

L'œil Théorique

Objectifs de la séquence :

- Connaître les éléments cardinaux de l'œil théorique utilisé en optique physiologique ;
- Faire le lien entre optique géométrique, optique physiologique et optique graphique ;
- Connaître les défauts de l'œil et les principes de compensation ;
- Vérifier la maîtrise des différentes méthodes de tracé de rayons.

Objectifs des séances :

- Séance 1 : Déterminer graphiquement les éléments cardinaux de l'œil théorique ;
- Séance 2 : Savoir utiliser les formules de Gullstrand (comprendre la notion de système réduit);
- Séance 3 : Revoir les notions de punctum Remotum et proximum, en déduire le principe de construction de la rétine. Connaître les caractéristiques d'un œil emmétrope ;
- Séance 4 : Comprendre le principe de la compensation. Connaître les caractéristique d'un œil myope ;
- Séance 5 : connaître les caractéristiques d'un œil hypermétrope et le principe de la compensation.

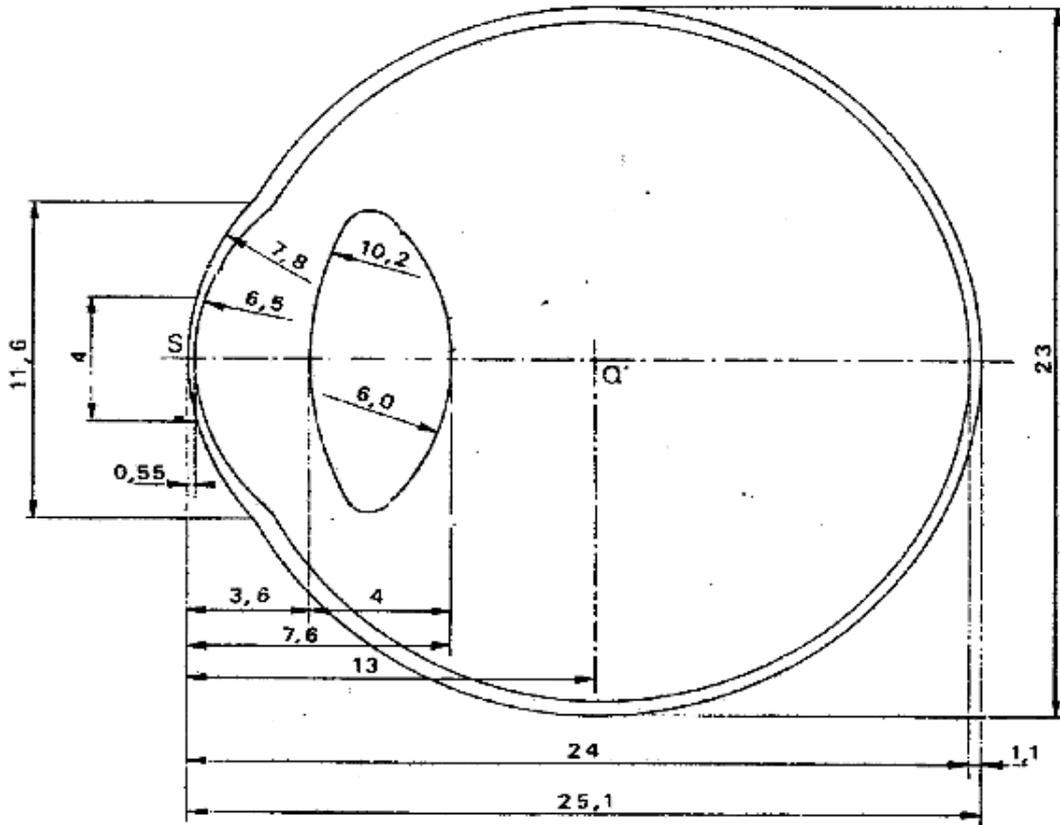
Pré-requis :

- Les lentilles minces (caractéristiques, calculs, tracés ...)
- Les dioptries sphériques (caractéristiques, calculs, tracés ...) ;
- Les systèmes centrés et le système réduit (caractéristiques, calculs, tracés ...) ;
- Notion de stigmatisme rigoureux ;
- Cours d'optique physiologique sur l'œil.

Compétences mises en œuvre :

- C1.1 , C1.2
- C4.1
- C5.1, C5.2, C5.3, C5.6
- Savoirs associés S1 : 2.6, 2.7, 2.8, 3.3.2, 4
S2 : 1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.8, 3.1, 4.1, 4.2

L'œil théorique peut-être schématisé comme suit :



1. **L'œil : un système centré.**

a. Quels sont les éléments optiques qui constituent l'œil ?

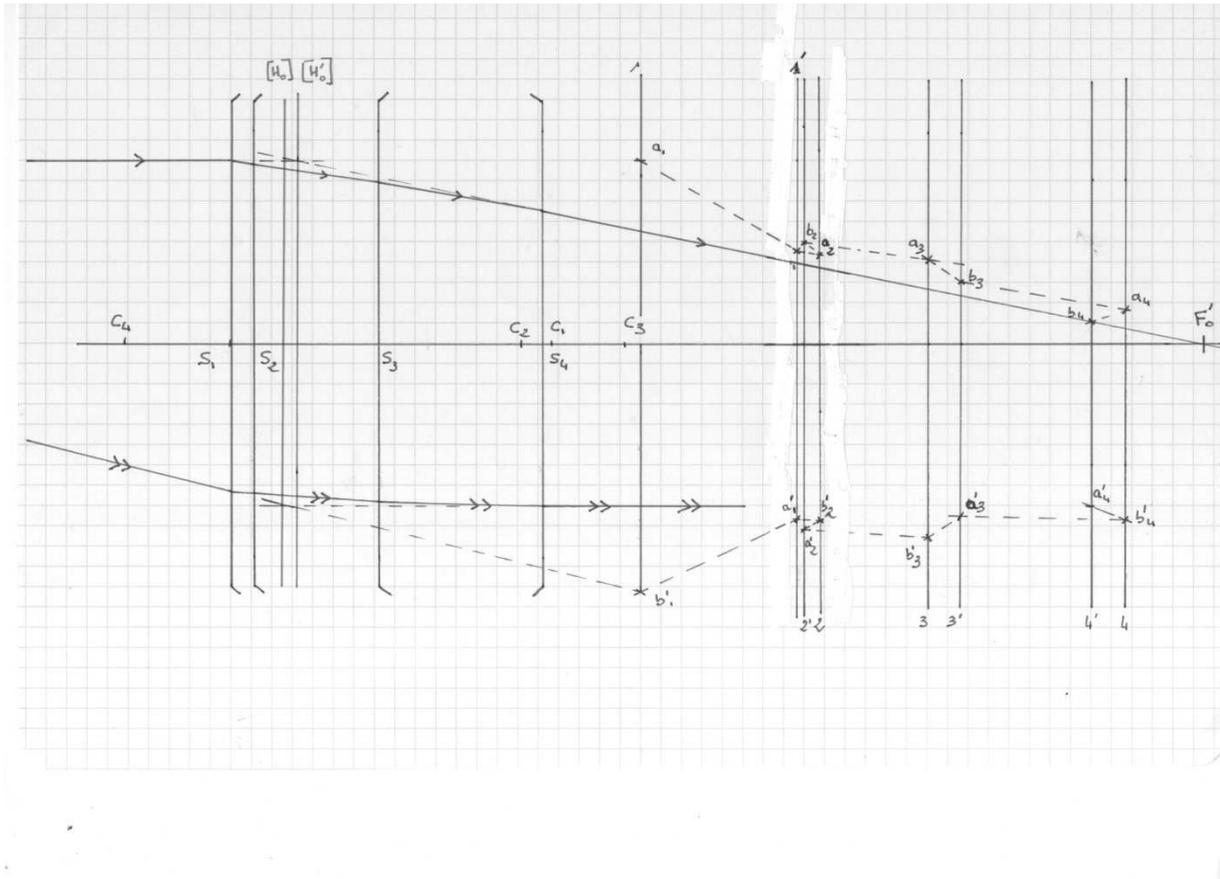
L'œil est constitué de 4 dioptries sphériques correspondant à la cornée et au cristallin.

b. Détermination graphique des éléments cardinaux de l'œil théorique.

En première approximation on peut considérer que les centres des 4 dioptries sont alignés et que l'ensemble constitue un système centré.

Activité :

- Représenter l'œil à l'échelle 10 (utiliser les symboles des dioptries sphériques).
- Faire apparaître sur votre schéma les foyers et les centres des rayons de courbures de chacun des dioptries (Nommer leurs sommets respectivement S_1 , S_2 , S_3 et S_4).
- Tracer la marche paraxiale de 2 rayons (prendre $K = 10$) afin de déterminer les positions des plans principaux et du foyer image F'_0 de l'œil au repos.



L'œil peut donc être considéré comme un système centré défini par ses plans principaux $[H_0]$ et $[H'_0]$ et ses foyers F_0 et F'_0 .

c. Détermination algébrique des éléments cardinaux de l'œil théorique.

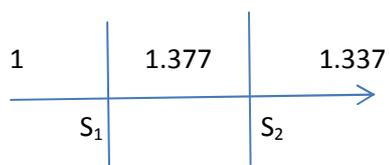
Peut-on calculer directement, avec nos connaissances actuelles, les positions des éléments cardinaux de l'œil réduit ?

Non car nous ne disposons de formules qui permettent uniquement de calculer les éléments cardinaux d'un système réduit constitué de 2 systèmes centrés (or ici il y a 4 dioptries soit 4 systèmes centrés !)

Comment peut-on procéder ?

On va traiter le cas de la cornée qui sera réduite à un système centré, puis celui du cristallin. Ces 2 nouveaux systèmes centrés seront alors réduits en un seul : l'œil théorique.

C1. Etude de la cornée.



Calculer les vergences de chacun des 2 dioptries constituant la cornée.

$$D_1 = \frac{1.377-1}{0.0078} = 48.33 \delta$$

$$D_2 = \frac{1.337-1.377}{0.0065} = -6.15 \delta$$

Calculer la vergence de la cornée notée D_K

$$D_K = 48.33 - 6.15 - \frac{0.55 \times 10^{-3} \times 48.33 \times (-6.15)}{1.377} = 42.3 \delta$$

Calculer les positions des plans principaux de la cornée

$$\overline{S_1 H'_K} = \frac{1 \times 0.55 \times 10^{-3} \times (-6.15)}{1.377 \times 42.3} = -5.8 \times 10^{-5} m \approx -0.06 \text{ mm}$$

$$\overline{S_2 H'_K} = -\frac{1.377 \times 0.55 \times 10^{-3} \times (48.33)}{1.377 \times 42.3} = -6.1 \times 10^{-4} m \approx -0.61 \text{ mm}$$

On en déduit que :

$$\overline{S_1 H'_K} = -0.61 + 0.55 \approx -0.06 \text{ mm}$$

Les plans principaux sont confondus !

C2. Etude du cristallin.



Calculer les vergences de chacun des 2 dioptries constituant le cristallin.

$$D_3 = \frac{1.42-1.337}{0.0102} = 8.14 \delta$$

$$D_4 = \frac{1.336-1.42}{-0.006} = 14 \delta$$

Calculer la vergence du cristallin notée D_C

$$D_C = 8.14 + 14 - \frac{4 \times 10^{-3} \times 14 \times 8.14}{1.42} = 21.82 \delta$$

Calculer les positions des plans principaux du cristallin

$$\overline{S_3 H_C} = \frac{1.337 \times 4 \times 10^{-3} \times 14}{1.42 \times 21.82} \approx 2.42 \text{ mm}$$

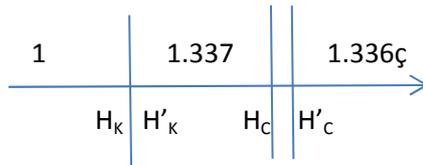
$$\overline{S_4 H'_C} = -\frac{1.336 \times 4 \times 10^{-3} \times 8.14}{1.42 \times 21.74} \approx -1.4 \text{ mm}$$

On en déduit que :

$$\overline{S_1 H_C} = 3.6 + 2.42 \approx 6.02 \text{ mm}$$

$$\overline{S_1 H'_C} = 7.6 - 1.4 \approx 6.2 \text{ mm}$$

C3. Etude de l'œil réduit



Calculer l'interstice $\overline{H'_K H_C}$

$$\overline{H'_K H_C} = 6.02 + 0.06 = 6.08 \text{ mm}$$

Calculer la vergence de l'œil notée D_0

$$D_0 = 42.3 + 21.82 - \frac{6.08 \times 10^{-3} \times 42.3 \times 21.82}{1.337} = 59.92 \text{ } \delta$$

Calculer les positions des plans principaux de l'œil théorique

$$\overline{H_K H_0} = \frac{1 \times 6.08 \times 10^{-3} \times 21.82}{1.337 \times 59.92} \approx 1.66 \text{ mm}$$

$$\overline{H'_C H'_0} = -\frac{1.336 \times 6.08 \times 10^{-3} \times 42.3}{1.337 \times 59.94} \approx -4.29 \text{ mm}$$

On en déduit que :

$$\overline{S_1 H_0} = 1.66 - 0.06 \approx 1.6 \text{ mm}$$

$$\overline{S_1 H'_0} = -4.29 + 5.2 \approx 1.91 \text{ mm} \quad \text{donc} \quad \overline{H_0 H'_0} = 0.31 \text{ mm}$$

Calculer les positions des foyers principaux de l'œil.

$$\overline{H_0 F_0} = \frac{-1}{59.94} = -16.7 \text{ mm}$$

$$\overline{H'_0 F'_0} = \frac{-1.336}{59.92} = 22.3 \text{ mm}$$

2. Principe de la compensation des yeux amétropes.

Le point le plus éloigné visible par un œil sans accommoder est le punctum remotum noté R. L'image se forme alors sur la rétine.

La rétine est donc le conjugué image du rémotum.

On peut écrire la chaîne synoptique suivante :



On peut utiliser ce fait pour construire la position de la rétine.

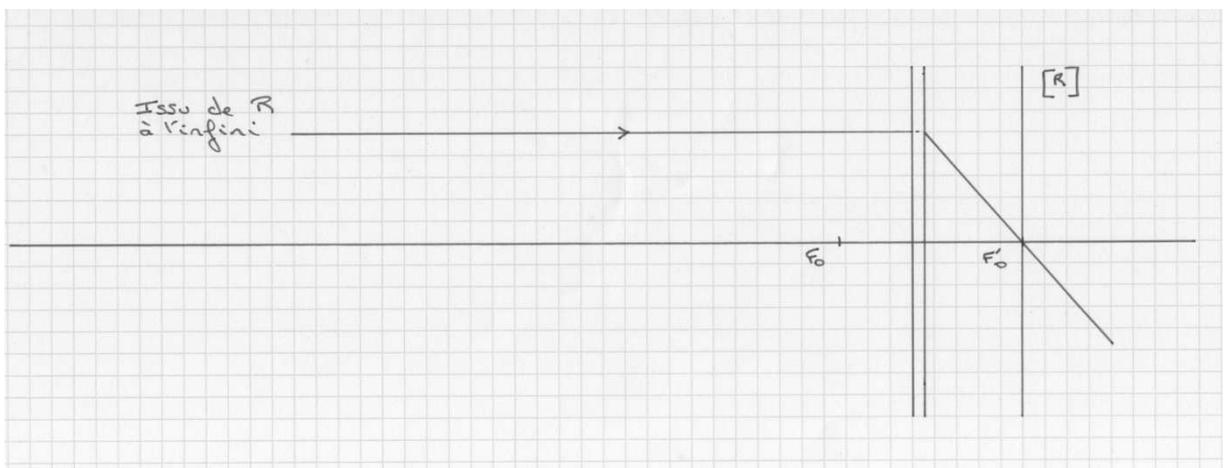
Méthode :

On trace la marche d'un rayon incident dont la direction passe par R. Le rayon réfracté correspondant coupe l'axe optique en un point qui peut être considéré comme le centre de la rétine.

a. Œil emmétrope.

Le punctum remotum d'un œil « normal » est situé à l'infini.

Activité : Déterminer la position de la rétine d'un œil emmétrope.



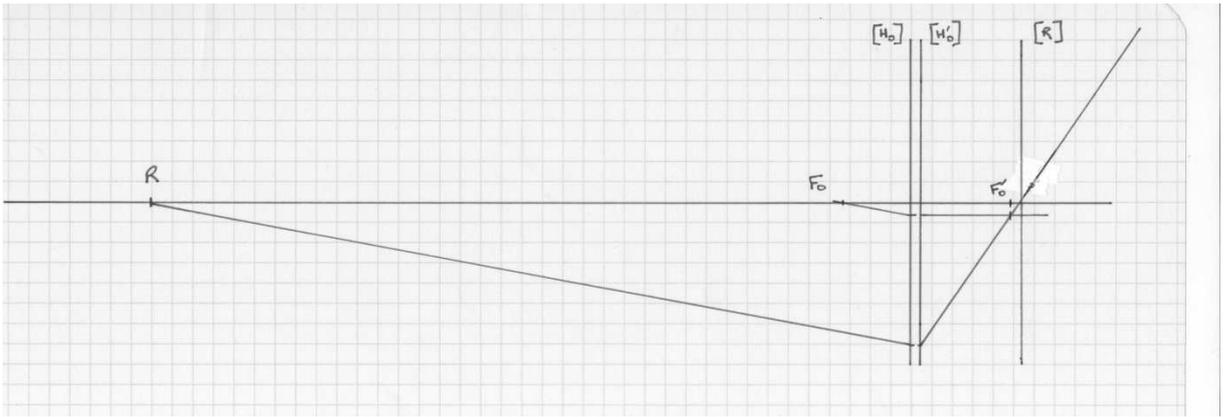
Que remarquez-vous ?

On constate que la rétine $[R']$ est confondue avec le plan focal image $[F'_0]$ de l'œil.

b. Œil myope.

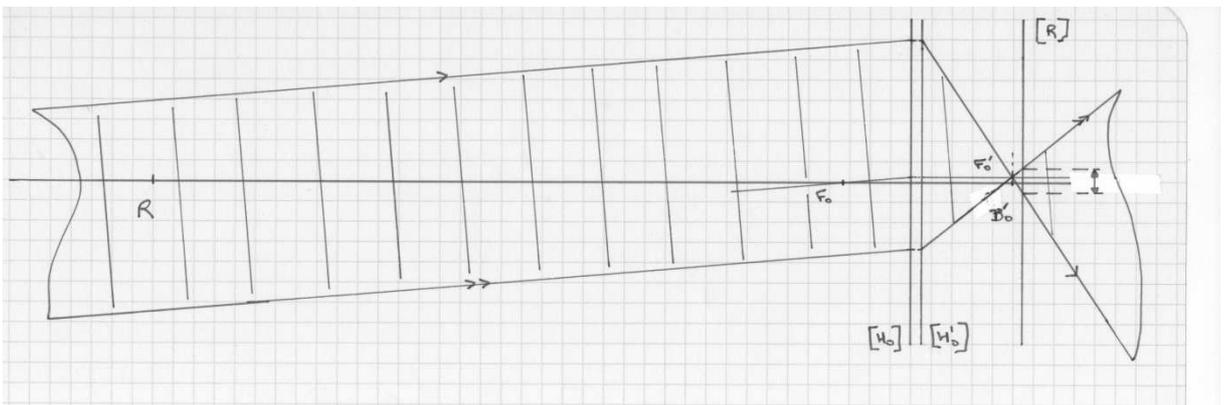
Un œil myope voit mal les objets éloignés. Le punctum remotum est situé devant l'œil à une distance dépendant du degré d'amétropie de l'œil c'est-à-dire de la « force » de la myopie.

Activité 1 : Déterminer la position de la rétine. Que constatez-vous ?



La rétine est située derrière le plan focal image de l'œil.

Activité 2 : Un observateur myope regarde un objet B situé à l'infini hors de l'axe.
Tracer la marche du faisceau cylindrique issu de B à l'infini et en déduire la position de l'image B'_0 . L'objet est-il vu nettement ?



L'image se forme devant la rétine (l'œil est trop long) donc l'objet n'est pas vu nettement.
On observe sur la rétine une tâche de diffusion (l'image est floue !!)

Comment peut-on compenser ce défaut ?

L'œil est trop convergent, on va donc placer un verre divergent devant lui afin que l'image se forme sur la rétine (qui est fixe !).

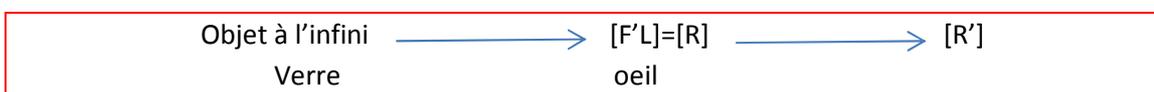
Principe :

Seuls les objets placés sur le remotum sont vus nettement sans accommoder.

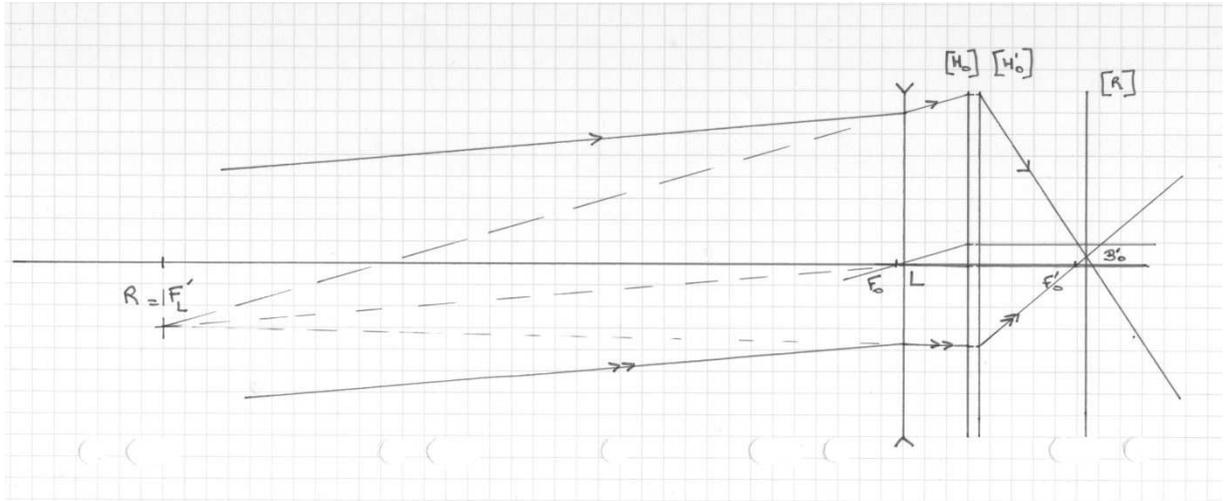
Le verre compensateur doit donner d'un objet situé à l'infini une image intermédiaire B' se formant sur le remotum de l'œil. L'image finale se formera alors sur la rétine.

Pour ce **faire il faut faire coïncider le foyer image du verre compensateur et le remotum de l'œil**.

On peut écrire la chaîne synoptique suivante :



Activité 3 : Construire l'image intermédiaire B' puis l'image finale B'_0 de l'œil compensé.
Que constatez-vous ?



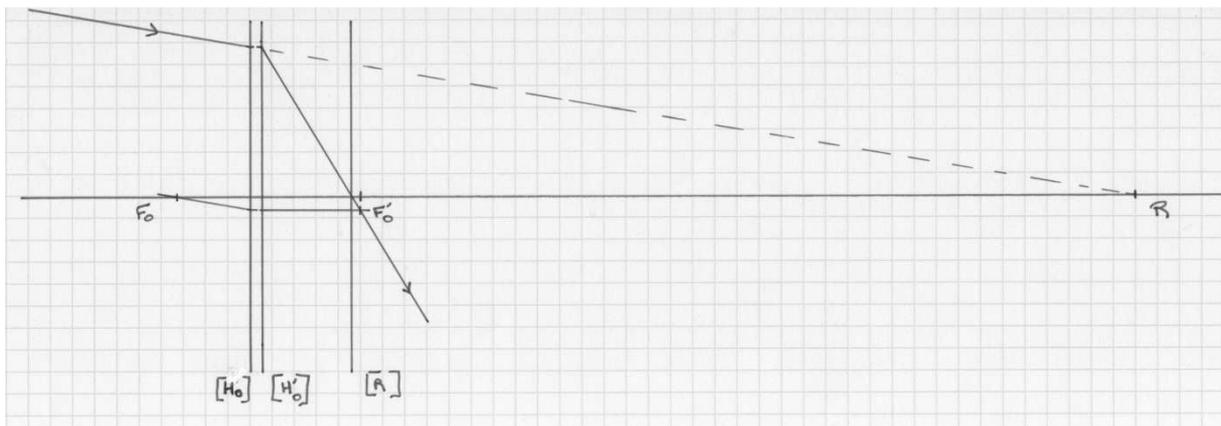
L'image se forme sur la rétine : l'œil est parfaitement compensé.

c. Œil hypermétrope.

Un œil hypermétrope ne voit pas correctement des objets éloignés sans accommoder.

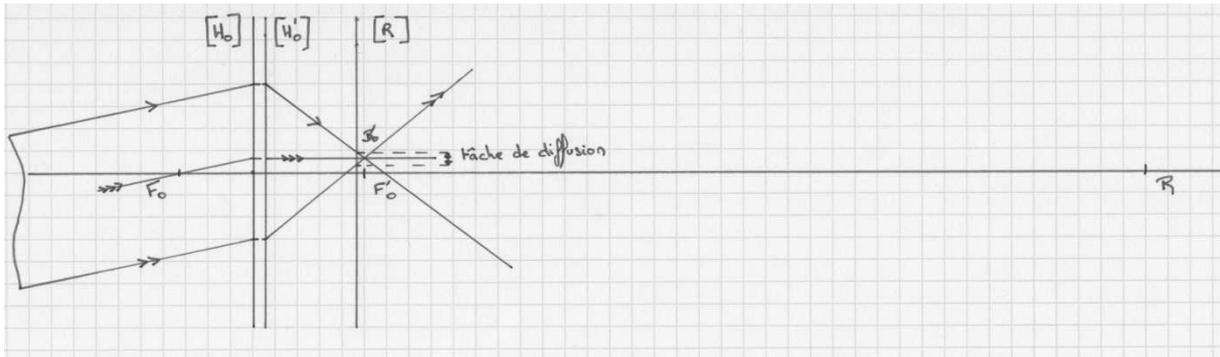
Son punctum remotum est virtuel, il est situé derrière lui.

Activité 1 : Déterminer la position de la rétine



On constate que la rétine est située devant le plan focal image F'_0 .

Activité 2 : Un observateur myope regarde un objet B situé à l'infini hors de l'axe.
Tracer la marche du faisceau cylindrique issu de B à l'infini et en déduire la position de l'image B'_0 . L'objet est-il vu nettement ?



L'image se forme derrière la rétine (l'œil est trop court) donc l'objet n'est pas vu nettement. On observe sur la rétine une tâche de diffusion (l'image est floue !!)

Comment peut-on compenser ce défaut ?

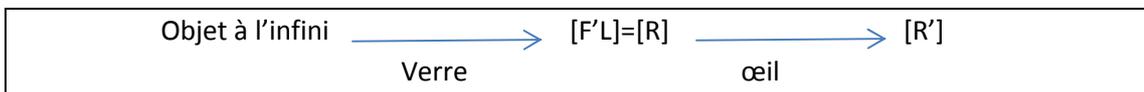
L'œil est trop divergent on va donc placer un verre convergent devant lui afin que l'image se forme sur la rétine (qui est fixe !).

Remarque : en cas de faible hypermétropie, l'objet peut être vu nettement en accommodant.

En effet, il est possible par cette action, d'augmenter la vergence de l'œil, c'est-à-dire de diminuer la distance focale jusqu'à faire coïncider le plan focal image de l'œil et la rétine.

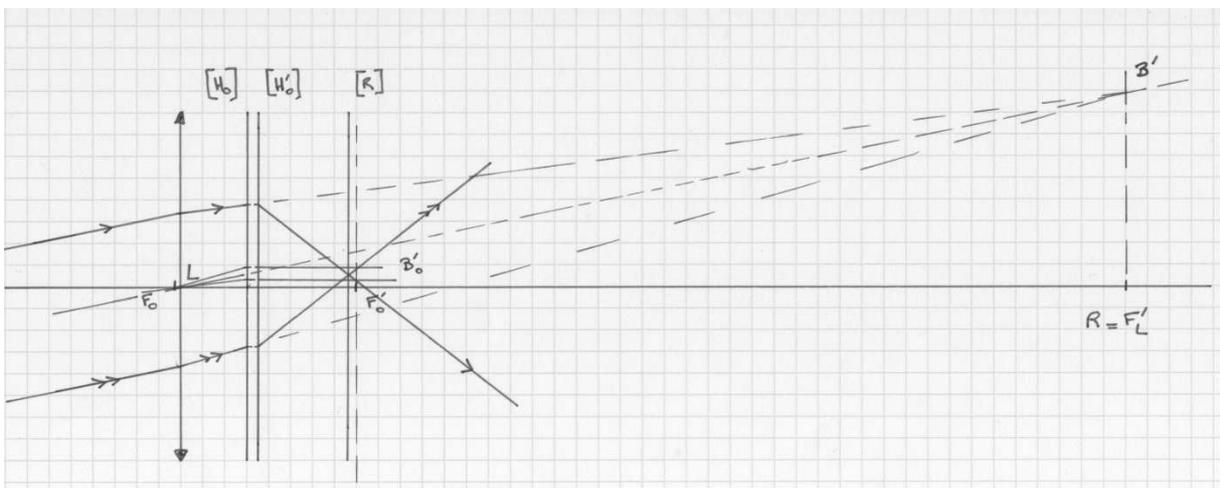
Cette action répétée peut cependant conduire à une fatigue.

Le principe de compensation est le même que pour un œil myope.



Activité 3 : Construire l'image intermédiaire B' puis l'image finale B'_0 de l'œil compensé.

Que constatez-vous ?



L'image finale B'_0 se forme sur la rétine ; l'œil est parfaitement compensé.