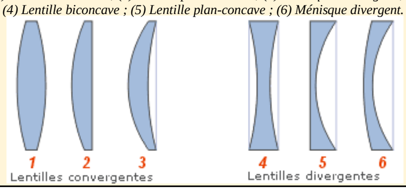
Chapitre 1
Formation des images – Vision humaine.

Prérequis : _savoir utiliser le **modèle du rayon lumineux**.
_savoir énoncer et utiliser les **lois de Snell-Descartes** de la **réflexion** et de la **réfraction**.

Objectifs : _connaître la définition de la **distance focale** et de la **vergence** d'une lentille ou d'un miroir.
_savoir construire la **marche d'un faisceau lumineux** issu d'un **point source objet**.
_savoir déterminer par construction à l'échelle, les **caractéristiques** d'un **objet** ou d'une **image**.

Différent type de lentilles otiques :
(1) Lentille biconvexe ; (2) Lentille plan-convexe ; (3) Ménisque convergent ;
(4) Lentille biconcave ; (5) Lentille plan-concave ; (6) Ménisque divergent.



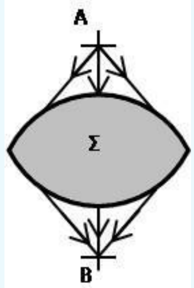
Un *rayon* traversant un ***milieu homogène***, est représenté par une ***droite***.

Le cristallin de l'œil a inspiré les hommes pour créer des lentilles optiques capables de former des images nettes d'objets.

Les ***lentilles*** et la plupart des ***interfaces optiques*** portent le nom de « ***dioptre*** » (*deux milieux*).

I. Qu'appelle-t-on objet ou image ?

Schéma en stigmatisme rigoureux :
point objet (A) – système optique (Σ) et point image (B).



1. Les objets

Un ***point objet*** émet des ***rayons lumineux***.
Un ***objet*** est formé par ***plusieurs points objets***.

2. Les images

L'***image*** d'un ***point objet*** par un *système optique*, à *stigmatisme rigoureux*, est un ***point image***.

Il est situé à l'intersection des rayons qui émergent du système optique et qui proviennent du point objet.

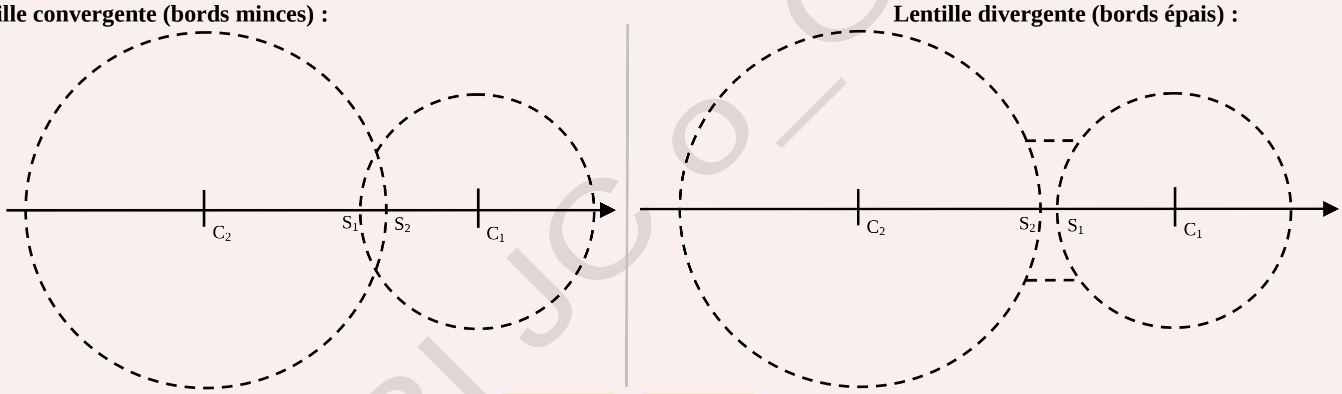
L'***image*** d'un objet est formée par l'***ensemble des points images*** de l'***ensemble des points objets***.

II. Construction, schématisation et caractéristiques des lentilles.

1. Courbures des surfaces : Rayons de courbures

*La **forme d'une lentille** est donnée par les **rayons de courbure** de **deux sphères** de rayon (**R_1**) et (**R_2**).*

Lentille convergente (bords minces) : **Lentille divergente (bords épais) :**



Les *rayons* (R_1) et (R_2) sont des ***grandeurs algébriques*** : $R_1 = \overline{S_1C_1}$ et $R_2 = \overline{S_2C_2}$

Des ***rayons lumineux parallèles entre eux*** convergent au ***plan focal de la lentille*** de ***focale*** (*f'*) : $f' = \frac{R_1.R_2}{(n-1).(R_2-R_1)}$

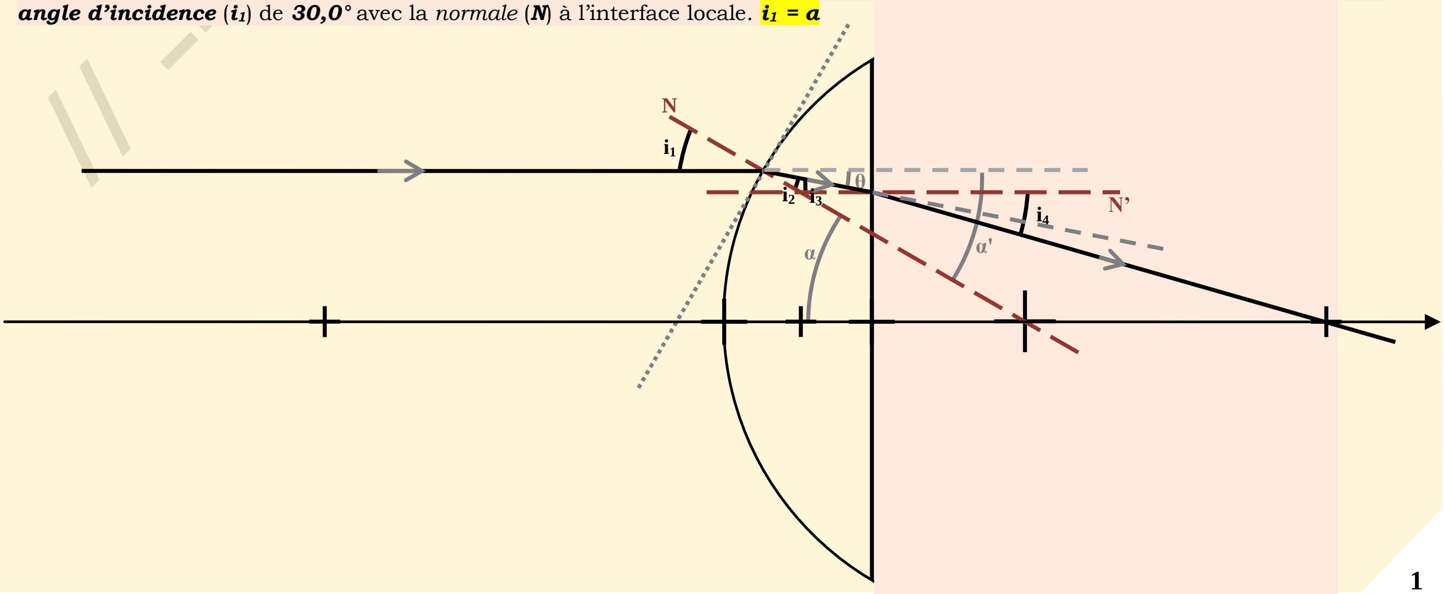
Une ***lentille*** est constituée d'un ***matériau transparent***, limité par ***deux faces*** (**2 *dioptres***) dont *l'une, au moins,* est ***courbe***.

2. Trajet d'un rayon lumineux : Réfraction et schématisation d'une lentille

Le ***rayon lumineux*** obéit à chaque *interface* à la ***loi de Snell-Descartes*** : $n_1.sini_1 = n_2.sini_2$

*Soit une lentille mince convergente en verre dont l'**indice optique** est :* ***n_2 = 1,50*** *[-]*

A l'aide des questions suivantes, tracez le ***trajet du rayon lumineux*** : le rayon incident en (I) est parallèle à l'axe optique et fait un ***angle d'incidence*** (***i_1***) de ***30,0°*** avec la *normale* (***N***) à l'interface locale. ***i_1 = a***



o Déterminez le ***premier angle de réfraction*** (**i_2**).

Le premier angle (i_2) de réfraction se calcule à partir de la loi de Snell-Descartes : $n_1.sini_1 = n_2.sini_2$ ⇔ $sini_2 = \frac{n_1.sini_1}{n_2}$

⇔ $i_2 = sin^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2}.sini_1\right)$; A.N. : $i_2 = sin^{-1}\left(\frac{1,00}{1,50}.sin30\right)$ ⇒ $i_2 = sin^{-1}\left(\frac{1,00}{1,50}.0,5\right)$⇒$i_2 = sin^{-1}\left(\frac{1}{3}\right)$

⇒ $i_2 = 19,5\,°$ le rayon lumineux se rapproche de la normale (N).

o Déterminez le ***deuxième angle d'incidence*** (**i_3**).

Le deuxième angle (i_3) d'incidence est : $i_3 = \theta$ car ils sont alterne-internes ; et de même $\alpha = \alpha'$. Or : $\theta = \alpha' - i_2$

⇒ $\theta = 30,0 - 19,5$ ⇒ $i_3 = \theta = 10,5°$

o Déterminez le ***deuxième angle de réfraction*** (**i_4**).

Le deuxième angle (i_4) de réfraction se calcule à partir de la loi de Snell-Descartes : $n_3.sini_3 = n_4.sini_4$ ⇔ $sini_4 = \frac{n_3.sini_3}{n_4}$

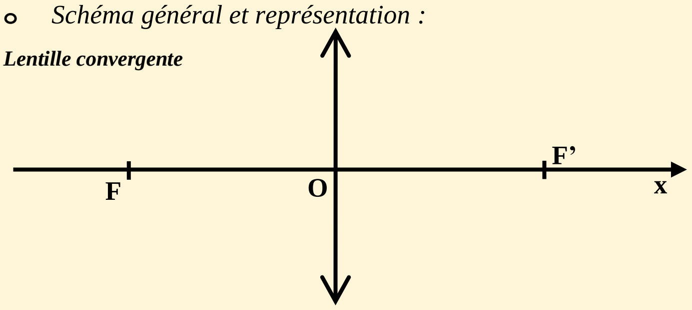
⇔ $i_4 = sin^{-1}\left(\frac{n_3}{n_4}.sini_3\right)$; A.N. : $i_4 = sin^{-1}\left(\frac{1,50}{1,00}.sin10,5\right)$ ⇒ $i_4 = sin^{-1}\left(\frac{1,50}{1,00}.0,182\right)$ ⇒ $i_4 = sin^{-1}(0,273)$

⇒ $i_4 = 15,9\,°$ le rayon lumineux s'éloigne de la normale (N').

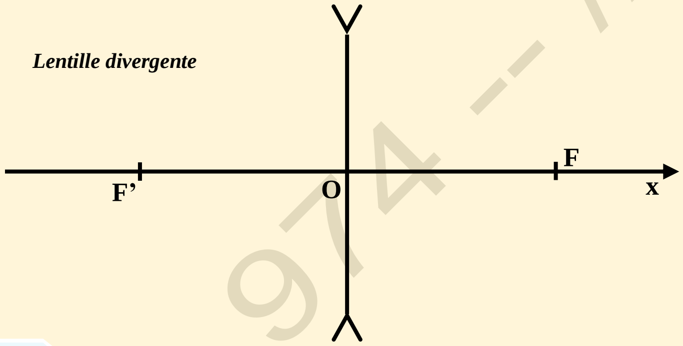
Le rayon lumineux émergent passe par le ***point focal image*** (***F'***). Ajoutez le point sur le ***schéma***.

o *Schéma général et représentation :*

Lentille convergente



Lentille divergente



3. Caractéristiques et points remarquables

o ***Points remarquables :***

Le ***centre optique*** d'une lentille est noté en général (***O***). Les ***rayons lumineux*** passant par le *centre optique* ne sont ***pas déviés***.

On appelle ***axe optique*** (***Ox***) la droite perpendiculaire au plan de la lentille passant par le *centre optique* (*O*).

Le ***foyer image*** de la lentille est le point (***F'***) de l'axe optique, tel qu'à tout ***rayon incident parallèle à l'axe optique*** est associé un ***rayon émergent passant par (F')***.
Le ***foyer objet*** de la lentille est le point (***F***) de l'axe optique, tel qu'à tout ***rayon incident passant par (F)*** est associé un ***rayon émergent parallèle à l'axe optique***.

o ***Focale et vergence :***

La ***focale*** (***f'***) d'une lentille est la ***distance*** ($\overline{OF'}$) : $\overline{OF'} = -\overline{OF}$ ⇔ $f' = -f$ [*m*]

La ***vergence*** (***C***) d'une lentille est définie par $C = \frac{1}{f'}$. Elle s'exprime en ***dioptrie*** [δ] = [m^{-1}].

La vergence permet de simplifier l'écriture de certains calculs et d'adopter un vocabulaire plus simple quand à l'efficacité de la déviation par la lentille des rayons lumineux incidents.

Le ***plan focal image*** (*objet*) est ***perpendiculaire*** à l'axe optique et contient le ***foyer image*** (***F'***) (*objet (F)*).

Le plan focal image est l'image d'un plan objet situé à l'infini en amont et perpendiculaire à l'axe optique.

o ***Relation objet-image :***

L'***image*** d'un ***objet plan perpendiculaire à l'axe optique*** (Δ) est également ***plane et perpendiculaire*** à (Δ).

L'image d'un point objet situé à l'infini sur l'axe optique se forme en F'. L'image d'un point objet situé à l'infini en dehors de l'axe optique se forme dans le plan focal image.

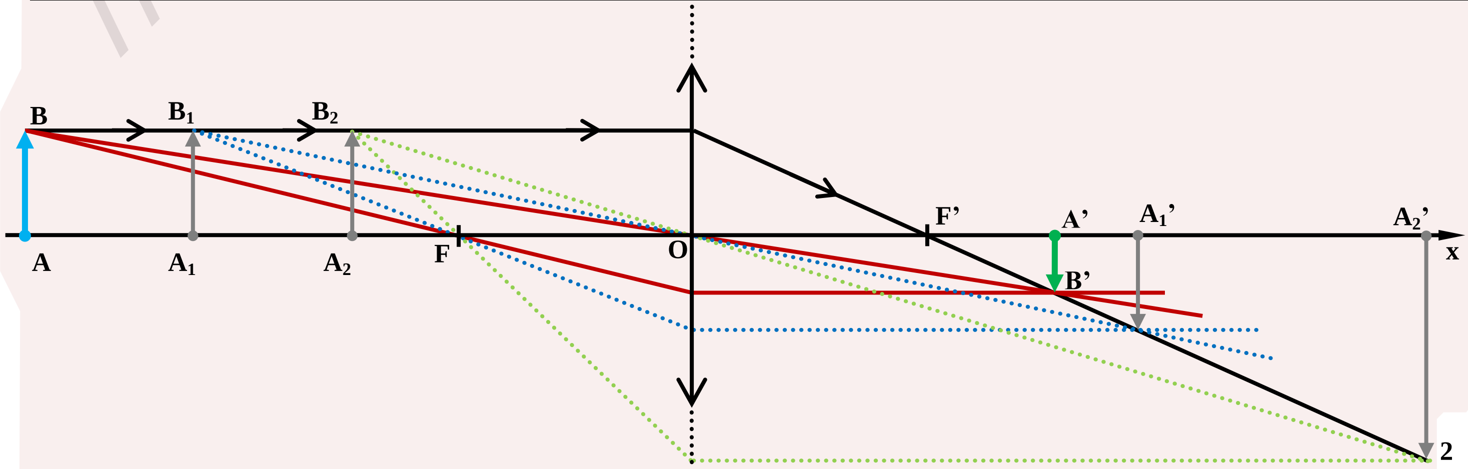
L'***image*** d'un ***objet*** subit un ***grandissement algébrique*** (γ). L'***image*** peut être ***réelle*** ou ***virtuelle***.

III. Construction et caractéristiques des images.

1. Construction géométrique d'une image

a) *L'objet (AB) est en amont du plan focal objet de la lentille.*

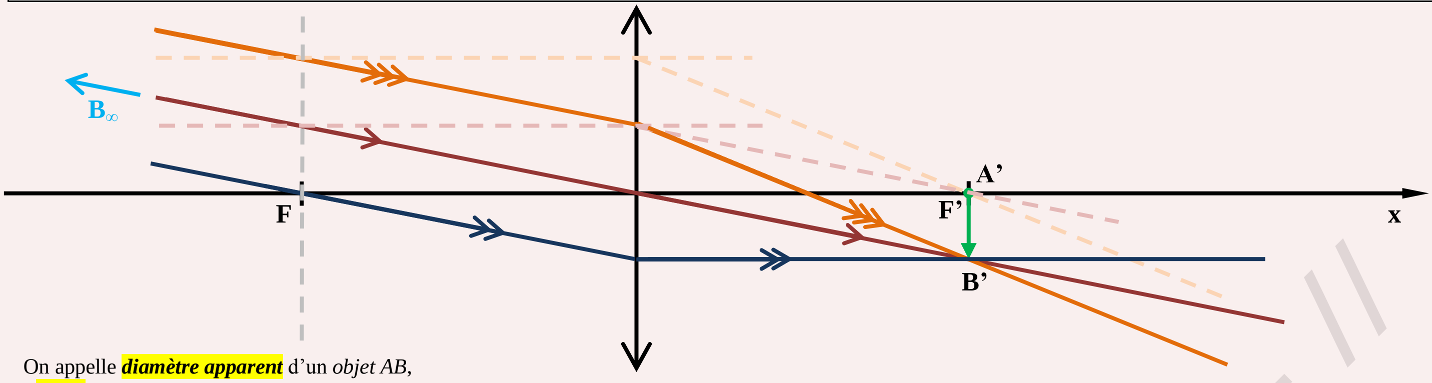
On trace la marche de ***deux rayons*** particuliers issus de (B), le résultat étant confirmé par un ***troisième*** : un premier rayon passe par le ***centre optique*** (***O***) de la lentille, un deuxième est ***parallèle à l'axe optique*** et le troisième ***passe par*** (***F***).
L'image ***réelle*** (*virtuelle*) ($\overline{A'B'}$) est située ***en aval***(*en amont*) de la lentille.



b) *L'objet (AB) est à l'infini.*

Un objet à l'infini est vu sous un angle très petit. Cela signifie que deux rayons issus de l'objet et parvenant à l'observateur font, entre eux, un angle faible ; si faible que les rayons pourront être considérés comme parallèles.

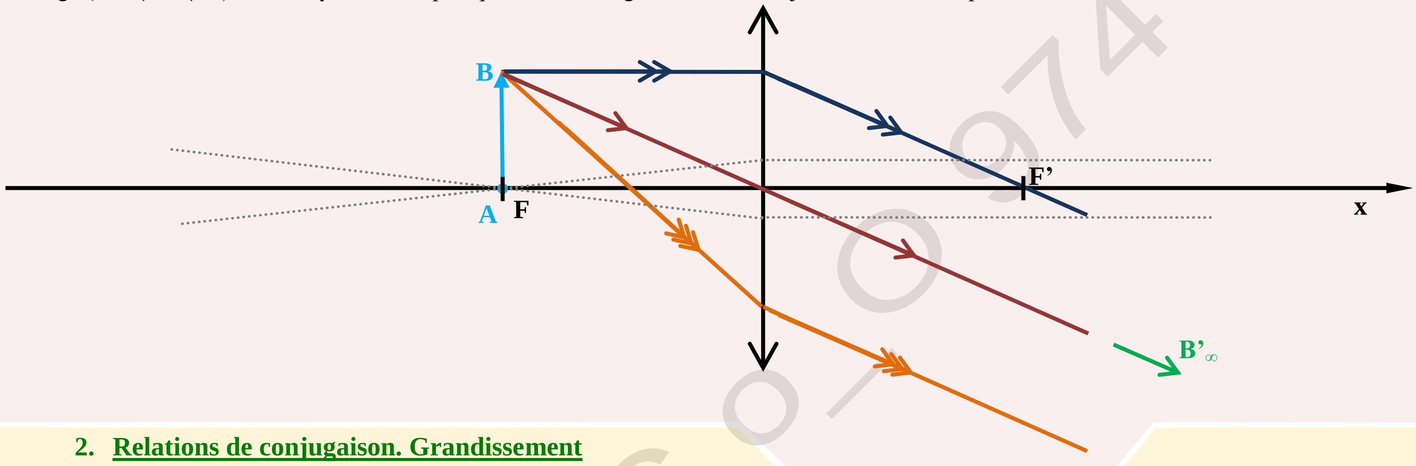
Les **rayons** issus du ***point*** (*A*) ***objet*** sont ***parallèles à l'axe optique*** et ceux issus du ***point*** (***B***) ***objet*** sont ***parallèles entre eux*** et font un ***angle*** (θ) avec l'***axe optique*** (***Ox***).



On appelle **diamètre apparent** d'un *objet AB*, l'***angle*** (θ) sous lequel on voit cet objet.

c) *L'objet (AB) est dans le plan focal objet.*

L'image (***A'B'***) de (*AB*) est à l'***infini*** ; on ne peut pas faire d'image nette de cet objet si l'écran n'est pas à l'infini.



2. Relations de conjugaison. Grandissement

a) *Les relations de conjugaison de Descartes et de Newton.*

Relation de conjugaison **de Descartes** : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} = C$ [m^{-1}]

Démontrez à l'aide de la *première construction géométrique* (AB en-deçà du plan focal objet) et d'une ***relation trigonométrique*** simple la ***relation de Descartes*** :

On vérifie par le ***théorème de Thales*** les relations : $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}}$ [-]

Soit : $\frac{\overline{FO}}{\overline{FA}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}} \Leftrightarrow \frac{\overline{FO}}{\overline{FO}+\overline{OA}} = \frac{\overline{F'O}+\overline{OA'}}{\overline{F'O}} \Leftrightarrow \frac{-f}{-f+\overline{OA}} = \frac{-f'+\overline{OA'}}{-f'} \Leftrightarrow \frac{f'}{f'+\overline{OA}} = \frac{-f'+\overline{OA'}}{-f'}$

$\Leftrightarrow f'^2 = -(f'+\overline{OA}).(-f'+\overline{OA'}) \Leftrightarrow f'^2 = (-\overline{OA}-f').(\overline{OA'}-f')$

$\Leftrightarrow f'^2 = -\overline{OA}.\overline{OA'} + f'^2 + \overline{OA}.f' - \overline{OA'}.f' \Leftrightarrow \overline{OA}.\overline{OA'} = \overline{OA}.f' - \overline{OA'}.f'$

$\Leftrightarrow \frac{\overline{OA}.\overline{OA'}}{\overline{OA}.\overline{OA'}} = \frac{\overline{OA}.f' - \overline{OA'}.f'}{\overline{OA}.\overline{OA'}} \Leftrightarrow 1 = \frac{f'}{\overline{OA'}} - \frac{f'}{\overline{OA}} \Leftrightarrow \frac{1}{f'} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$ [m^{-1}] C.Q.F.D.

Relation de conjugaison **de Newton** :

$$\overline{FA}.\overline{F'A'} = -f^2$$

Les *conditions de Gauss* – conditions pour pouvoir appliquer les lois précédentes :
- La ***lentille*** doit être ***diaphragmée*** : seule sa ***partie voisine de l'axe optique*** sera utilisée.
- L'***objet*** doit être vu par la lentille sous un ***angle*** (θ) "***petit***" et doit être situé *au plus proche* de l'***axe optique***.

Les ***rayons lumineux*** obéissent aux ***lois de conjugaison*** si l'***angle*** qu'ils font avec l'axe optique est ***petit*** : les rayons sont dits ***paraxiaux***.

Ces précautions assurent une image précise de l'objet. En pratique, pour respecter ces conditions, il faut s'assurer du bon alignement des éléments optiques du montage : objet, lentille, diaphragme, écran…

b) *Le grandissement. (γ)*

Le ***grandissement*** (γ) [-] est le ***rapport des grandeurs algébriques*** [*m*] de l'image $\overline{A'B'}$ et de l'objet $\overline{AB}$.

On applique le ***théorème de Thalès*** à la représentation géométrique : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

$\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$ sont les ***grandeurs algébriques*** qui définissent les positions de l'image et de l'objet.
Pour des "*lentilles*" formées de plusieurs lentilles, le ***grandissement*** (γ) est égal au produit des grandissements (γ_i) des lentilles (***i***).

Exemple avec un ***doublet accolé*** : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ et $\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}$ et $\gamma_2 = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}}$; Soit : $\gamma = \gamma_1.\gamma_2$ [-].

IV. Formation des images dans l'œil – Accommodation – Correction de vue.

Rappels - Définitions :

La ***formation des images*** par les lentilles dépend de la ***loi de Descartes*** $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$ [m^{-1}].

L'***accommodation*** de l'œil, par la *déformation du cristallin* via des muscles de l'œil, est une ***mise au point*** pour rendre l'image de l'objet nette sur la *rétine*.

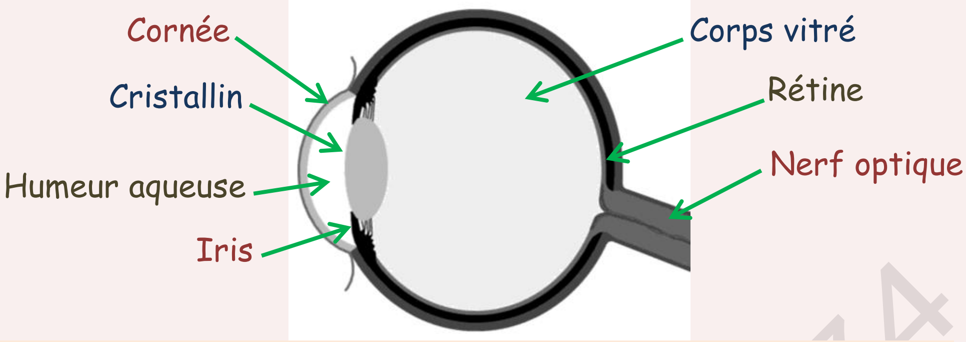
Le ***ponctum remotum*** (**P.R.**) est le *point le plus lointain* visible *de façon nette* par une personne.

Le ***ponctum proximum*** (**P.P.**) est le *point le plus proche* visible *de façon nette* par une personne.

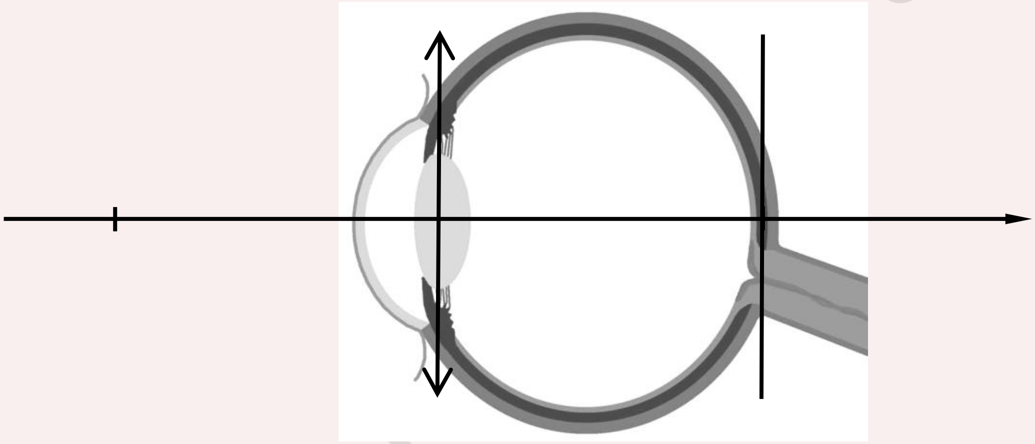
La ***vergence*** (***C***) de la lentille équivalente à ***2 lentilles accolées*** *(cote-à-cote)* et la ***somme des vergences*** : $C = C_1 + C_2$ [δ]

1. Schématisation de l'œil

- Légendez le schéma par les termes suivants : *la cornée, le cristallin, l'iris, la rétine, le nerf optique, le corps vitré, l'humeur aqueuse.*



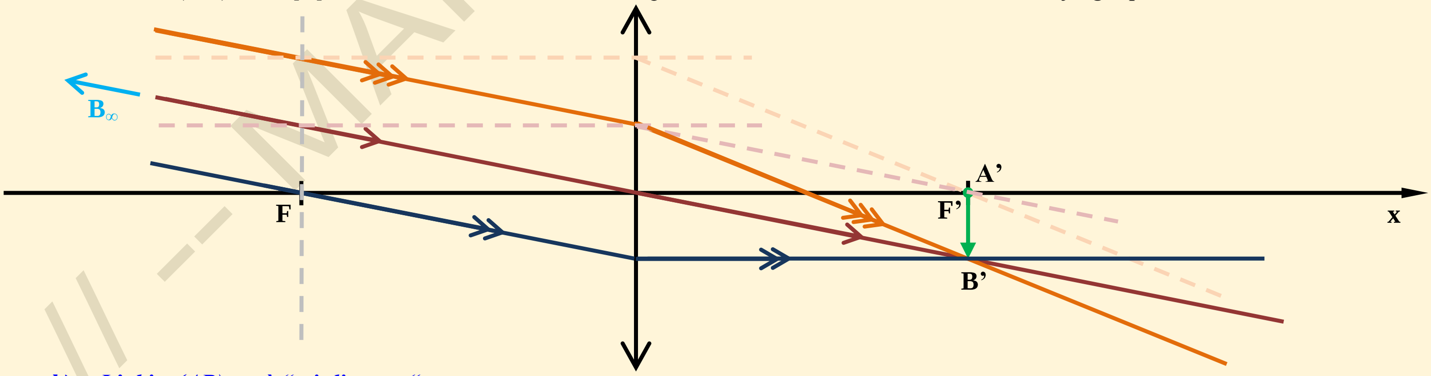
- Associez aux termes de la légende précédente le vocabulaire d'optique suivant : *la lentille, l'écran de projection.*
- Ajoutez sur le ***schéma ci-dessous*** le symbole de la lentille, de l'écran et ajoutez l'axe optique.
- Ajoutez alors les points focaux associés à la lentille sachant que l'œil n'accommode pas (il est au repos) : les muscles qui peuvent déformer le cristallin de l'œil pour faire la mise au point sont au repos et n'agissent donc pas sur le cristallin qui adopte sa forme naturelle. Pour un œil "normal" les images d'objets à l'infini se forment alors de façon nettes sur la rétine.



2. Formation d'une image et accommodation par un œil sain (f_{sain})

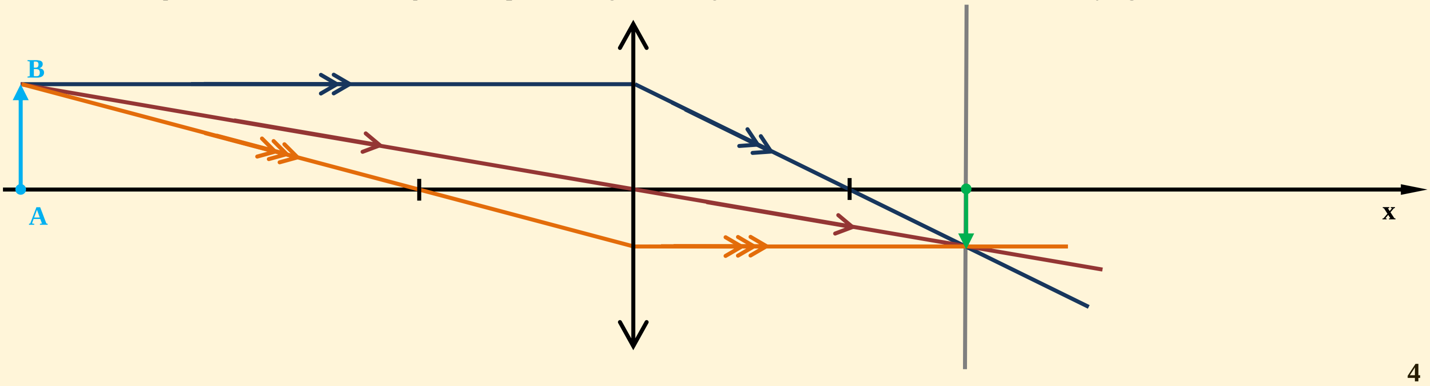
a) L'objet (AB) est à l'infini.

Ponctum rémotum (P.R.) → +∞ [m] ***Pas d'accommodation***. L'image est nette et se forme sur la rétine. ***L'œil ne se fatigue pas***.



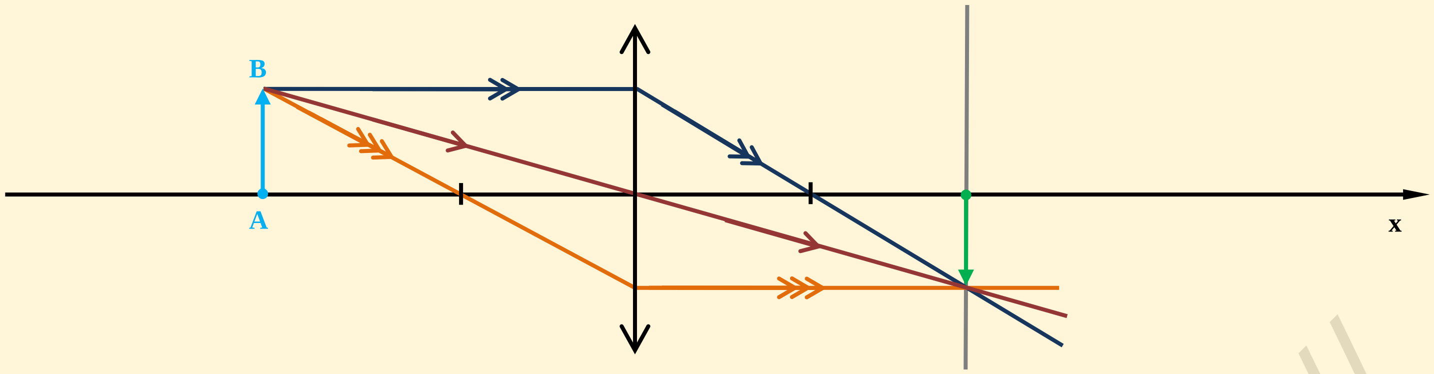
b) L'objet (AB) est à "mi-distance".

Accommodation par contraction du ***cristallin*** qui devient ***plus convergent***. L'image est nette et se forme sur la rétine. ***L'œil se fatigue lentement***.



c) L'objet (AB) est au plus prés.

Ponctum proximum (P.P.) ~ 20 cm   ***Accommodation maximale*** du ***cristallin***. L'image est nette car elle se forme sur la rétine. ***L'œil se fatigue vite***.



3. Défauts de l'œil et correction de vue

Défauts liés à une déformation de l'œil

❖ La **myopie** (*étymologie "petit yeux" ou "yeux mi-clos"*) : ***rétine trop éloignée***

Les objets éloignés sont flous : pas d'accommodation possible pour rendre le cristallin moins convergent (sauf en plissant les yeux pour écraser le cristallin selon son épaisseur, et non son diamètre, pour rendre la lentille équivalente moins convergente).

➢ ***Corrigé par les lentilles divergentes***.

Modélisation d'un ***œil myope*** *:*

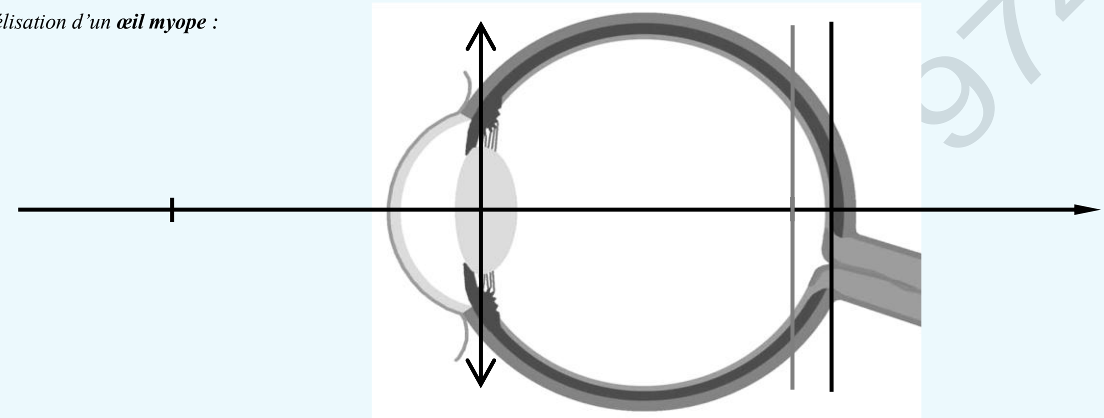


Image d'un ***objet à l'infini*** *pour un œil myope au repos :*

L'***accommodation*** est *<u>impossible</u>*, il faut *<u>augmenter la focale</u>* du cristallin au repos.

(condition de netteté : l'image doit être sur la rétine ; difficilement réalisable car il faudrait $f'_{myope} > f'_{sain\ au\ repos}$*)*

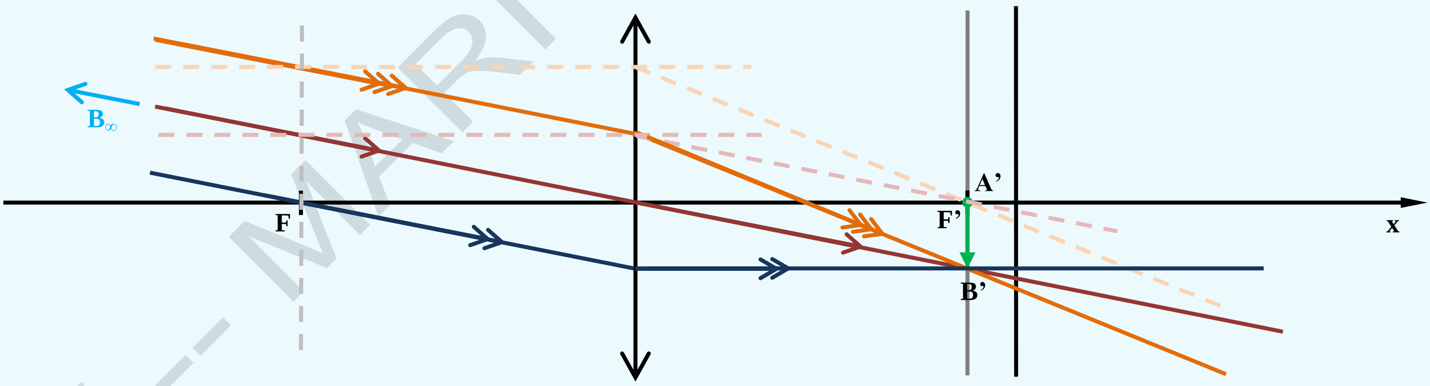
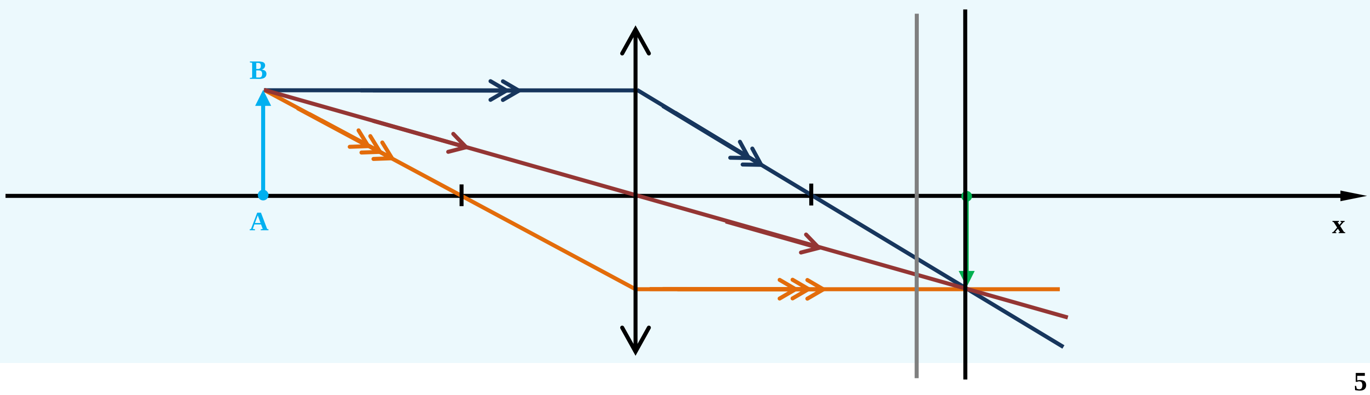


Image d'un ***objet proche*** *pour un œil myope qui accommode :*

L'***accommodation*** est *<u>facile</u>*, il faut *<u>diminuer légèrement la focale</u>* du cristallin au repos.

(condition de netteté : l'image doit être sur la rétine ; facilement réalisable car il $f'_{myope} < f'_{sain\ au\ repos}$*)*



❖ L'***hypermétropie*** : ***rétine trop proche***

Les objets proches sont flous : l'accommodation pour rendre le cristallin plus convergent n'est pas suffisante.

➢ ***Corrigé par les lentilles convergentes.***

Modélisation d'un ***œil hypermétrope*** *:*

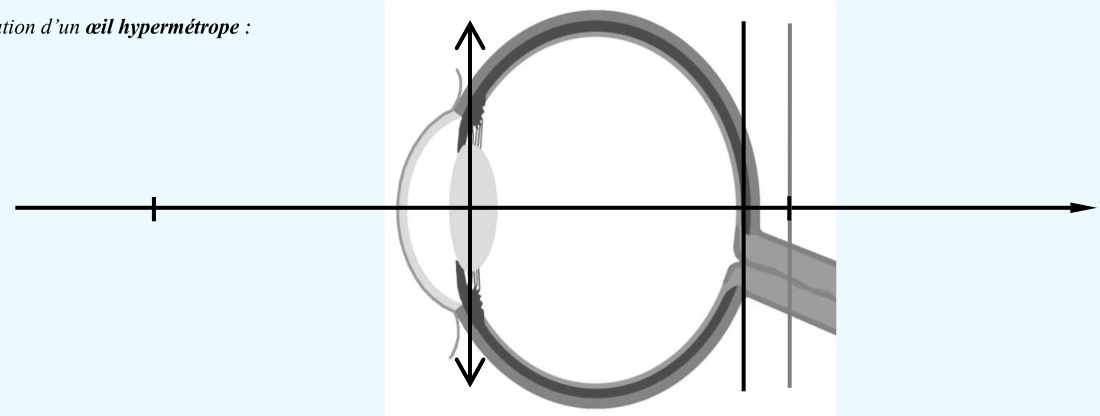


Image d'un ***objet à l'infini*** *pour un œil hypermétrope qui accommode :*

L'***accommodation*** est *facile*, il faut *diminuer la focale* du cristallin au repos.

(condition de netteté : l'image doit être sur la rétine ; facilement réalisable $f'_{hypermétrope} < f'_{sain\ au\ repos}$*)*

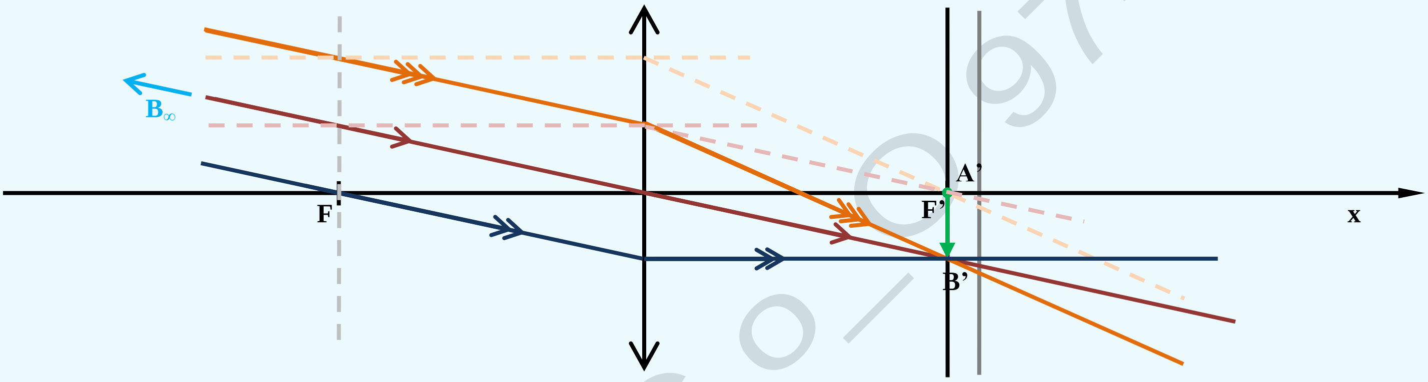
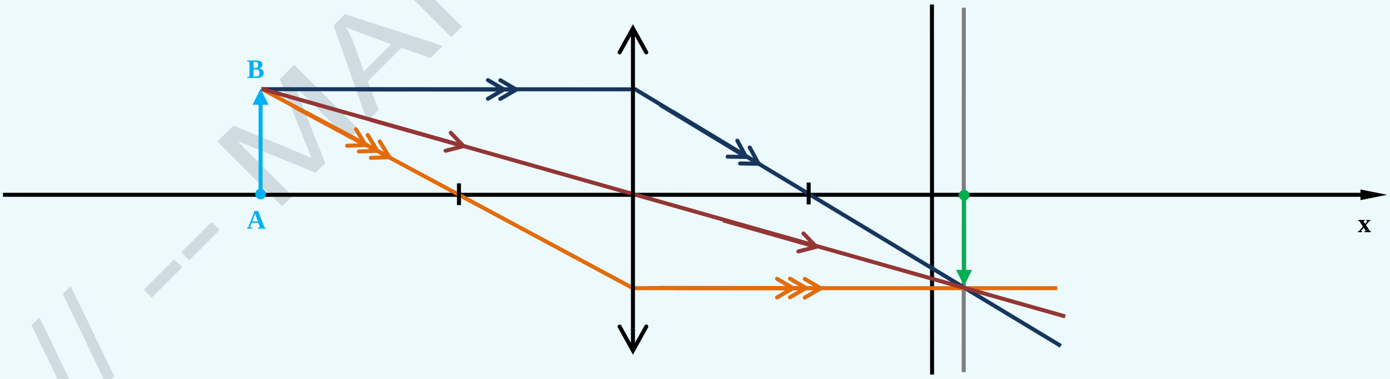


Image d'un ***objet proche*** *pour un œil hypermétrope qui n'arrive pas à accommoder:*

L'***accommodation*** est *difficile, voir impossible*, il faut *diminuer énormément la focale* du cristallin au repos.

(condition de netteté : l'image doit être sur la rétine ; difficilement réalisable $f'_{hypermétrope} << f'_{sain\ au\ repos}$ *)*



- ***Défaut lié à un durcissement du cristallin***

La ***presbytie*** : le vieillissement du cristallin provoque son durcissement par sclérose et son épaississement.

Les objets proches sont flous : l'accommodation pour rendre le cristallin plus convergent se fait mal ou ne se fait pas

➢ ***Corrigé par les lentilles convergentes progressives*** (verres progressifs) : la focale est différente selon que l'on regarde par le haut, le milieu ou le bas des verres.

- ***Défaut lié à une irrégularité du cristallin ou de la cornée :***

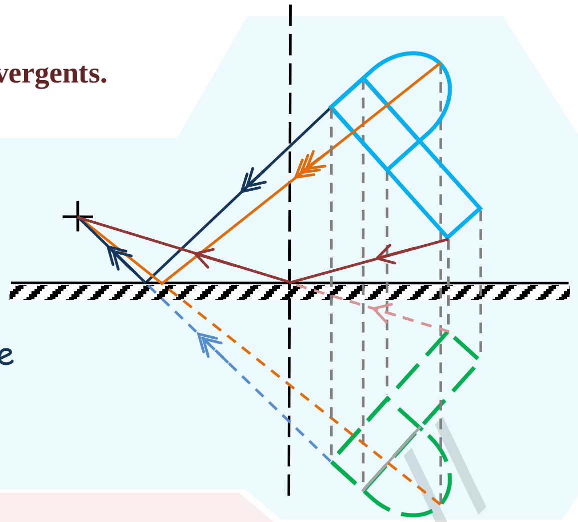
L'***astigmatisme*** (*étymologie "sans point"*) : la surface du cristallin ou de la cornée n'est plus sphérique (ballon de football) mais ovoïde (ballon de rugby).

Un point objet ne devient pas un point image : en effet, le "point image" s'étale sous forme d'une tache.

➢ ***Corrigé par des verres cylindriques*** ou par une ***correction de la courbure de la cornée*** par un laser médical.

V. Utilisation des miroirs plans et des miroirs sphériques convergents.

Un miroir est obtenu par dépôt d'une couche d'argent ou d'aluminium sur une vitre en verre poli.
La nature conductrice du métal rend la réflexion de la lumière visible (et infrarouge) très efficace.



1. Image donnée par un miroir plan

Formation de l'***image*** d'un objet par ***symétrie planaire*** :
(A') est le symétrique de (A) par rapport au plan du miroir.

Le plan du miroir est perpendiculaire à (AA') et contient le milieu (I) du segment [AA'].

Le ***plan du miroir*** est le *plan médiateur* du *segment* [AA'].

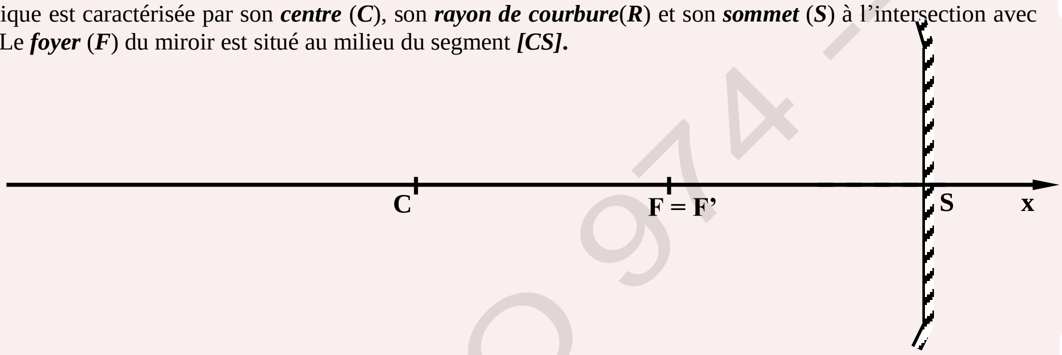
2. Caractéristiques d'un miroir sphérique convergent

Un ***miroir sphérique convergent*** est formé d'une ***portion de sphère*** dont la ***face concave*** est ***réfléchissante***.

La ***sphère*** qui délimite le miroir sphérique est caractérisée par son ***centre*** (***C***), son ***rayon de courbure***(***R***) et son ***sommet*** (***S***) à l'intersection avec l'***axe optique principal*** (*Δ*) du miroir. Le ***foyer*** (***F***) du miroir est situé au milieu du segment ***[CS].***

Schéma et représentation :

A gauche : Image dans un miroir convexe.
A droite : Image dans un miroir concave.



Si un rayon ***incident*** passe par (***C***), le rayon ***réfléchi*** passe également par (***C***).

Dans les limites des ***conditions de Gauss*** :
Tout rayon incident ***parallèle à l'axe optique*** (*Δ*) se réfléchit en passant par le ***foyer*** (***F***). Tout *rayon incident* passant par le ***foyer*** (***F***) se réfléchit ***parallèlement à l'axe optique*** (*Δ*).

(***F***) et (***F'***) sont ***confondus***. La valeur de la ***distance focale*** (*f*) est : $f = \overline{SF} = -\frac{R}{2}$ [*m*]

3. Caractéristiques de l'image formée

L'***image*** d'un ***objet plan perpendiculaire à l'axe optique***(*Δ*) est également ***plane et perpendiculaire*** à (*Δ*).

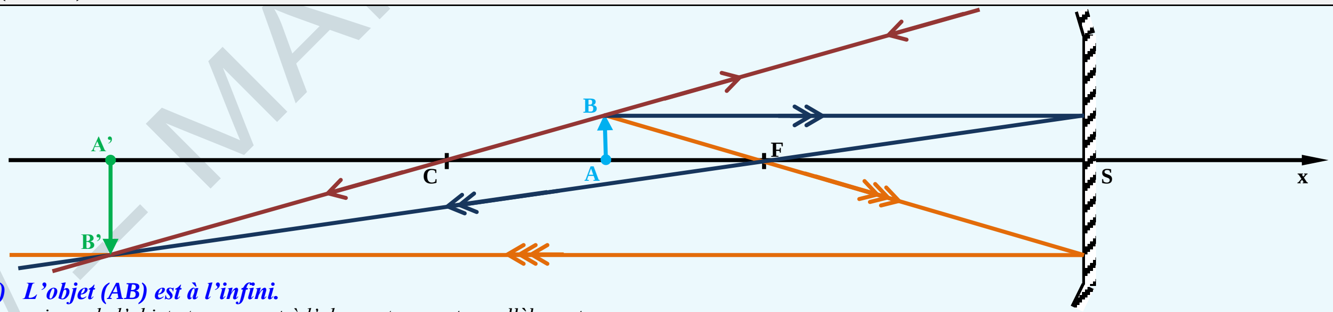
L'image d'un point objet situé à l'infini sur l'axe optique se forme en (F' =F). L'image d'un point objet situé à l'infini en dehors de l'axe optique se forme dans le plan focal image =objet. L'image d'un point objet situé en (F) se trouve à l'infini. L'image d'un point objet situé dans le plan (**plan focal**) *perpendiculaire en (F) à l'axe optique (Δ) se trouve à l'infini hors de l'axe optique (Δ).*

L'***image*** d'un ***objet*** subit un ***grandissement algébrique*** (*γ*) et peut être ***réelle*** ou ***virtuelle***.

4. Construction graphique d'une image

a) L'objet (AB)est en amont du plan focal du miroir.

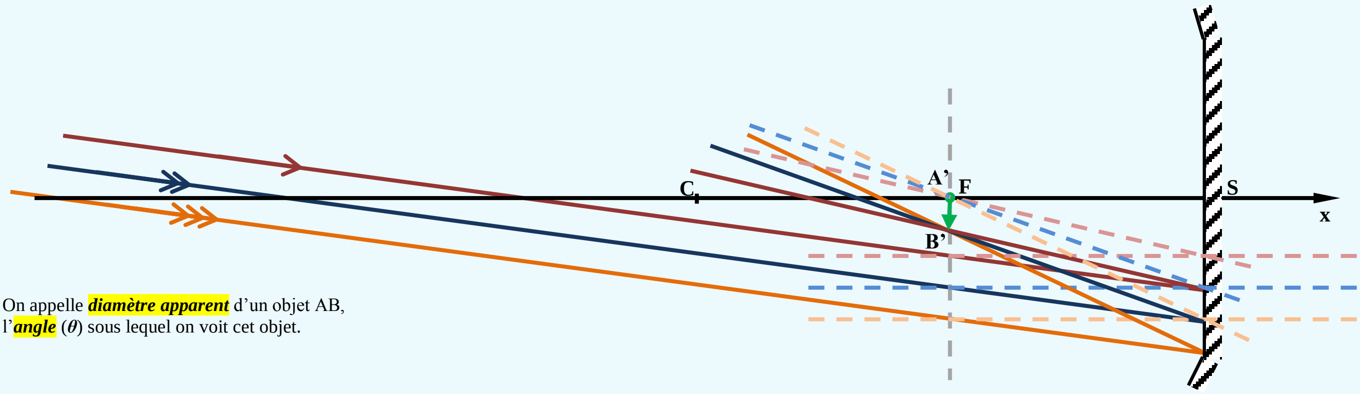
On trace la marche de ***deux rayons*** particuliers issus de (B), le résultat étant confirmé par un ***troisième*** : un premier rayon passe par le ***centre*** (***C***) du miroir, un deuxième est ***parallèle à l'axe optique*** (*Δ*) et le troisième passe par le ***foyer*** (***F***). L'image ***réelle*** (*virtuelle*) ($\overline{A'B'}$) est située ***en amont*** (*en aval*) du miroir



b) L'objet (AB) est à l'infini.

Deux rayons issus de l'objet et parvenant à l'observateur sont parallèles entre eux.

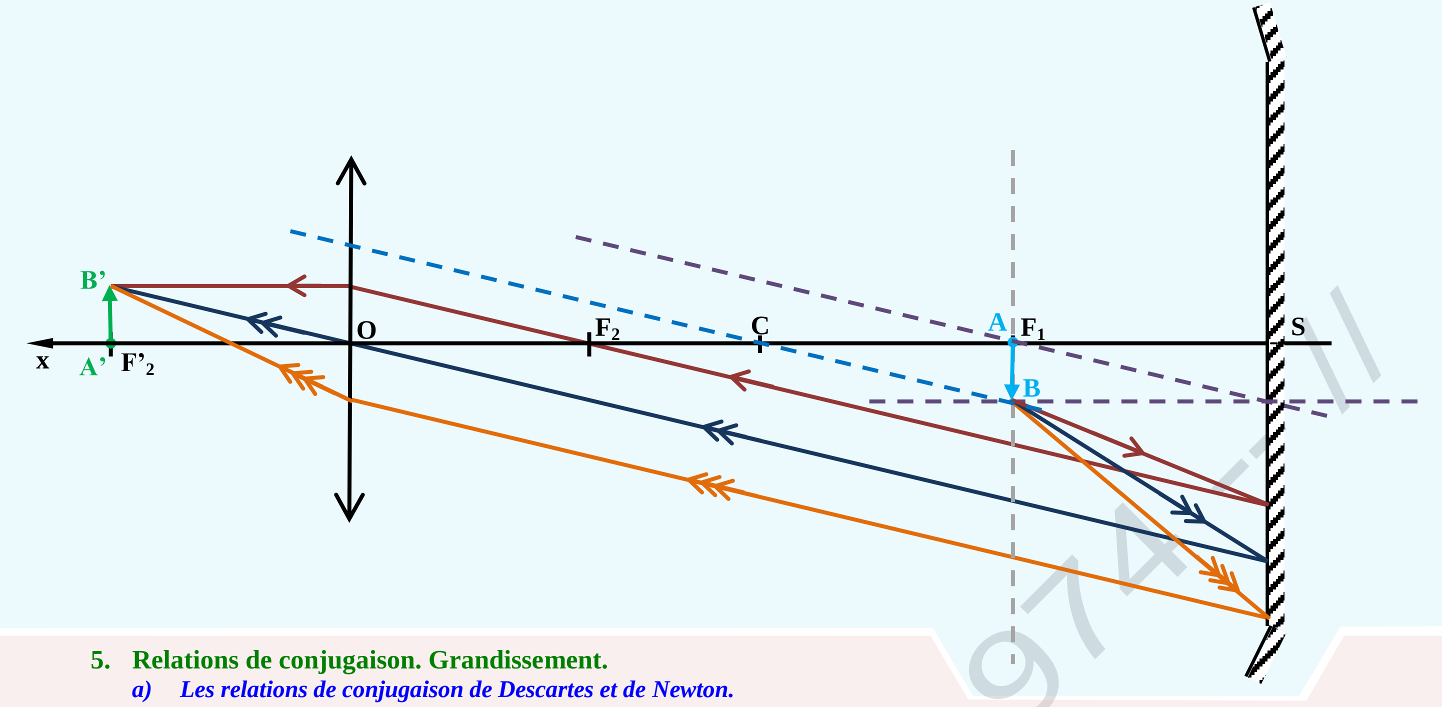
Les rayons issus de (A) seront ***parallèles à l'axe optique*** et ceux issus de (B) seront ***parallèles entre eux*** et feront un ***angle*** (*θ*) avec l'axe optique.



On appelle ***diamètre apparent*** d'un objet AB, l'***angle*** (*θ*) sous lequel on voit cet objet.

c) *L'objet(AB) est dans le plan focal.*

L'image (***A'B'***) de (AB) est à l'***infini*** ; on ne peut pas faire d'image nette de cet objet si l'écran n'est pas à l'infini, à moins d'utiliser une *lentille convergente*.



5. Relations de conjugaison. Grandissement.

a) *Les relations de conjugaison de Descartes et de Newton.*

Relations de conjugaison sur les miroirs:

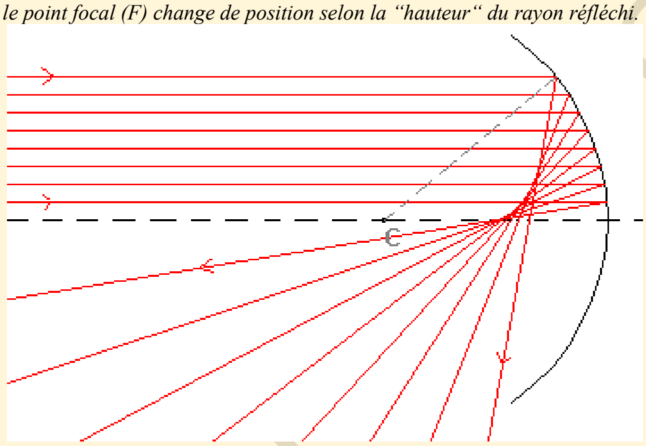
$$\frac{1}{\overline{SA'}} + \frac{1}{\overline{SA}} = -\frac{2}{\overline{CS}} \quad \text{et} \quad \overline{FA}.\overline{F'A'} = \left(\frac{\overline{CS}}{2}\right)^2 = f^2$$

Les **conditions de Gauss** : Les rayons ***paraxiaux*** (*parallèles à l'axe optique*) obéissent aux ***lois de conjugaison***.

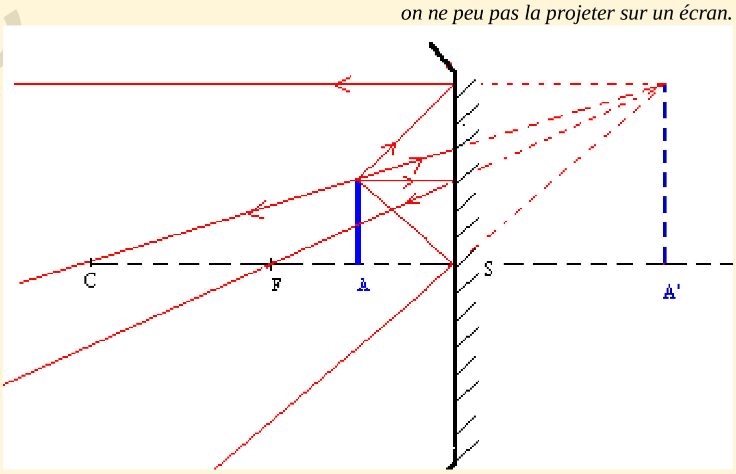
b) *Le grandissement. (γ)*

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}} = \frac{\overline{FA'}}{\overline{FS}} = \frac{\overline{FS}}{\overline{FA}}$$

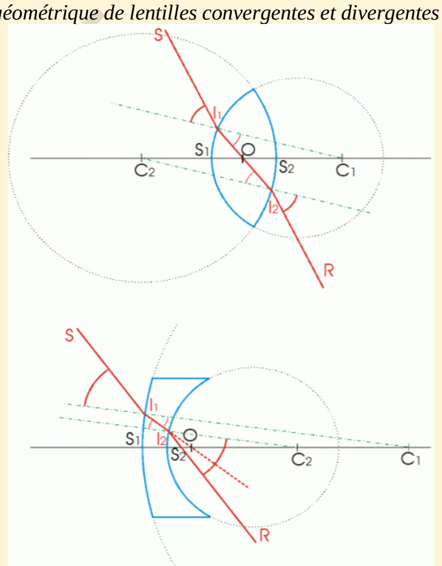
Miroir sphérique concave hors des conditions de Gauss :
le point focal (F) change de position selon la "hauteur" du rayon réfléchi.



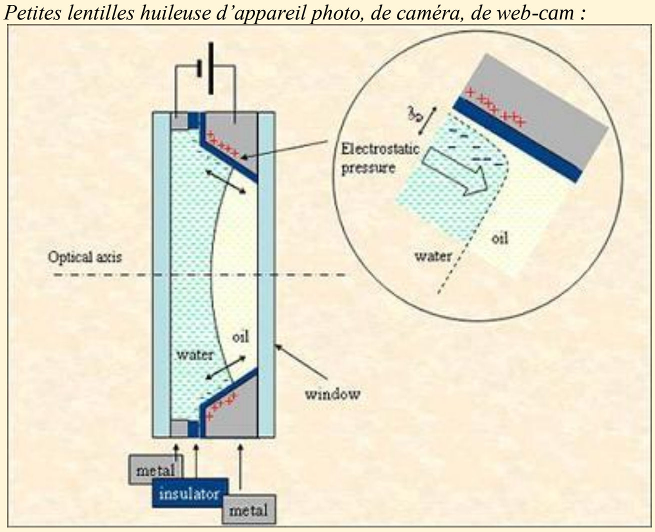
Si l'objet est en aval du plan focal, alors l'image est virtuelle :
on ne peu pas la projeter sur un écran.

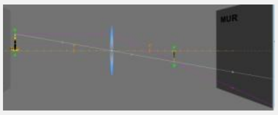
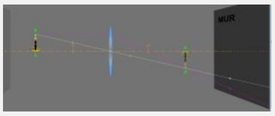
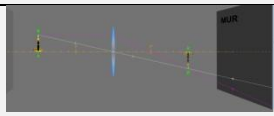
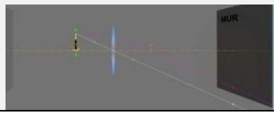
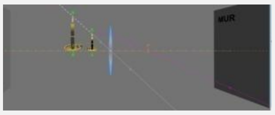
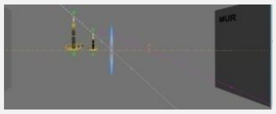


Construction géométrique de lentilles convergentes et divergentes :



Petites lentilles huileuse d'appareil photo, de caméra, de web-cam :



Type d'image	Images réelles – Projetable sur un écran		Images virtuelles	
Champ de positions algébriques de l'objet $(\overline{OA})$ **[m]** ***Distances Lentille-Objet***	**$-\infty \rightarrow -2.f'_1$**	**$-2.f'_1 \rightarrow -f'_1$**	**$-f'_1 \rightarrow -1/2.f'_1$**	**$-1/2.f'_1 \rightarrow 0$**
Champ de positions algébrique de l'image $(\overline{OA'})$ **[m]** ***Distances Lentille-Image***	**$f'_1 \rightarrow 2.f'_1$**	**$2f'_1 \rightarrow +\infty$**	**$-\infty \rightarrow -f'_1$**	**$-f'_1 \rightarrow 0$**
Grandissement algébrique ***gamma*** $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ **[-]**	$\gamma = \frac{f'_1}{-\infty} = 0^- \rightarrow \gamma = \frac{2f'_1}{-2f'_1} = -1$	$\gamma = \frac{2f'_1}{-2f'_1} = -1 \rightarrow \gamma = \frac{+\infty}{-f'_1} = -\infty$	$\gamma = \frac{-\infty}{-f'_1} = +\infty \rightarrow \gamma = \frac{-f'_1}{-\frac{1}{2}f'_1} = +2$	$\gamma = \frac{-f'_1}{-\frac{1}{2}f'_1} = +2 \rightarrow \gamma = \frac{\epsilon'}{\epsilon} = +1$
Grossissement algébrique $G = \frac{\alpha'}{\alpha} \approx \frac{\tan\alpha'}{\tan\alpha}$ **[-]**				
Schéma	 	  	 	 

Exercices :

Physique

Ex. 10 - 14 - 15 - 20 - 22

p. 24 - 28