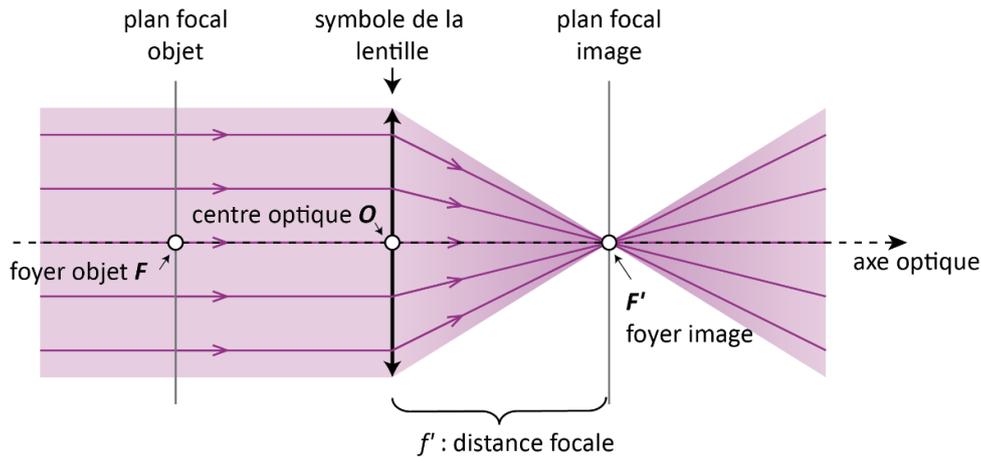


Fiche de synthèse n°12

Modèles optiques de l'œil et de la loupe

1. Rappels sur les lentilles convergentes

Points, plans et distances caractéristiques des lentilles convergentes

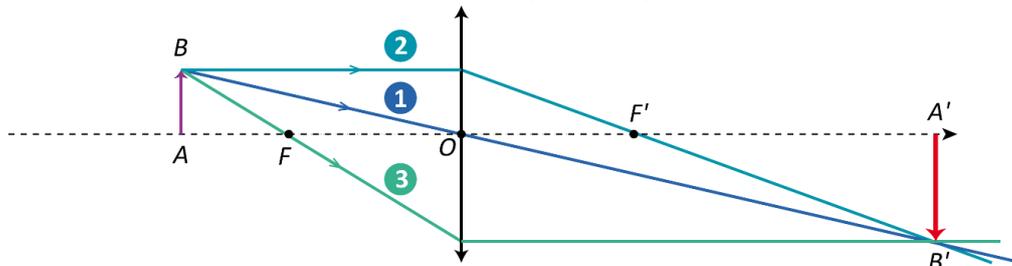


les points et plans caractéristiques d'une lentille convergente

Détermination graphique de la taille et de la position d'une image

On utilise les lois suivantes :

- 1 Un rayon de lumière incident passant par le centre optique O n'est pas dévié.
- 2 Un rayon de lumière incident parallèle à l'axe optique émerge de la lentille en passant par le foyer image F'.
- 3 Un rayon de lumière incident passant par le foyer objet F émerge de la lentille parallèlement à son axe optique.



Détermination de la taille et de la position d'une image par le calcul

Les lois qui suivent relient entre elles des valeurs algébriques de distances :

- \overline{OA} et $\overline{OA'}$ sont les positions de l'objet et son image ;
- \overline{AB} et $\overline{A'B'}$ sont les dimensions verticales (souvent appelées « tailles ») de l'objet et de l'image.

On utilise pour relier la position de l'objet à celle de l'image la relation de conjugaison :

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

Les deux expressions du grandissement permettent de relier la taille et la position de l'objet à celles de l'image :

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



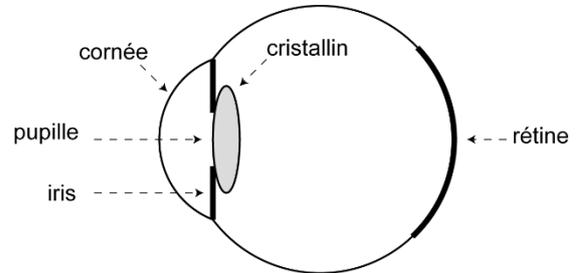
2. Vision par l'œil emmétrope (rappels de 1^{ère})

2.1. De l'œil réel à l'œil modélisé

Tout ce qui suit concerne **l'œil emmétrope**, c'est-à-dire l'œil sans défaut de vision (ni myopie, ni hypermétropie, etc.).

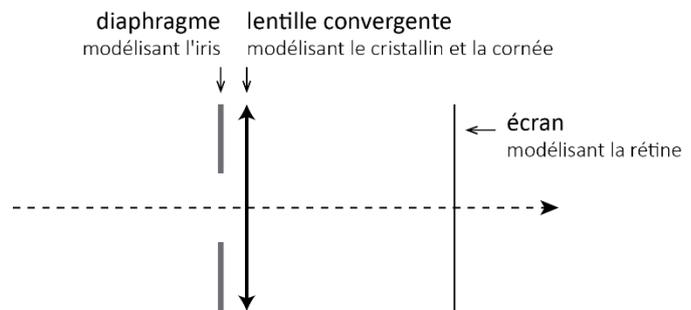
L'œil est constitué :

- de la cornée : c'est la paroi transparente que la lumière traverse en entrant dans l'œil ;
- de l'iris : c'est un anneau opaque dont l'ouverture, appelée pupille, peut être plus ou moins ouverte ;
- du cristallin : c'est un milieu transparent et déformable qui dévie les rayons de lumière qui le traversent ; le cristallin joue le rôle de lentille convergente ;
- de la rétine : c'est la partie qui contient les récepteurs de lumière (cônes et bâtonnets).



Le modèle optique : « l'œil réduit »

- L'ensemble cornée + cristallin est modélisé comme une lentille convergente ;
- La rétine est modélisée comme un écran plan.



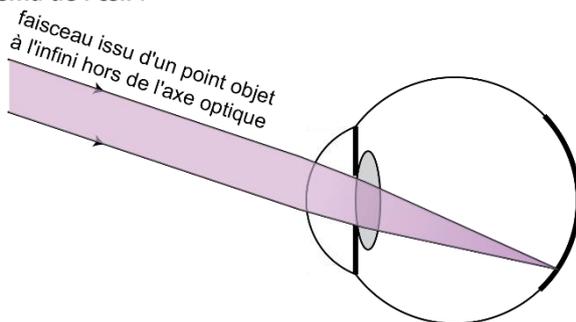
Un objet est vu nettement si son image donnée par le cristallin se forme **sur la rétine**.

2.2. La vision de loin ou « à l'infini » : l'œil au repos

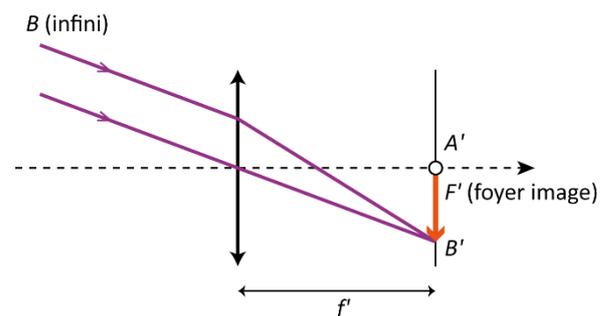
Lorsqu'il est au repos, l'œil voit nettement les objets très lointains, dits « à l'infini ».

La vision de loin peut alors être représentée par les figures :

Schéma de l'œil :



Œil modélisé en optique :



Lors de la vision de loin, la distance focale du cristallin est égale à la distance cristallin – rétine. Le foyer image du cristallin est donc sur la rétine.

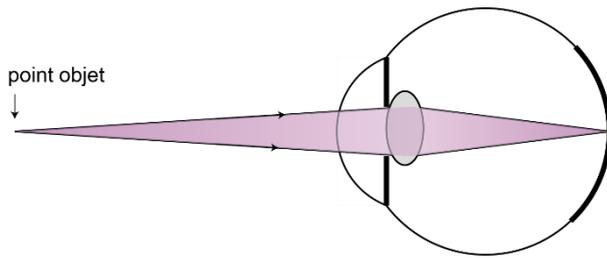
2.3. La vision de près : l'accommodation

Lors de la vision d'un objet situé plus près de l'œil, le cristallin se déforme : il devient plus bombé afin d'être plus convergent que s'il était au repos. Cela demande un effort appelé **accommodation**.

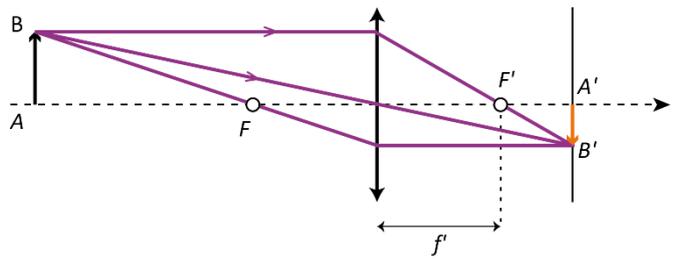
La vision de près peut alors être représentée par les figures suivantes :



Schéma de l'œil :



Œil modélisé en optique :



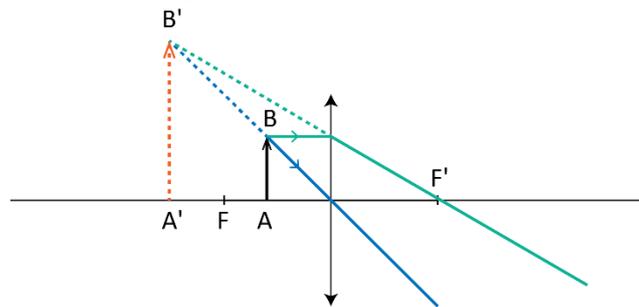
Lors de la vision de près, l'effort d'accommodation déforme le cristallin pour de **diminuer sa distance focale** afin que l'image de l'objet se forme sur la rétine.

3. Image donnée par la loupe

3.1. Images virtuelles

Si l'objet se trouve entre la lentille et son plan focal objet :

- le faisceau qui émerge de la lentille ne converge pas : il ne se forme pas d'image réelle pouvant être recueillie sur un écran ;
- s'il est reçu par l'œil, le faisceau qui émerge de la lentille semble provenir d'un lieu $A'B'$ imaginaire : c'est une image virtuelle. Celle-ci est droite et agrandie.



Formation d'une image virtuelle : les tracés en pointillés représentent ce qui est imaginé par l'œil qui recueille le faisceau mais n'a pas d'existence réelle

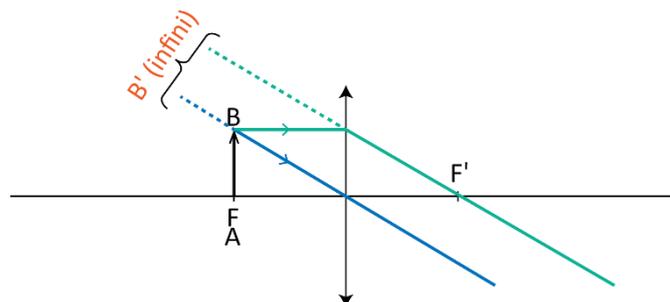
Lorsque l'objet est situé entre la lentille et son plan focal objet, l'image qui se forme n'est pas réelle : c'est une **image virtuelle**.

Une **image virtuelle** est le lieu d'où semble provenir le faisceau qui émerge de la lentille : elle est observable à l'œil nu mais ne peut pas être recueillie sur un écran.

3.2. L'image à l'infini

Si un l'objet se trouve dans le plan focal objet de la lentille convergente :

- le faisceau de lumière issu de chaque point objet émergeant de la lentille est un **faisceau parallèle** ;
- si l'œil est placé derrière la lentille, le faisceau qu'il recueille est le même que celui qui serait émis par un point-objet infiniment lointain : on obtient alors une **image virtuelle à l'infini**.



La loupe

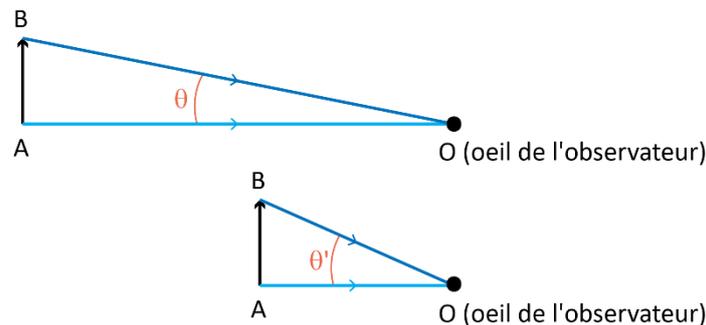
Une loupe est une lentille convergente. Si l'objet à observer est placé entre elle son plan focal objet, on obtient une image virtuelle, agrandie et droite observable à l'œil.

L'œil au repos voit nettement les objets et images à l'infini. C'est donc en plaçant l'objet dans le plan focal objet de la loupe que l'on obtient l'image observable sans effort d'accommodation : c'est la situation à privilégier.

4. Diamètre apparent et grossissement

4.1. Le diamètre apparent

On appelle « diamètre angulaire » ou « diamètre apparent » d'un objet l'angle maximal entre deux rayons de lumière issus de cet objet et pénétrant dans l'œil de l'observateur.



Sur cette figure, le diamètre apparent de l'objet AB et l'angle $\theta = \widehat{AOB}$
On voit que $\theta' > \theta$: plus il est proche de l'observateur et plus l'objet est vu grand.

Le diamètre apparent d'un objet :

- est d'autant plus élevé que l'objet est grand ;
- est d'autant plus élevé que l'objet est proche de l'œil.

Notre œil est incapable d'évaluer la taille de l'objet qu'il vise mais seulement son diamètre apparent .

Calcul approché d'un diamètre apparent

La figure précédente montre que :

$$\tan(\theta) = \frac{AB}{OA}$$

Dans la plupart des situations l'objet observé est assez loin de l'œil pour que l'approximation des petits angles soit valable : $\tan(\theta) \approx \theta$ (θ étant exprimé en radian).

On pourra alors généralement appliquer la relation approchée :

$$\theta \approx \frac{AB}{OA} = \frac{AB}{D}$$

D étant la distance œil – objet, exprimée dans le même unité que AB . θ est exprimé en radian.

4.2. Le grossissement commercial de la loupe

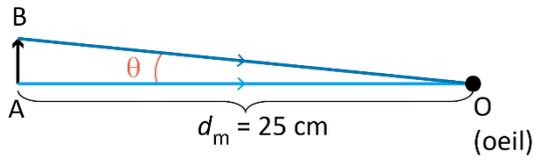
Définition

On considère que la distance minimale d'observation distincte d'un objet à l'œil nu vaut $d_m = 25$ cm : en-deçà de cette valeur l'effort d'accommodation nécessaire est douloureux.

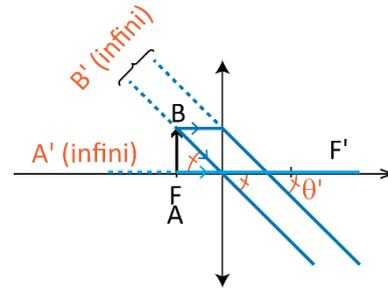
C'est à cette distance que le diamètre apparent d'un objet observé à l'œil nu et le plus élevé.



Le grossissement commercial de la loupe compare le diamètre apparent de l'image de l'objet observé à celui de l'objet observé à l'œil nu à sa distance $d_m = 25 \text{ cm}$:



Observation de l'objet à l'œil nu à la distance d_m



Observation de l'image donnée par une loupe

Par définition le grossissement de la loupe vaut :

$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

- θ : diamètre apparent de l'objet observé à la distance minimale de vision distincte ;
- θ' : diamètre apparent de l'image donnée par la loupe si l'objet est dans son plan focal objet.

Relation entre distance focale et grossissement

Diamètre apparent de l'objet observé à l'œil nu :

Dans le triangle AOB (figure de gauche ci-dessus) :

$$\theta \approx \tan \theta = \frac{AB}{AO} = \frac{AB}{d_m}$$

Diamètre apparent de l'image donnée par la loupe :

Dans le triangle $A'O'B'$ (figure de droite ci-dessus) !

$$\theta' \approx \tan \theta' = \frac{A'B'}{A'O'} = \frac{A'B'}{f'}$$

On en déduit :

$$\begin{aligned} G &= \frac{\theta'}{\theta} \\ &= \frac{A'B'}{f'} \times \frac{d_m}{AB} \\ &= \frac{d_m}{f'} \end{aligned}$$

Cette relation montre que le grossissement d'une loupe est d'autant plus élevé que sa distance focale est faible.