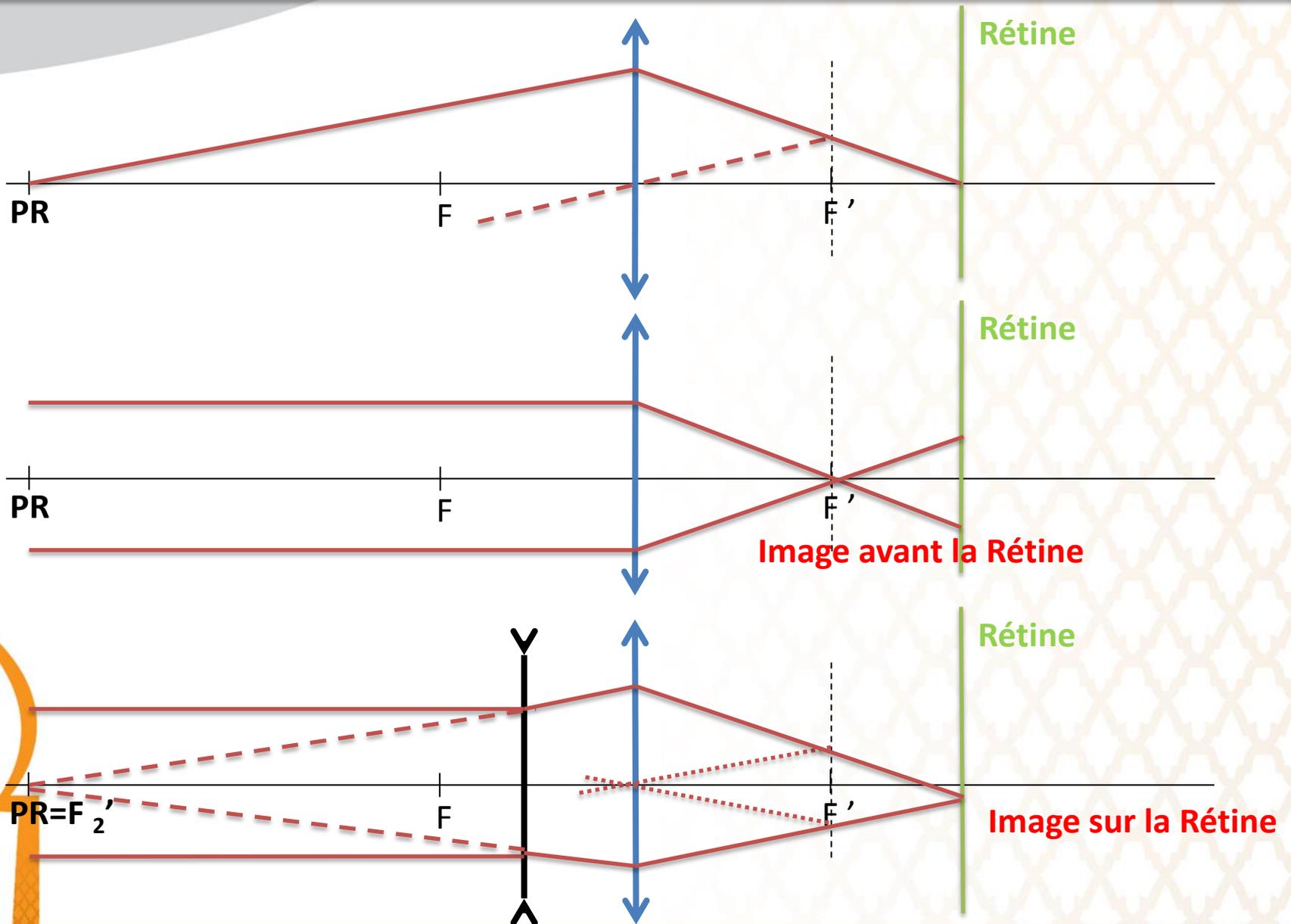
# MYOPIE

- Une personne myope possède un PR inférieur à 6 mètres.
- La myopie peut être dû à un globe oculaire trop long ou à un cristallin trop bombé au repos.



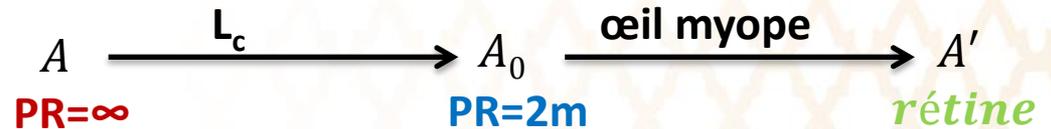
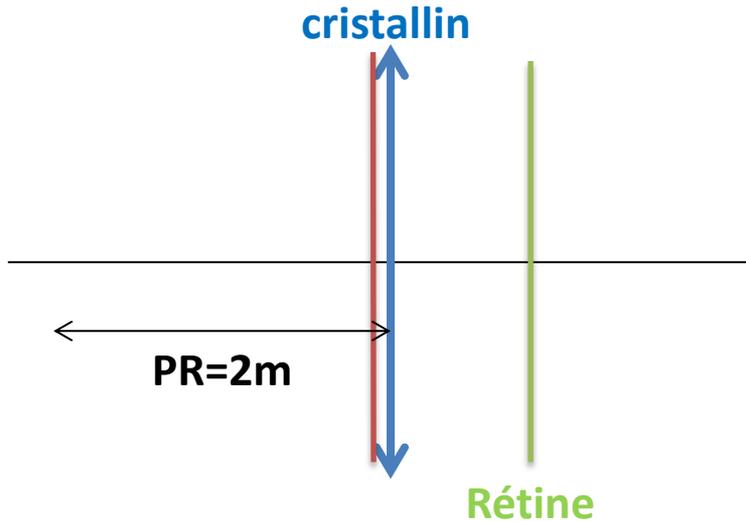
- Le globe oculaire est trop long par rapport à la distance focale de l'œil au repos. L'image d'un objet à l'infini (muscle relâché) est formée devant la rétine.
- **Conséquence:** la distance maximale de vision n'est pas située à l'infini.
- **Correction:** On utilise une lentille divergente afin de corriger ce défaut.

# MYOPIE



# CORRECTION DE LA MYOPIE

Soit un œil dont le p.r. est situé à 2m. Quelle verre correcteur doit-on utiliser pour la correction ? Autrement dit Quelle est la vergence de la lentille utilisée pour rendre cet œil normal (PR= $\infty$  et PP=25 cm),



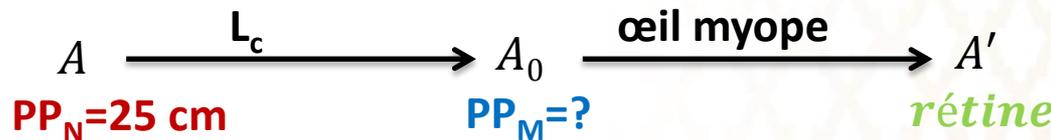
Pour la lentille  $L_c$  :

$$\frac{1}{OA_0} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} = V$$

AN.  $f_c = -2 \text{ m}$  et  $V = -0,5 \delta$

**Ici, la lentille correctrice est divergente**

Si avec ces lunettes le p.p. se situe à 25 cm, où se situait-il sans ces verres correcteurs ?



Pour la lentille  $L_c$  :

$$\frac{1}{OA_0} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} = V$$

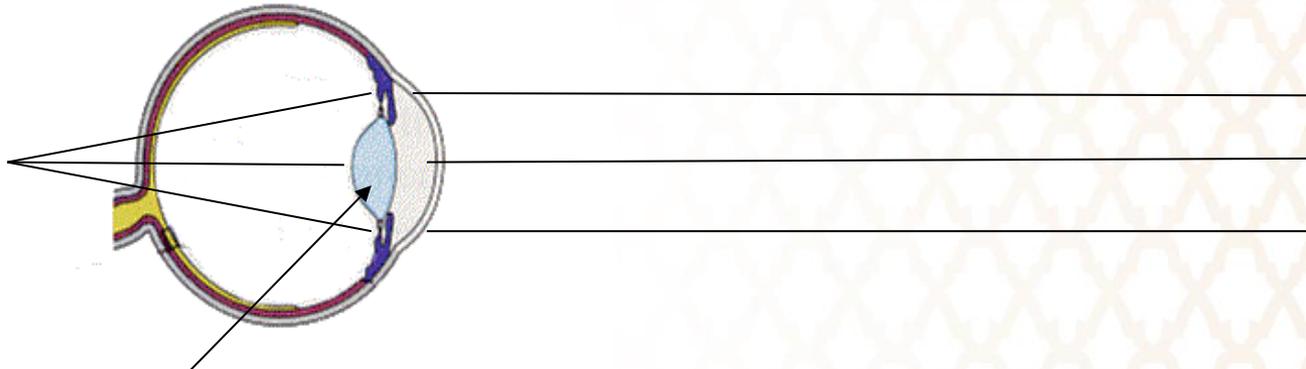
AN.  $PP_M = 22 \text{ cm}$

**Ici, la lentille correctrice (divergente) déplace le p.p. de 22 à 25 cm.**

# L'HYPERMÉTROPIE

- Le globe oculaire est trop court par rapport à la distance focale de l'œil au repos.
- **Conséquence:** l'image d'un objet à l'infini (muscle relâché) se forme derrière la rétine.
- Cependant, à cause de son pouvoir d'accommodation de l'œil, une personne hypermétrope peut voir des objets à l'infini, lorsque son muscle ciliaire courbe le cristallin (muscle contracté).
- **Correction:** pour que l'œil puisse voir (sans accommodation) des objets à l'infini, on doit placer une lentille correctrice convergente devant celui-ci.

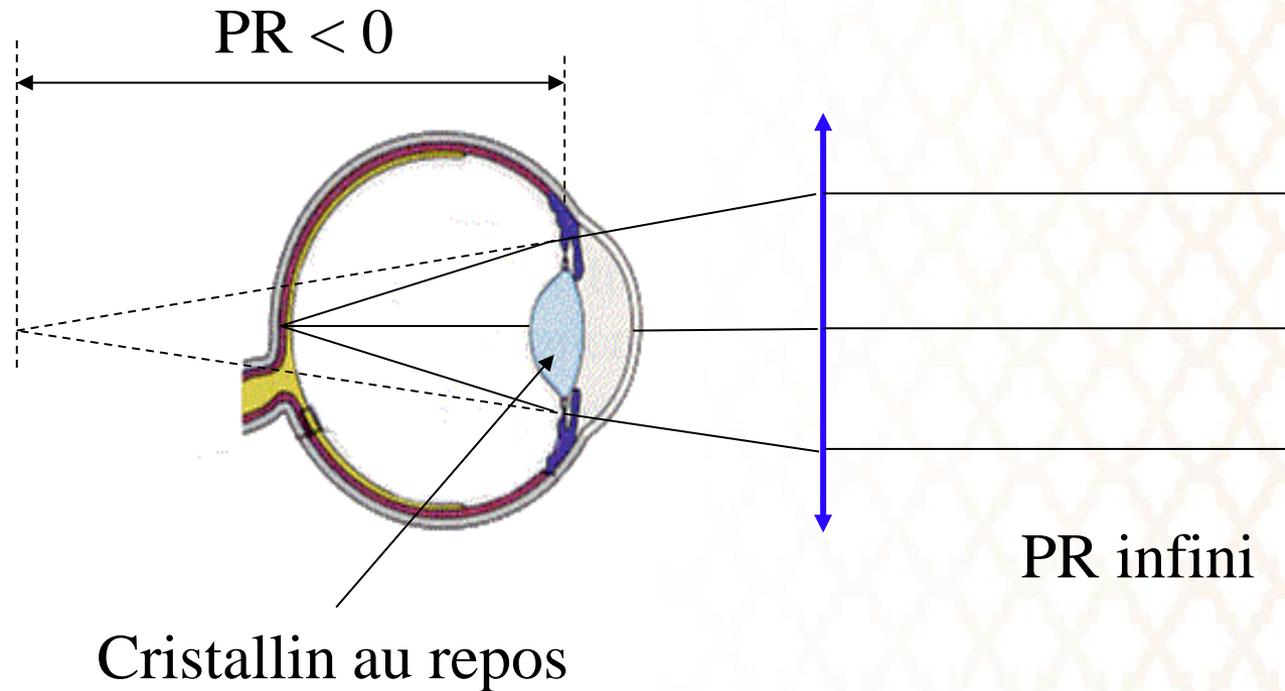
**Des rayons parallèles entrant dans un œil hypermétrope se focalisent derrière la rétine.**



**Cristallin au repos**

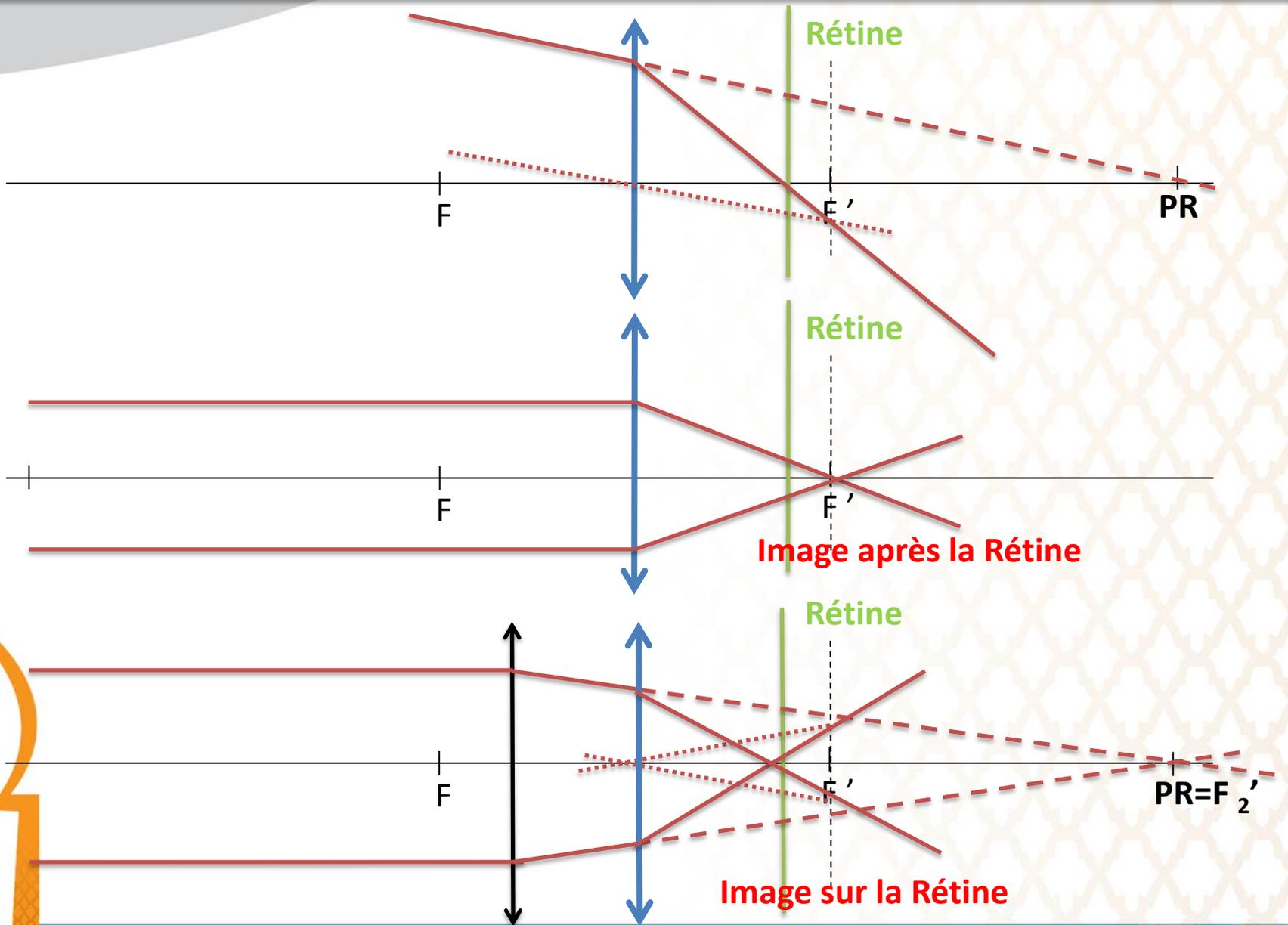
# CORRECTION DE L'HYPERMÉTROPIE

- On corrige l'hypermétropie avec des lentilles convergentes.



- L'image de la lentille correctrice devient un objet virtuel pour le cristallin.  
C'est pourquoi **le PR d'une personne hypermétrope est négatif.**

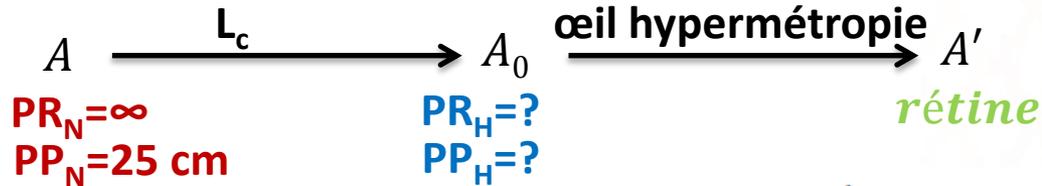
# L'HYPERMÉTROPIE



# CORRECTION DE L'HYPERMÉTROPIE

**Exercice** : un œil hypermétrope dont la distance focale est de 15 mm quand il n'accommode pas et dont la rétine est alors située à 1 mm avant le foyer image  $F'_H$ . Déterminer :

1. La distance de l'œil au punctum remotum
2. Le numéro de la lentille correctrice à utiliser



**Le punctum remotum est un point virtuel R dont l'image R' donnée par l'œil est sur la rétine.**

1. Distance OR :

On a :

$$\frac{1}{OR'} - \frac{1}{OR} = \frac{1}{OF'_H}$$

avec:  $\overline{OF'_H} = 15 \text{ mm}$  et  $\overline{OR'} = 15 - 1 = 14 \text{ mm}$

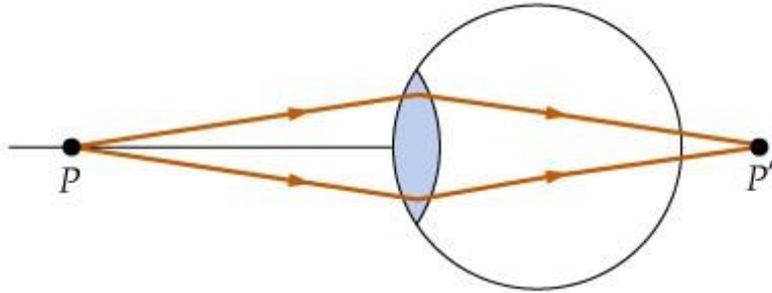
soit:  $\overline{OR} = 210 \text{ mm} = 0,21 \text{ m}$

2. Lentille correctrice :

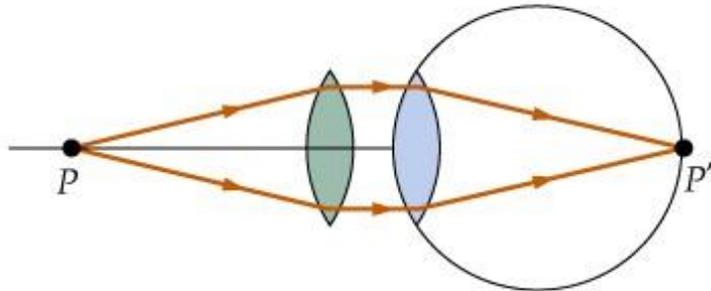
Le verre correcteur est une lentille convergente dont le foyer image est en R. Sa distance focale est donc  $f'_C = +0,21 \text{ m}$  et sa vergence est :

$$C = \frac{1}{0,21} = +4,8 \text{ dioptries}$$

Le numéro demandé est : +4,8.



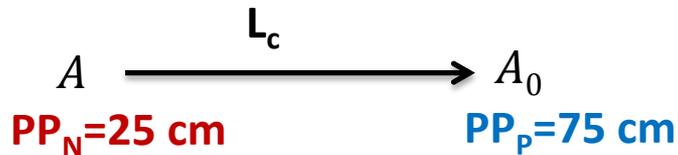
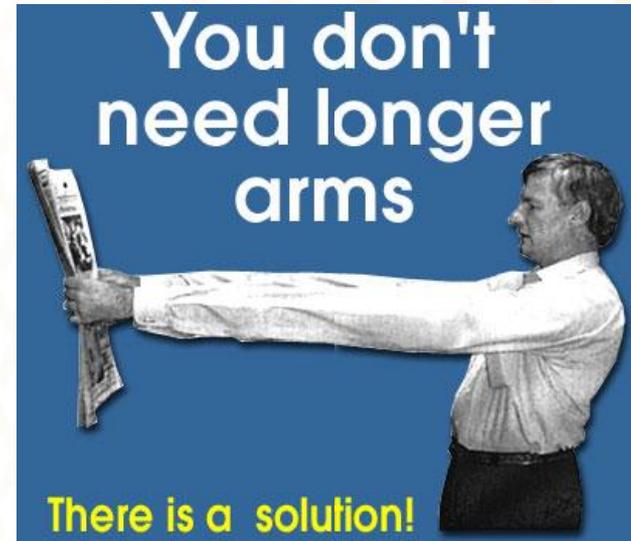
(a)



(b)

- Avec l'âge, le p.p. devient supérieur à 25 cm et l'œil a de la difficulté à accommoder des objets rapprochés.
- **Conséquence:** la distance minimale de vision est supérieure à 25 cm.
- **Correction:** Ce défaut se corrige au moyen d'une lentille convergente.

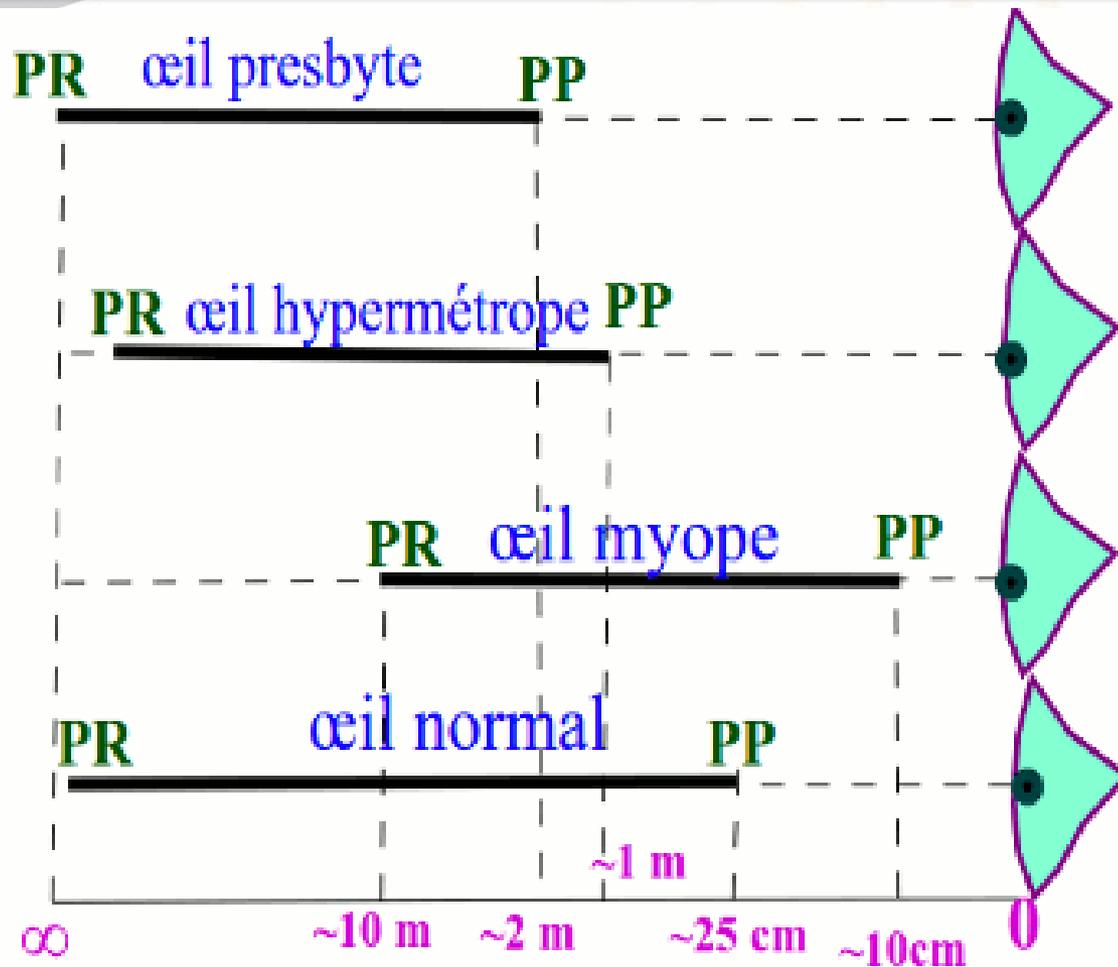
Pour lire un volume, une personne doit le tenir à 75 cm de ses yeux (p.p. déficient de 75 cm). Ainsi, l'image formée sur la rétine est trop petite. Quelle doit être la vergence des verres correcteurs qui lui permettront de lire distinctement à 25 cm ?



$$\frac{1}{OPP_N} - \frac{1}{OPP_P} = \frac{1}{f'} = V$$

$$V = + 2,67 \text{ } \delta$$

On doit placer une lentille correctrice convergente



[http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve\\_tulloue/optiqueGeo/instruments/correction.php](http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/optiqueGeo/instruments/correction.php)