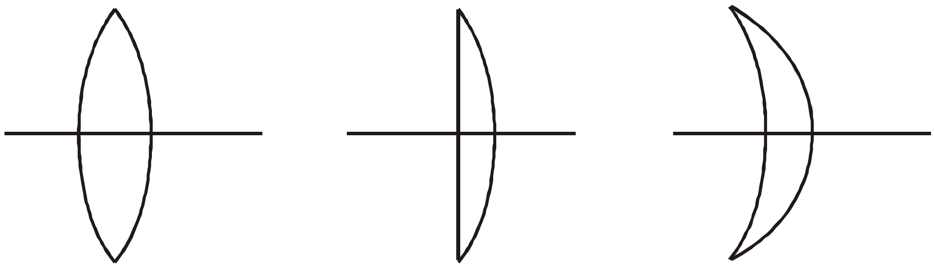
LES LENTILLES MINCES

I. GÉNÉRALITÉS

Une lentille est un milieu transparent, homogène et isotrope limité par deux dioptres sphériques ou un dioptre sphérique et un dioptre plan.

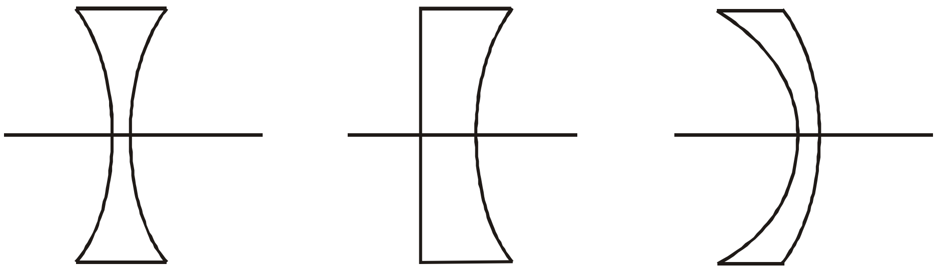
On distingue deux types de lentilles : lentilles à bords minces et lentilles à bords épais.
On verra que les lentilles à bords minces sont des lentilles convergentes alors que les lentilles à bords épais sont des lentilles divergentes.

I.1 Lentilles à bords minces (lentilles convergentes)



biconvexe plan-convexe ménisque convergent

I.2 Lentilles à bords épais (lentilles divergentes)



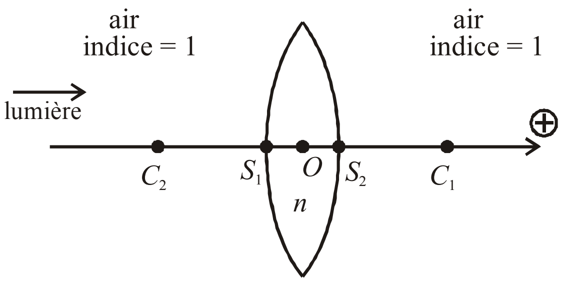
biconcave plan-concave ménisque divergent

L'axe principal de la lentille est la droite passant par les deux centres des deux dioptres ou perpendiculaire au dioptre plan et passant par le centre du dioptre sphérique.
On l'appellera par la suite **axe optique**.

II. LES LENTILLES MINCES

II.1 Définition

Une lentille mince est constituée de l'association de deux dioptres sphériques dont les sommets sont pratiquement confondus en un même point *O*. *O* s'appelle le centre optique de la lentille.
Dans la suite du cours, on étudiera exclusivement les lentilles minces que l'on appellera lentilles.



La distance S_1S_2 doit être petite devant les rayons R_1 et R_2 des dioptres. On prendra donc par la suite : $S_1 \approx S_2 \approx O$.
On rencontrera deux types de lentilles minces : biconvexe ou biconcave.
Attention : une lentille mince peut être à bords minces ou à bords épais.

II.2 Recherche de stigmatisme dans les conditions de Gauss

On a vu que le dioptre sphérique est approximativement stigmatique dans les conditions de Gauss.

La méthode générale pour trouver la formule de conjugaison d'un système optique constitué de plusieurs sous-systèmes optiques est d'écrire les formules de conjugaison permettant de passer d'un sous système à un autre sous système.

$$A \xrightarrow{\text{lentille mince}} A'$$

On introduit une **image intermédiaire A_0** :

$$A \xrightarrow{\text{dioptre 1}} A_0 \xrightarrow{\text{dioptre 2}} A'.$$

On a vu dans le chapitre les formules de conjugaison pour le dioptre sphérique.

- $\underset{\text{indice 1}}{A} \xrightarrow[\text{sommet } S_1]{\text{dioptre 1}} \underset{\text{indice } n}{A_0}$. On a donc $\dfrac{1}{\overline{S_1A}} - \dfrac{n}{\overline{S_1A_0}} = \dfrac{1-n}{\overline{S_1C_1}}$

Comme $S_1 = O$, on a : $\dfrac{1}{\overline{OA}} - \dfrac{n}{\overline{OA_0}} = \dfrac{1-n}{\overline{OC_1}}$ (eq. 1)

- $\underset{\text{indice } n}{A_0} \xrightarrow[\text{sommet } S_2]{\text{dioptre 2}} \underset{\text{indice 1}}{A'}$. On a donc $\dfrac{n}{\overline{S_2A_0}} - \dfrac{1}{\overline{S_2A'}} = \dfrac{n-1}{\overline{S_2C_2}}$

Comme $S_2 = O$, on a : $\dfrac{n}{\overline{OA_0}} - \dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{n-1}{\overline{OC_2}}$ (eq. 2)

- Il reste à faire une combinaison linéaire pour éliminer le point A_0.

– (1) – (2)

$$-\frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{OA'}} = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right)$$

On a donc une formule de conjugaison. Le point *A'* conjugué de *A* à travers la lentille est unique.

Remarque : on pourrait envisager une autre formule de conjugaison avec de l'eau au lieu de l'air.

II.3 Définition des foyers principaux - définition d'une lentille convergente et divergente

a) Foyer principal objet

On a déjà rencontré la définition du foyer principal objet pour un autre système optique : le miroir sphérique.

Un foyer principal objet, appelé foyer objet et noté *F* est un point appartenant à l'axe optique tel que son image à travers le système optique est à l'infini. Tous les rayons qui passent par *F* (ou semblent passer par *F*), traversent la lentille et sortent parallèles à l'axe optique : $F \to \infty$.

On applique la formule de conjugaison avec $F \to \infty$: $-\dfrac{1}{\overline{OF}} = (n-1)\left(\dfrac{1}{\overline{OC_1}} - \dfrac{1}{\overline{OC_2}}\right)$

On définit la distance focale objet $f = \overline{OF}$.

b) Foyer principal image

Un foyer principal image, appelé foyer image et noté *F'* est un point tel qu'un objet à l'infini situé sur l'axe optique a pour image *F'*. Tous les rayons qui viennent de l'infini, parallèles à l'axe optique, traversent la lentille et passent par *F'* (ou semblent passer par *F'*). $\infty \to F'$.

On applique la formule de conjugaison avec $\infty \to F'$: $\dfrac{1}{\overline{OF'}} = (n-1)\left(\dfrac{1}{\overline{OC_1}} - \dfrac{1}{\overline{OC_2}}\right)$

On définit la distance focale image $f' = \overline{OF'}$.

c) Vergence d'une lentille

La vergence *C* d'une lentille est définie par $C = \dfrac{1}{\overline{OF'}} = (n-1)\left(\dfrac{1}{\overline{OC_1}} - \dfrac{1}{\overline{OC_2}}\right)$.

Elle s'exprime en dioptrie. Le symbole est δ .
On remarque que la distance focale objet *f* est l'opposé de la distance focale image *f'*.
Attention : On écrit très souvent la distance focale image *f'* mais certains exercices peuvent la noter *f*.

d) Définition d'une lentille convergente et divergente

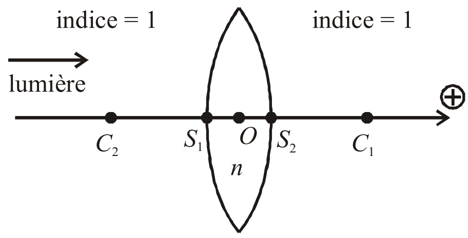
Si F est dans l'espace des objets réels et si F' est dans l'espace des images réelles alors on a une lentille convergente.
Si F est dans l'espace des objets virtuels et si F' est dans l'espace des images virtuelles alors on a une lentille divergente.

- Lentille biconvexe : On oriente l'axe dans le sens de propagation de la lumière.

  Sur le schéma, on a : $\overline{OC_1} > 0$; $\overline{OC_2} < 0$.

  D'où $\dfrac{1}{\overline{OF'}} = (n-1)\left(\dfrac{1}{\overline{OC_1}} - \dfrac{1}{\overline{OC_2}}\right) > 0$

  Le point F' se trouve donc dans l'espace des images réelles et F dans l'espace des objets réels.



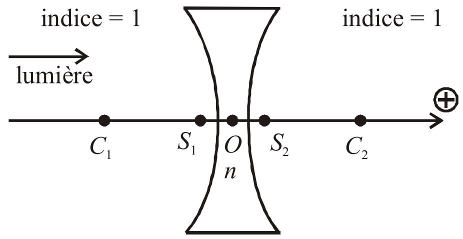
  Une lentille biconvexe est donc convergente. On retrouve le même résultat si la lumière se propage dans l'autre sens.

- Lentille biconcave : On oriente l'axe dans le sens de propagation de la lumière.

  Sur le schéma, on a : $\overline{OC_1} < 0$; $\overline{OC_2} > 0$.

  D'où $\dfrac{1}{\overline{OF'}} = (n-1)\left(\dfrac{1}{\overline{OC_1}} - \dfrac{1}{\overline{OC_2}}\right) < 0$

  Le point F' se trouve donc dans l'espace des images virtuelles et F dans l'espace des objets virtuels.



  Une lentille biconcave est donc divergente. On retrouve le même résultat si la lumière se propage dans l'autre sens.

e) Problème d'orientation de l'axe

La formule de conjugaison algébrique est valable quelque soit la nature de la lentille (convergente ou divergente) et quelle soit l'orientation de l'axe optique.

Formules de Descartes : $-\dfrac{1}{\overline{OA}} + \dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{\overline{OF'}}$ **avec** $\dfrac{1}{\overline{OF'}} = (n-1)\left(\dfrac{1}{\overline{OC_1}} - \dfrac{1}{\overline{OC_2}}\right)$

On utilise souvent la notation abrégée $f' = \overline{OF'}$ mais on suppose implicitement que l'axe optique est orienté dans le même sens que la lumière. Dans ce cas :
- **$f' > 0$ ou $C > 0$ désigne une lentille convergente**
- **$f' < 0$ ou $C < 0$ désigne une lentille divergente.**

Dans ce cas, on utilisera les formules de Descartes : $-\dfrac{1}{\overline{OA}} + \dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{f'}$

Exemple 1 (le plus courant) : Le constructeur donne $f' = 20$ cm. Il s'agit donc d'une lentille convergente.
Si la lumière se propage de la gauche vers la droite et si l'axe est orienté vers la droite, alors les formules de Descartes s'écrivent : $-\dfrac{1}{\overline{OA}} + \dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{f'} = \dfrac{1}{0,2}$

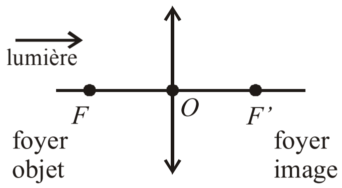
Exemple 2 : On utilise une lentille convergente de distance focale image 20 cm. Il s'agit donc d'une lentille convergente.
Si la lumière se propage de la droite vers la gauche et si l'axe est orienté vers la droite, alors les formules de Descartes s'écrivent : $-\dfrac{1}{\overline{OA}} + \dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{\overline{OF'}} = \dfrac{-1}{f'} = \dfrac{-1}{0,2}$

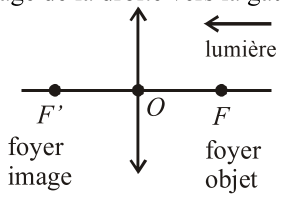
Exemple 3 (le plus courant) : Le constructeur donne $f' = -50$ cm. Il s'agit donc d'une lentille divergente.
Si la lumière se propage de la gauche vers la droite et si l'axe est orienté vers la droite, alors les formules de Descartes s'écrivent : $-\dfrac{1}{\overline{OA}} + \dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{f'} = \dfrac{1}{-0,5}$

Conclusion : en cas de doute. On utilisera les formules de Descartes $-\dfrac{1}{\overline{OA}} + \dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{\overline{OF'}}$ et bien réfléchir où se situe le point F' qui est le foyer image de la lentille.

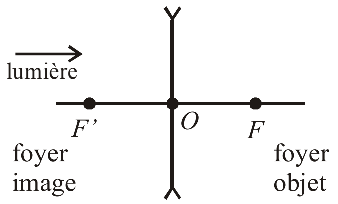
f) Convention de représentation d'une lentille

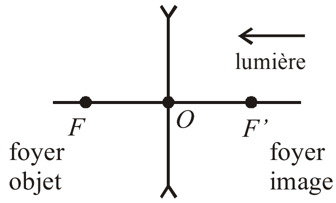
- Lentille convergente : On représentera la lentille par un trait vertical. Les deux flèches sont symboliques pour rappeler qu'elle est convergente.
  ATTENTION à bien placer les foyers objets et image. Le foyer objet est dans l'espace des objets réels et le foyer image est dans l'espace des images réelles. Si la lumière se propage de la gauche vers la droite, *F* est à gauche de la lentille alors que si la lumière se propage de la droite vers la gauche, *F* est à droite !!!





- Lentille divergente : On représentera la lentille par un trait vertical. Les deux flèches sont symboliques pour rappeler qu'elle est divergente.
  ATTENTION à bien placer les foyers objets et image. Le foyer objet est dans l'espace des objets virtuels et le foyer image est dans l'espace des images virtuelles. Si la lumière se propage de la gauche vers la droite, *F* est à droite de la lentille alors que si la lumière se propage de la droite vers la gauche, *F* est à gauche !!!





- On travaille avec des lentilles minces d'épaisseur quasi nulle. Un rayon qui passe par le centre optique n'est donc pas dévié.

II.4 Tracé des rayons lumineux

a) Règles de construction

- **Un rayon passant par le centre optique n'est pas dévié.**
- **Un rayon passant par *F* (ou semblant passer par *F*) sort parallèle à l'axe.**
- **Un rayon incident parallèle à l'axe sort en passant (ou semblant passer) par *F'*.**

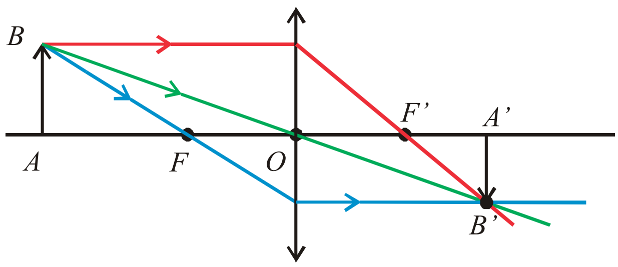
ON UTILISERA LE PLUS SOUVENT POSSIBLE UN RAYON PASSANT PAR LE CENTRE QUI N'EST PAS DÉVIÉ (voir objet à distance finie, objet à distance infinie avec $\tan\alpha$ **).**

b) Lentille convergente

b1) Objet avant *F*

$\boxed{AB \to A'B'}$

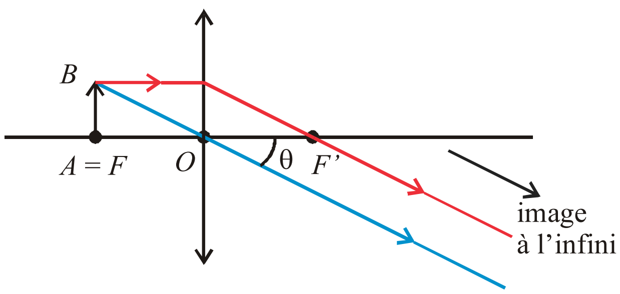
L'objet est réel. L'image est réelle, renversée et plus petite que l'objet.

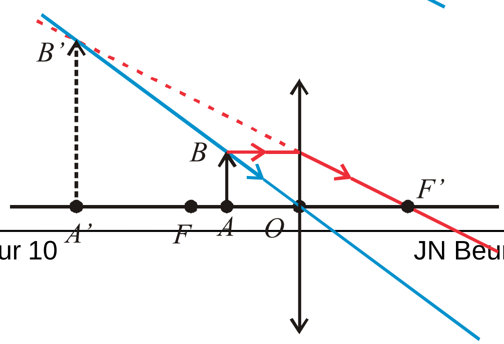


b2) Objet en *F*

$$\boxed{AB \to \begin{cases} \text{image à l'infini} \\ \text{vue sous un angle } \theta \end{cases}}$$

On a un objet réel. L'image est à l'infini. On dit qu'elle est virtuelle car on ne peut pas la projeter sur un écran. C'est le fonctionnement idéal d'une loupe.





b3)Objet situé entre *F* et *O*

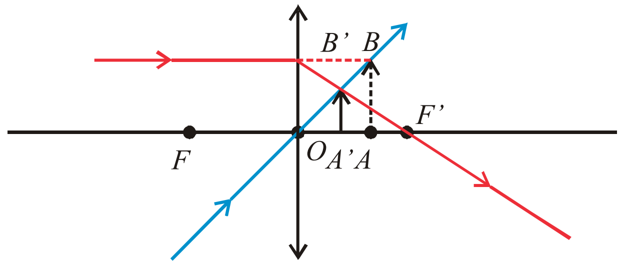
On a un objet réel. L'image est virtuelle, droite et plus grande que l'objet.
Application à un instrument d'optique bien connu : la loupe.

Il faut connaître le principe de fonctionnement d'une loupe : objet réel, image virtuelle, droite et plus grande que l'objet. Le cas idéal est l'objet situé dans le plan focal objet de la lentille. On a alors une observation sans fatigue pour l'œil. On dit que l'œil n'accommode pas (voir chapitre sur le principe de fonctionnement de l'œil).

b4) Objet virtuel

On a un objet virtuel. L'image est réelle, droite et plus petite que l'objet.

Attention à la construction. Comme on a un objet virtuel, on ne représente pas le système optique permettant de créer l'objet AB. On a donc un faisceau convergent en A. Ce faisceau est intercepté par la lentille qui le dévie. Le rayon lumineux est parallèle à l'axe et semble passer l'objet B. Il sort de la lentille en passant par le foyer image F'.

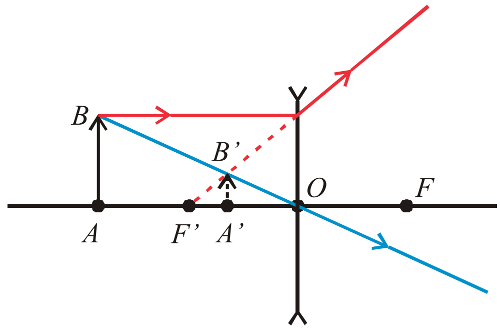


c) Lentille divergente

c1) Objet réel

On a un objet réel. L'image est virtuelle, droite et plus petite que l'objet.

$\boxed{AB \rightarrow A'B'}$

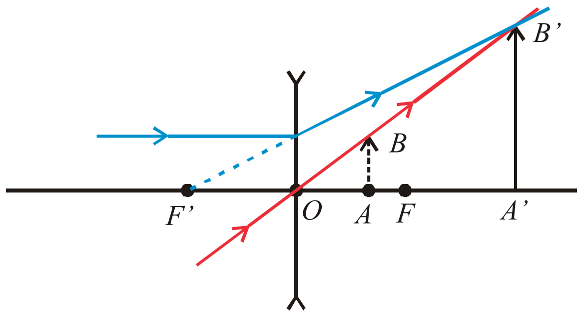


On retient que pour une lentille divergente, l'image d'un objet réel est une image virtuelle, droite et plus petite que l'objet. Cette méthode sera utilisée en TP pour reconnaître rapidement la nature d'une lentille. Une lentille divergente rapetisse un objet réel alors qu'une lentille convergente utilisée en loupe grossit un objet réel.

c2) Objet virtuel situé entre *O* et *F*

On a un objet virtuel. L'image est réelle, droite et plus grande que l'objet.

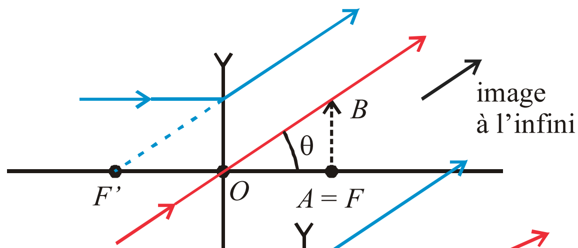
$\boxed{AB \rightarrow A'B'}$



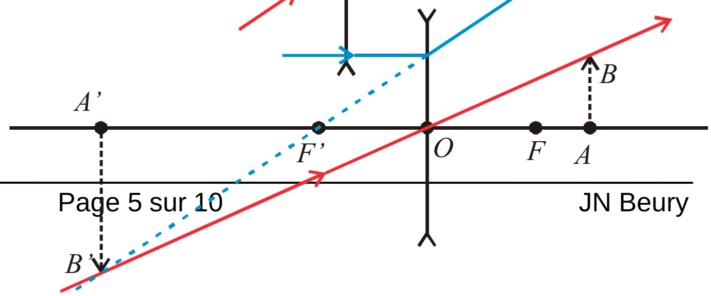
c3) Objet en *F*

$$\boxed{AB \rightarrow \begin{cases}\text{image à l'infini}\\ \text{vue sous un angle } \theta\end{cases}}$$

On a un objet virtuel. L'image est à l'infini. On dit qu'elle est virtuelle car on ne peut pas la projeter sur un écran.



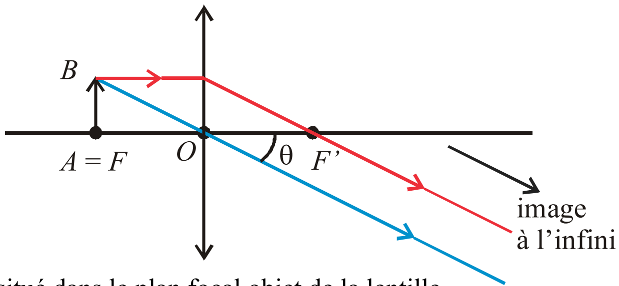
c4) Objet virtuel situé après *F*



On a un objet virtuel. L'image est virtuelle, renversée et plus grande que l'objet.

<u>II.5 Définition du foyer secondaire objet, foyer secondaire image. Tracé d'un rayon quelconque</u>

<u>a) Foyer principal objet, foyer secondaire objet</u>



On a un objet AB situé dans le plan focal objet de la lentille.

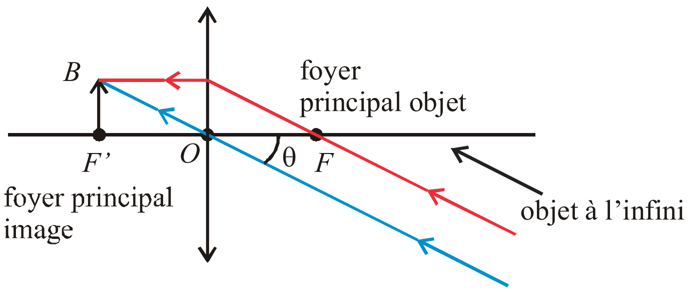
Le point A ou F est appelé foyer principal objet. Par abus de langage, on dit foyer objet.
Le point B est appelé foyer secondaire objet.

On a vu que l'image de F est l'infini. Plus précisément, tous les rayons passant par F, traversent la lentille et sortent parallèles à l'axe optique.
L'image de B est une image à l'infini vue sous un angle θ. Plus précisément, tous les rayons passant par B et traversant la lentille, sortent parallèles entre eux et font un angle θ avec l'horizontale.

<u>b) Foyer principal image, foyer secondaire image</u>

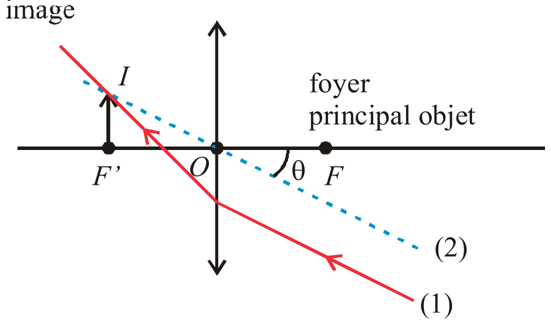
Si on applique le principe de retour inverse de la lumière à la figure précédente, tous les rayons faisant un angle θ par rapport à l'horizontale, traversent la lentille en passant par le point B qui est appelé foyer secondaire image correspondant à l'inclinaison θ.

Attention : cette construction est intéressante car la lumière se propage de la gauche vers la droite. Le foyer principal objet est dans l'espace des objets réels puisqu'on a une lentille convergente. Il est à droite de la lentille. On le note habituellement F. Le foyer principal image est dans l'espace des images réelles, c'est-à-dire à gauche de la lentille.



Le point B est donc l'intersection du rayon lumineux passant par le centre (qui n'est pas dévié) avec le plan focal image de la lentille. Ce point est appelé foyer secondaire image correspondant à l'inclinaison θ.
Le point F' est le foyer principal objet de la lentille.

c) Tracé d'un rayon quelconque
Soit un rayon lumineux (noté 1) quelconque arrivant sur la lentille. Comment traverse-t-il la lentille ?



Méthode pour tracer un RAYON LUMINEUX QUELCONQUE :

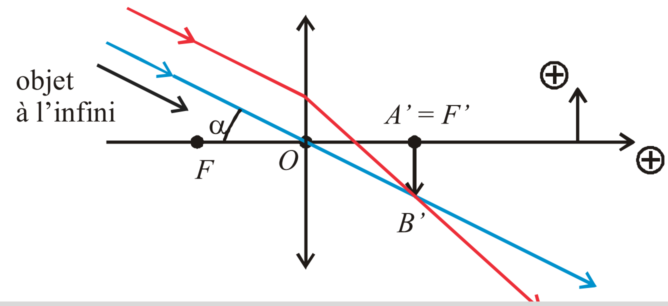
- **On trace un rayon lumineux (noté 2) parallèle à ce rayon 1 passant par le centre. Ce rayon est tracé en pointillés car c'est un intermédiaire de construction. Le rayon 2 n'est pas dévié.**
- **On cherche l'intersection du rayon 2 avec le plan focal image de la lentille. Le point *I* est appelé foyer secondaire image.**
- **Le rayon 1 traverse la lentille en passant (ou semblant passer) par le foyer secondaire image.**

II.6 Objet à l'infini

- Voir cours sur les miroirs sphériques pour bien comprendre le passage à la limite pour passer d'un objet à distance finie à un objet à l'infini.
- Notion d'objet à l'infini vu sous un angle α .

Quelle est l'image d'un objet à l'infini vu sous un angle α ?
On représente uniquement des rayons faisant un angle α par rapport à l'horizontale. On écrira :
Objet à l'infini vu sous un angle α $\rightarrow A'B'$ avec $A' = F'$ = foyer principal image et B' = foyer secondaire image.
Pour trouver graphiquement le point B', il suffit de tracer un rayon faisant un angle α par rapport à l'horizontale et passant par le centre. Ce rayon n'étant pas dévié, B' est l'intersection de ce rayon avec le plan focal image de la lentille. On en déduit la taille de l'image $A'B'$ avec la relation : $\tan\alpha \approx \alpha = \dfrac{A'B'}{f'}$.

$$\left\{\begin{array}{l}\text{objet à l'infini}\\ \text{vu sous un angle } \alpha\end{array}\right. \rightarrow A'B'$$

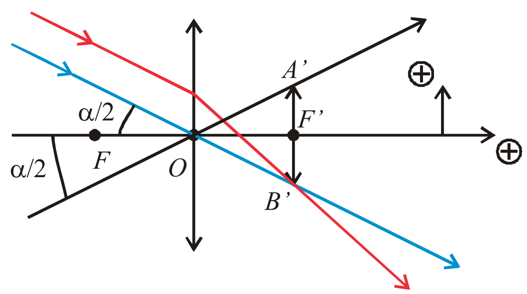


Il est très important de ne pas représenter un rayon parallèle à l'axe, sinon on est ramené à étudier un objet situé à distance finie.

- On a donc deux types d'objets pour les représentations sur les schémas : objet AB à distance finie et objet à l'infini vu sous un angle α .

Remarque : On peut considérer un objet centré sur l'axe optique. Dans ce cas, on représente un rayon faisant un angle $\dfrac{\alpha}{2}$ *par rapport à l'horizontale.*

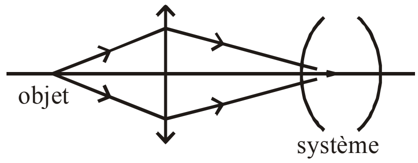
On a alors : $\tan\dfrac{\alpha}{2} = \dfrac{\alpha}{2} = \dfrac{A'B'}{2f'}$



II.7 Utilisation des lentilles dans les montages

a) Comment créer un objet virtuel

L'objet virtuel pour un système est l'image réelle par une lentille convergente d'un objet réel.

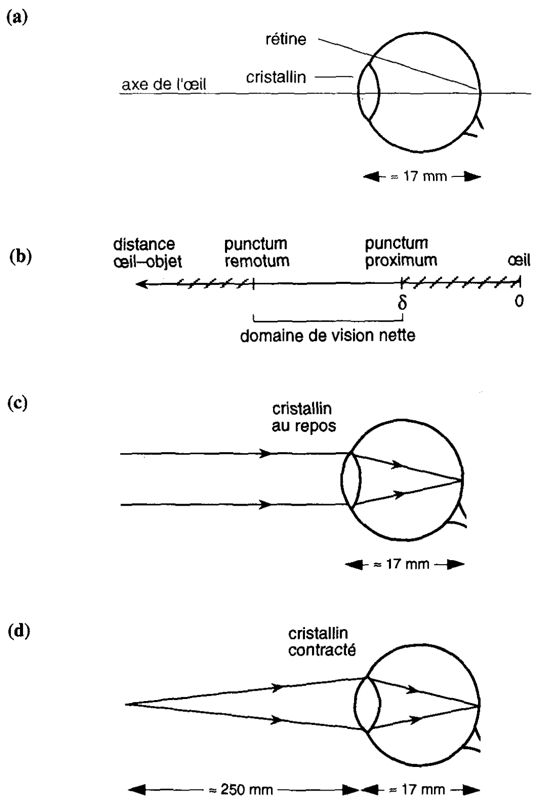


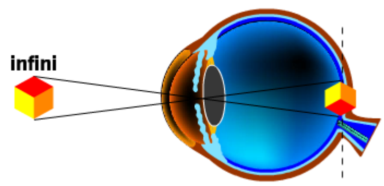
b) Un modèle simple de l'œil

L'œil peut être considéré en première approximation comme constitué d'une lentille – le cristallin – situé à une distance fixe (17 mm) d'une surface sensible – la rétine.

L'œil *normal* (œil emmétrope) au repos ne voit que les objets situés à l'infini (*punctum remotum*) : la distance focale du cristallin est alors égale à 17 mm. Lorsque l'objet se rapproche, la distance cristallin-rétine étant fixe, le cristallin augmente sa convergence par un jeu de muscles pour maintenir une image nette. Cette augmentation de convergence est limitée et on note δ la distance à l'œil du point le plus proche que l'on peut voir (*punctum proximum*). La distance δ varie beaucoup avec l'âge : quelques centimètres pour un enfant, quelques dizaines de centimètres pour un adulte, plus d'un mètre pour les personnes âgées. Pour l'œil standard, on prend δ = 25 cm.

http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/cortial/bibliohtml/oeilac_j.html
http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/optiqueGeo/instruments/correction.html
http://www.uel.education.fr/consultation/reference/physique/optigeo/menumodule/menusimuler/index_bas.htm





Principales propriétés de l'œil.
(a) Schématisation. (b) Définition des punctums.
(c) Œil n'accommodant pas. (d) Œil accommodant au maximum.

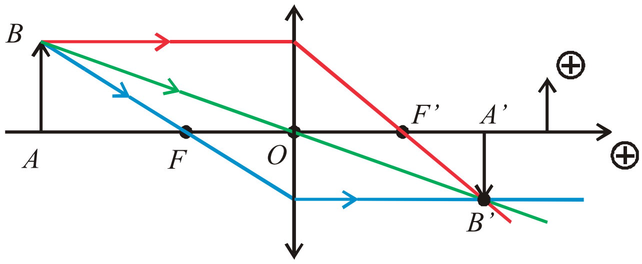
Les principaux défauts de la vision sont les suivants :

- **la presbytie** : c'est une réduction avec l'âge de l'amplitude d'accommodation, due à la perte de souplesse du cristallin. Le *punctum proximum* s'éloigne, alors que le *punctum remotum*, correspondant à l'œil au repos, est inchangé ;
- **la myopie** : c'est un décalage simultané du *punctum proximum* et du *punctum remotum* vers les courtes distances, sans changement de l'amplitude d'accommodation. Elle se compense à l'aide de lentilles divergentes ;
- **l'hypermétropie** : c'est un décalage du *punctum proximum* et du *punctum remotum* vers les grandes distances, sans changement de l'amplitude d'accommodation. Elle se compense à l'aide de lentilles convergentes ;
- **l'astigmatisme** : l'œil n'a pas la symétrie de révolution autour de son axe. Il n'y a pas de stigmatisme approché : un point sur l'axe apparaît comme une tâche lumineuse allongée. On le corrige en utilisant des lentilles cylindriques.

II.8 BILAN des formules de conjugaison des lentilles minces

Les formules de conjugaison avec l'origine au centre optique (formules de Descartes) et les formules de Newton sont valables pour tout type de lentille mince (convergente ou divergente) et quelque soit la position de l'objet à condition de travailler dans les conditions de Gauss.

a) Origine en O – Formules de Descartes



On a démontré au paragraphe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** que $-\frac{1}{\overline{OA}}+\frac{1}{\overline{OA'}}=\frac{1}{\overline{OF'}}$.

D'après le théorème de Thalès, on a $\frac{A'B'}{AB}=\frac{OA'}{OA}$. Pour écrire cette relation en grandeurs algébriques, il suffit de regarder les signes des différentes grandeurs algébriques sur un schéma. Ici, $\overline{OA}<0$, $\overline{OA'}>0$ et $\gamma<0$, d'où le signe + à rajouter dans la formule pour l'écrire en grandeurs algébriques.

Formules de Descartes : $-\frac{1}{\overline{OA}}+\frac{1}{\overline{OA'}}=\frac{1}{\overline{OF'}}$ **(valable dans les conditions de Gauss)**

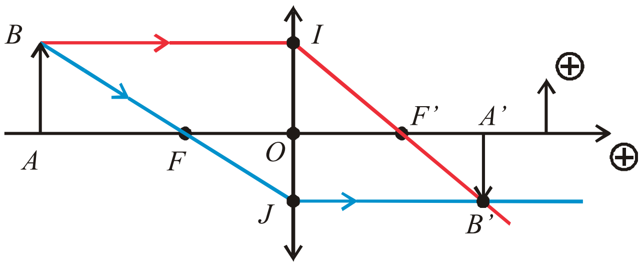
$$\gamma=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

Ces formules sont à connaître par cœur.
***F'* désigne le foyer image de la lentille. Pour une lentille convergente, *F'* est dans l'espace des images réelles alors que pour une lentille divergente, *F'* est dans l'espace des images virtuelles.**

Si l'orientation de l'axe optique est le même que le sens de la lumière, on écrira : $-\frac{1}{\overline{OA}}+\frac{1}{\overline{OA'}}=\frac{1}{f'}$

***f'* est par définition positif pour une lentille convergente.**
***f'* est par définition négatif pour une lentille divergente.**

b) Origine en F et F' – Formules de Newton et démonstration géométrique



Pour démontrer géométriquement les formules de Newton, la méthode est de tracer deux rayons lumineux : un passant par le foyer objet et un autre passant par le foyer image. Il suffit de calculer le grandissement de deux façons et on en déduit les formules de Newton.
On utilisera la même méthode pour les formules de Newton avec les lentilles.

On applique deux fois le théorème de Thalès :

- $\gamma=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=\frac{\overline{OJ}}{\overline{AB}}=\frac{f'}{\overline{FA}}$
- $\gamma=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{OI}}=\frac{\overline{F'A'}}{-f'}$

Formule de Newton : $\overline{FA}\cdot\overline{F'A'}=-f'^2$ **(valable dans les conditions de Gauss)**

$$\gamma=\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=\frac{f'}{\overline{FA}}=-\frac{\overline{F'A'}}{f'}$$

Ces formules sont à connaître par cœur.
Attention : dans cette formule *F* désigne le foyer objet et *F'* le foyer image.
En question de cours, on peut demander la démonstration des formules de Descartes à partir des formules de conjugaison du dioptre sphérique ou à partir des formules de Newton (démonstration géométrique) et application des relations de Chasles (voir ci-dessous).

Comment en déduire les formules de Descartes à partir des formules de Newton ?

Il suffit d'appliquer deux fois la relation de Chasles en faisant intervenir le point *O*.

$$\left(\overline{FO}+\overline{OA}\right)\cdot\left(\overline{F'O}+\overline{OA'}\right)=-f'^2$$

En développant, on a : $\cancel{-f'^2}+f'\overline{OA'}-f'\overline{OA}+\overline{OA}\cdot\overline{OA'}=\cancel{-f'^2}$

Il reste à diviser par $f'\cdot\overline{OA}\cdot\overline{OA'}$. D'où $\frac{1}{\overline{OA}}-\frac{1}{\overline{OA'}}+\frac{1}{f'}=0$, d'où $\boxed{-\frac{1}{\overline{OA}}+\frac{1}{\overline{OA'}}=\frac{1}{f'}}$.

II.9 Méthodes pour résoudre les exercices d'optique géométrique

1) Présenter l'exercice en écrivant par exemple

$AB \to A_0B_0 \to A'B'$ ou $\begin{pmatrix}\text{objet à l'infini}\\ \text{vu sous un angle } \alpha\end{pmatrix} \xrightarrow{M_1} A_0B_0 \xrightarrow{M_2} A'B'$.

2) Si l'énoncé le demande, faire une construction géométrique

3) Comment appliquer les formules de conjugaison dans les exercices ?

Si l'énoncé ne demande pas explicitement une construction géométrique, il faudra au moins tracer l'axe optique, **placer les points *O*, *F* et *F'*** (attention à bien les placer pour une lentille divergente). Il faut **orienter arbitrairement l'axe horizontal et l'axe vertical** et éventuellement les angles.

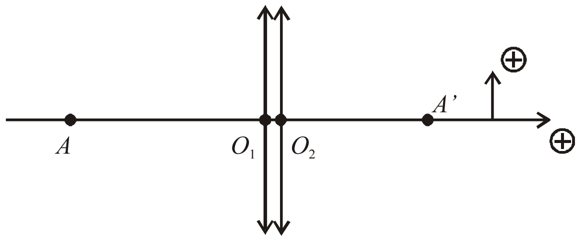
Tous les calculs seront faits *a priori* dans les **conditions de Gauss**. 1 degré = 60 minutes (1° = 60').

- Pour des **objets et des images à distance finie**, on utilisera les formules de conjugaison et les formules du grandissement vues précédemment. Souvent, on utilise les formules de Newton. Les formules de Descartes sont à privilégier si le point O joue un rôle privilégié dans l'exercice.
- Pour un **objet ou une image à l'infini**, il faudra représenter un **rayon lumineux passant par *O* faisant un angle** α avec l'horizontale et travailler dans le triangle rectangle en O et calculer $\tan\alpha \approx \alpha = \ldots$ avec α en radians.

II.10 Application importante : Vergence de deux lentilles minces accolées

On considère l'association de deux lentilles minces accolées :

$O_1 = O_2 = O$.



système optique = $\{L_1 + L_2\}$

$AB \xrightarrow{\text{système optique}} A'B'$

Pour trouver la formule de conjugaison entre A et A', on écrit : $AB \xrightarrow{L_1} A_0B_0 \xrightarrow{L_2} A'B'$.

Il faut appliquer les formules de Descartes car le point O joue un rôle important dans l'exercice.

On oriente l'axe optique dans le sens de propagation de la lumière.

$$-\frac{1}{\overline{OA}}+\frac{1}{\overline{OA_0}}=\frac{1}{f'_1}\ (1)\quad \text{et} \quad -\frac{1}{\overline{OA_0}}+\frac{1}{\overline{OA'}}=\frac{1}{f'_2}\ (2)$$

Pour éliminer le point A_0, il suffit de faire la somme (1) + (2).

On en déduit : $-\frac{1}{\overline{OA}}+\frac{1}{\overline{OA'}}=\frac{1}{f'_1}+\frac{1}{f'_2}$

On a les mêmes formules de conjugaison qu'une lentille de centre optique O.

L'association de deux lentilles minces accolées est équivalente à une lentille de centre optique *O* et de vergence $C = C_1 + C_2$.

Remarque : on ne peut pas généraliser ce résultat si les deux lentilles ne sont pas accolées !