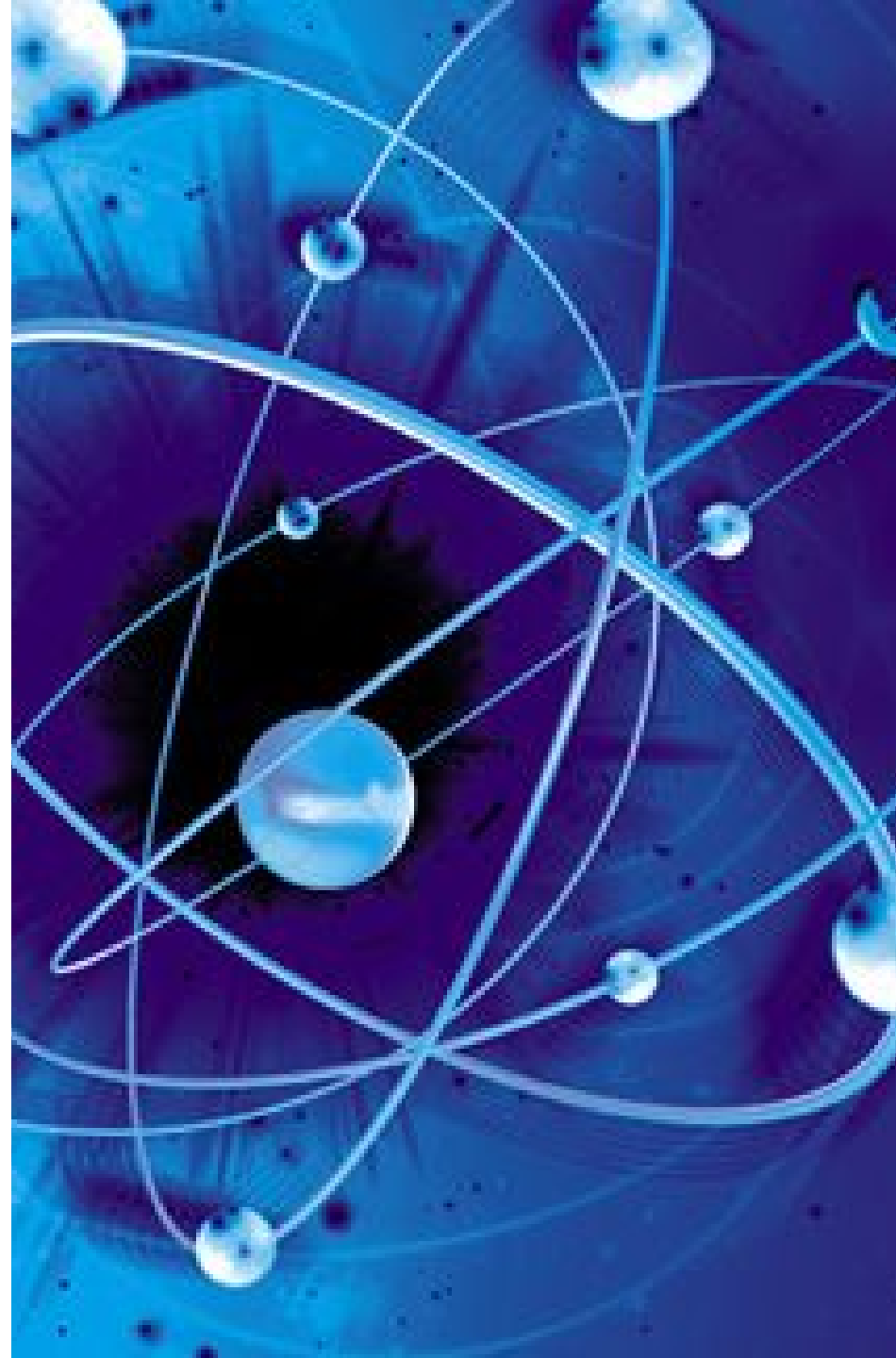


**Optique**

**Physique**

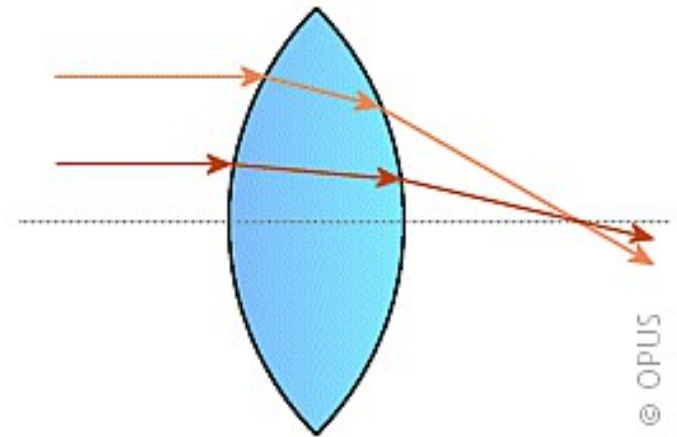
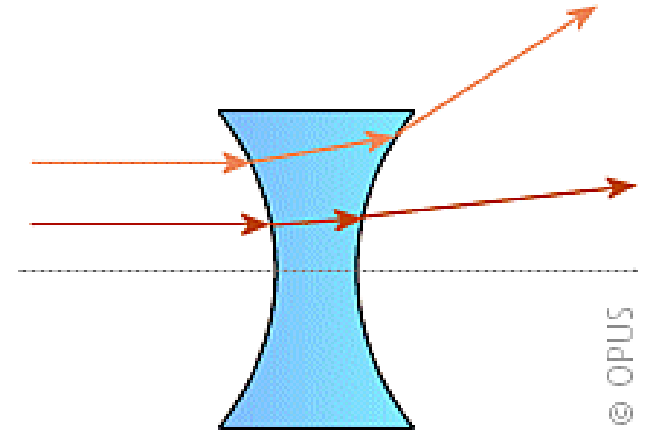


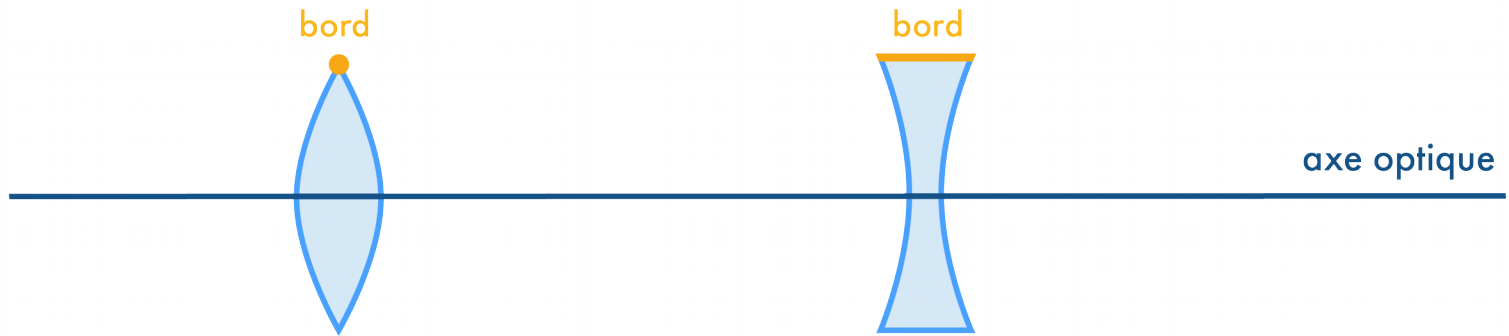
# Les lentilles

Les lentilles sont des morceaux de verre ou de plastique transparents qui vont réfracter la lumière pour obtenir une image bien définie.

Les lentilles **concaves** ou **divergentes** sont plus minces au milieu que sur les bords.

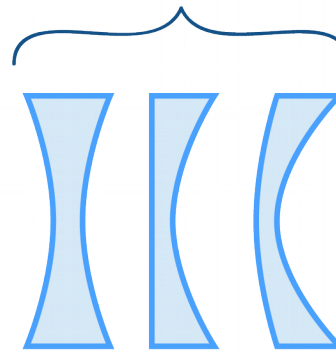
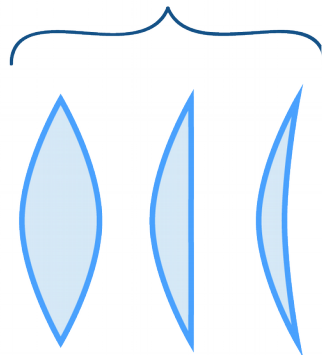
Les lentilles **convexes** ou **convergentes** sont plus minces sur les bords qu'au milieu.





lentille convergente

lentille divergente

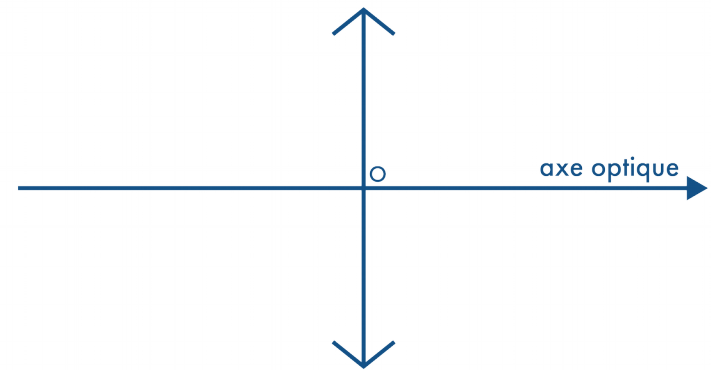


formes possibles  
de lentilles  
(vue de profil)

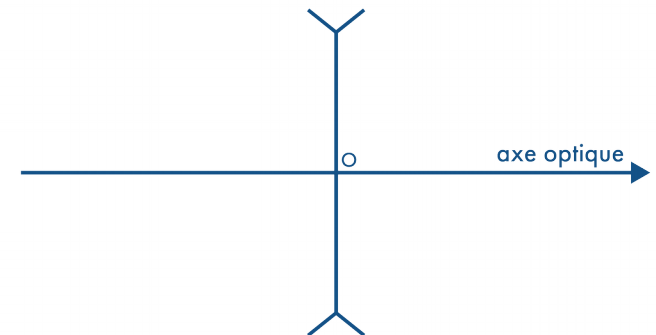
# Caractéristiques des lentilles

Les lentilles sont caractérisées par leur centre noté  $O$  et par leur axe, une droite perpendiculaire à la surface de la lentille en leur centre.

L'axe est un axe de symétrie pour la lentille.



Lentille convergente



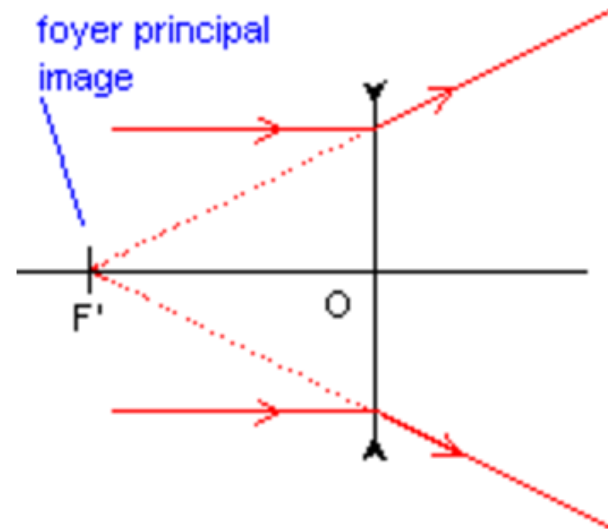
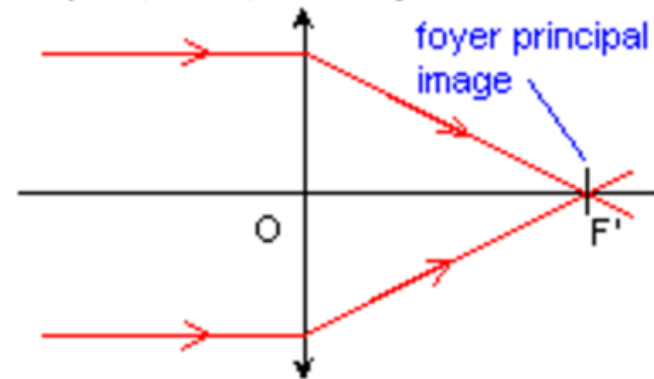
Lentille divergente

# Le foyer image

Le foyer image d'une lentille est le point sur l'axe où des rayons incidents parallèles à l'axe optique vont converger.

Il est appelé  $F'$ .

Foyer principal image:



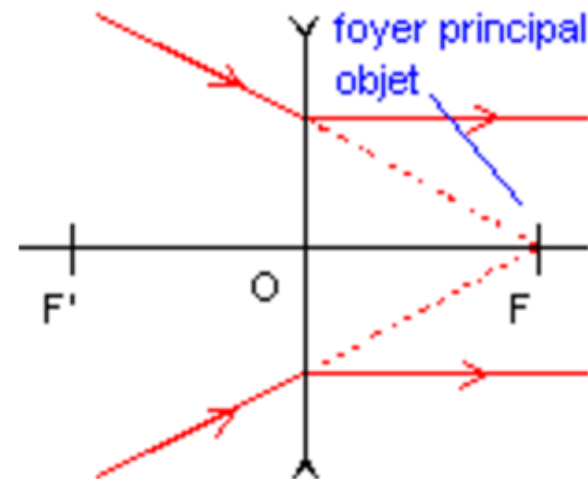
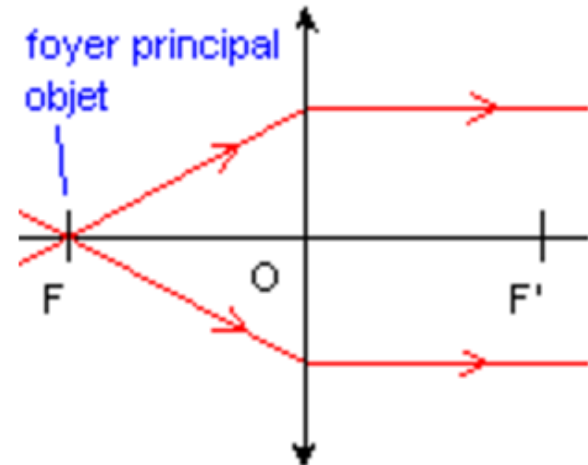
# Le foyer objet

Le *foyer objet* est le point sur l'axe optique, symétrique du foyer image par rapport au centre.

Il est noté F.

Les rayons qui passent par le foyer objet, émergent parallèles à l'axe.

Foyer principal objet:

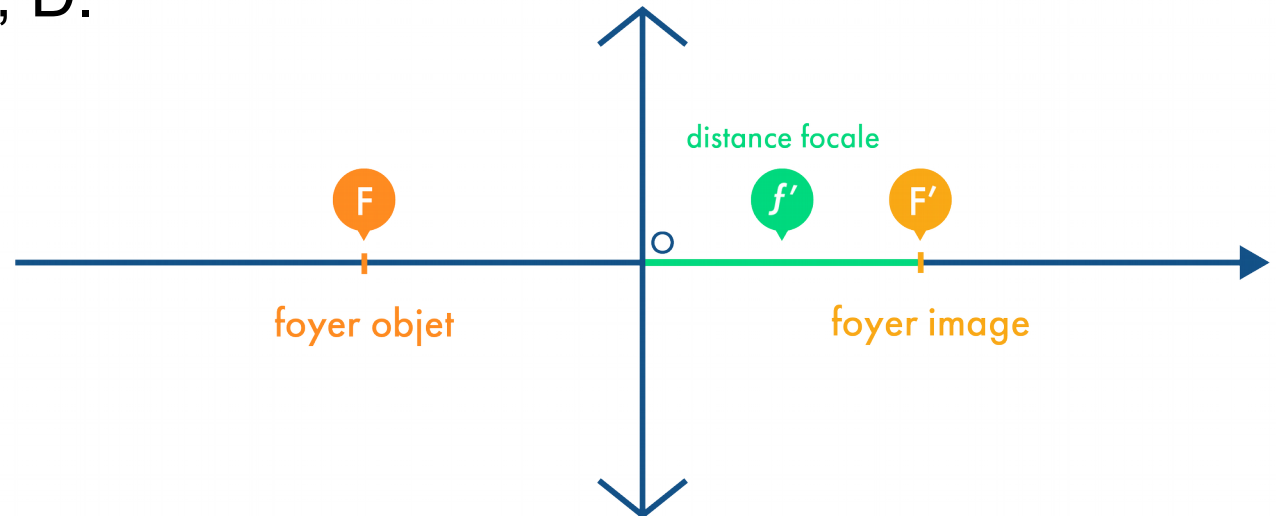


# La distance focale

La distance entre le centre optique et le foyer image s'appelle la **distance focale**. Elle est positive pour une lentille convergente et négative pour une lentille divergente.

Elle est notée  $f'$ .

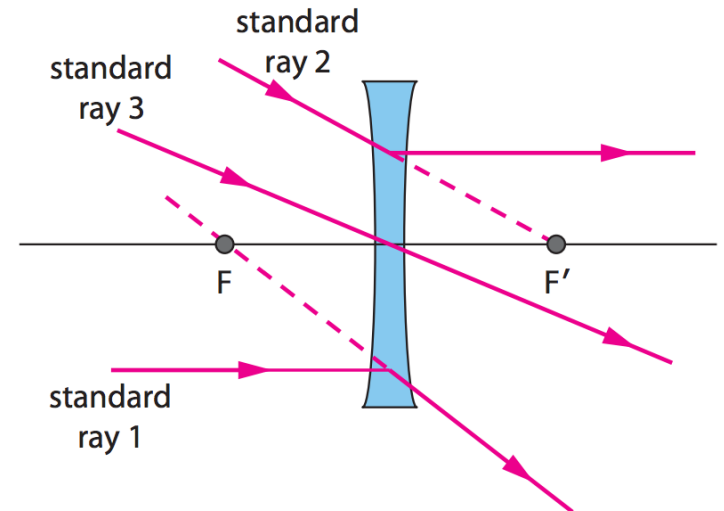
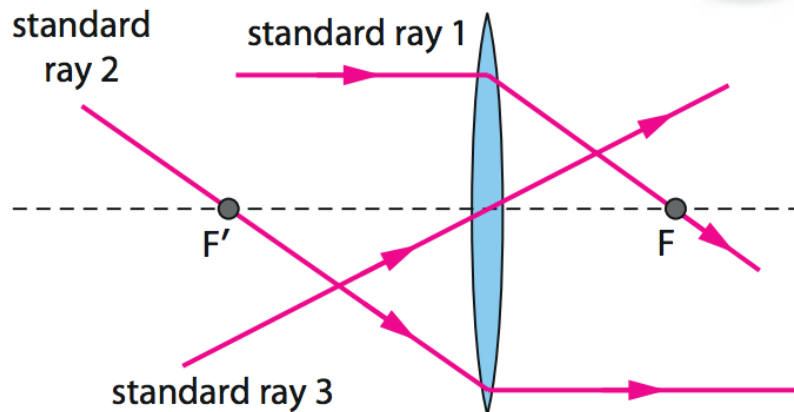
La vergence est l'inverse de  $f'$ , donc  $1/f'$ . Elle est mesurée en dioptries, D.



# Construction d'une image

Pour construire l'image d'un point à travers une lentille, on utilise deux rayons au minimum :

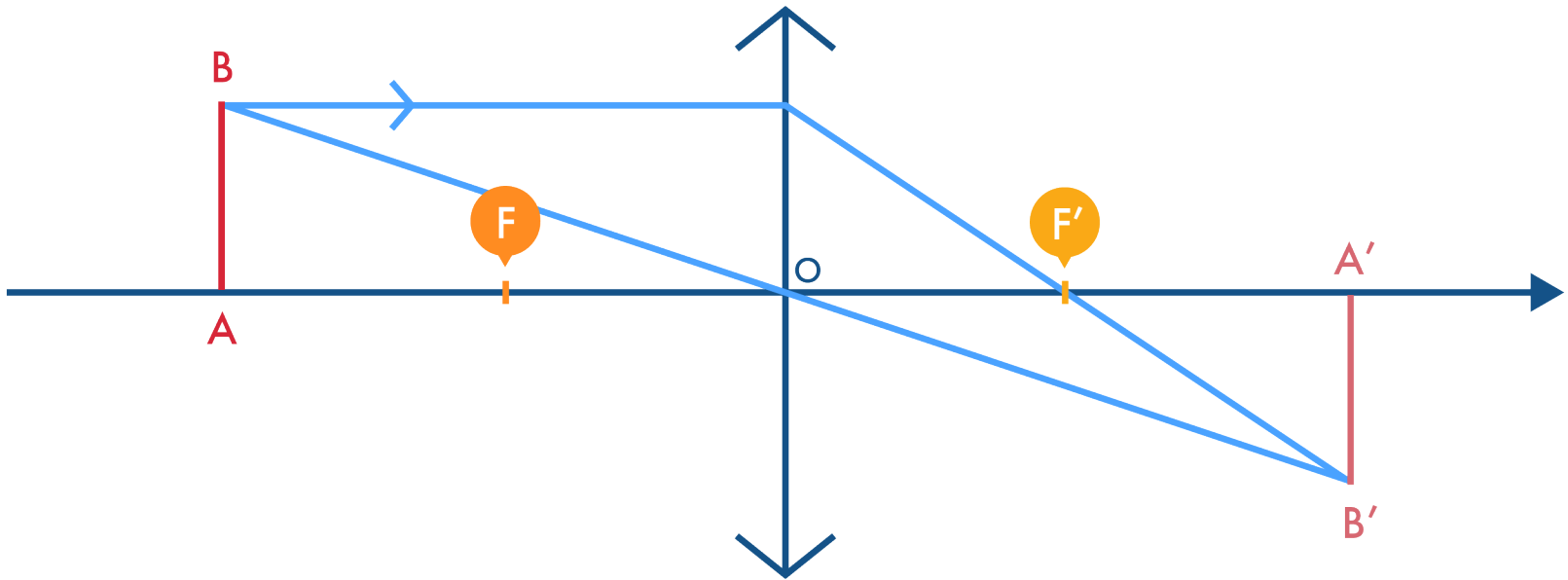
- Un rayon qui passe par le centre et qui n'est donc pas dévié
- Un rayon parallèle à l'axe et qui ressort par  $F'$
- Un rayon qui passe par  $F$  et qui ressort parallèle à l'axe





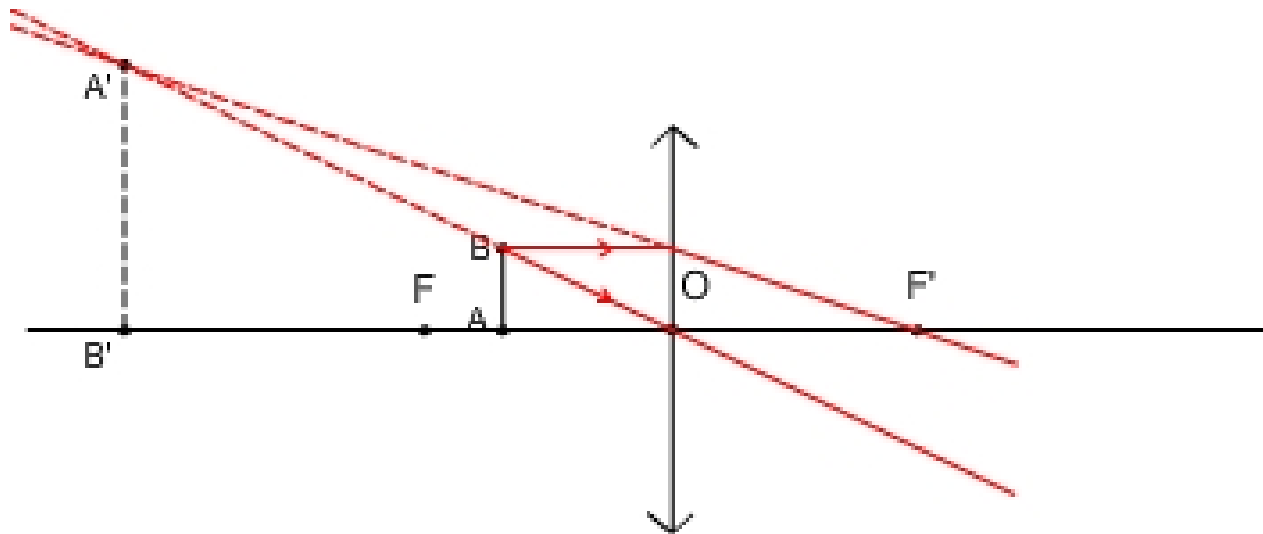
# Image réelle

L'image d'un objet est dite réelle si elle se situe après la lentille et qu'elle peut être observée sur un écran.



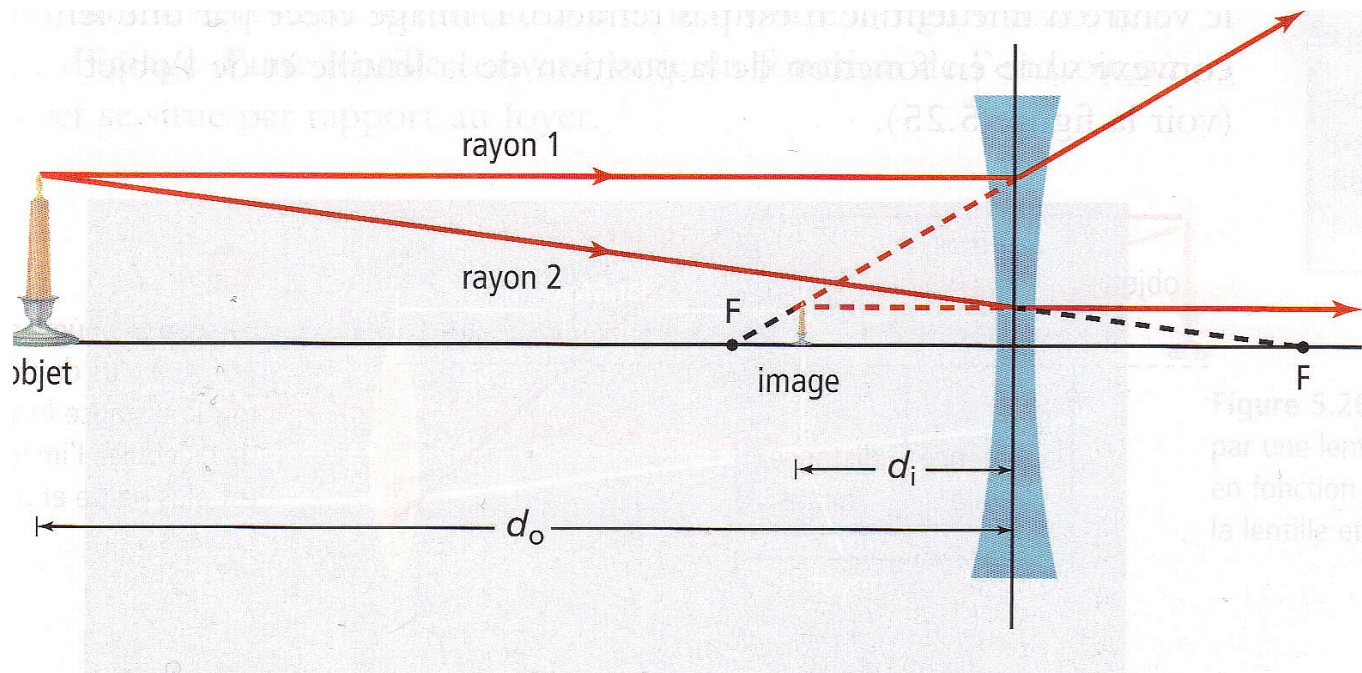
# Image virtuelle

L'image d'un objet est dit virtuelle si elle se situe avant la lentille et qu'elle ne peut être observée qu'en regardant à travers la lentille.



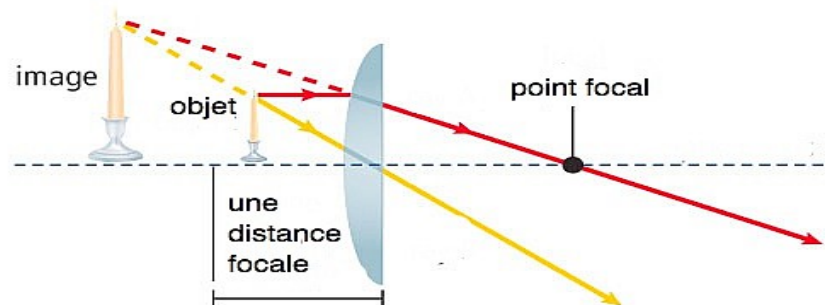
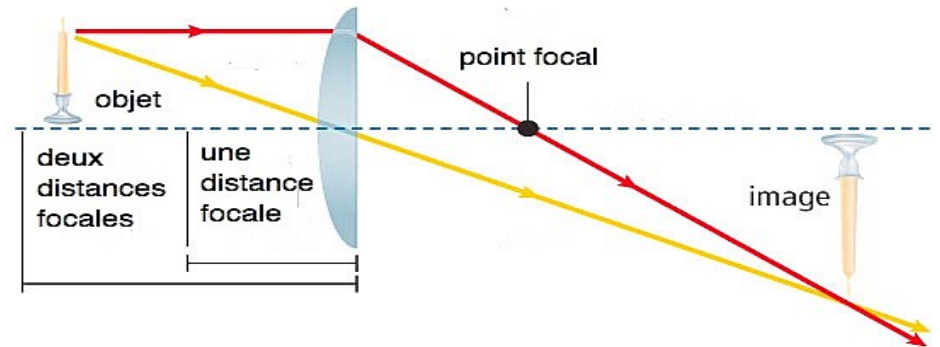
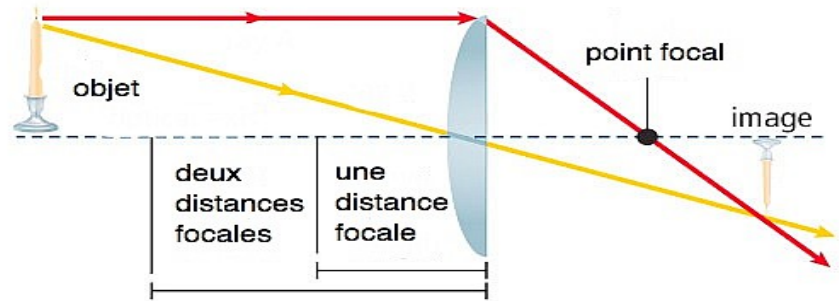
# Image créée par une lentille concave

L'image créée par une lentille concave est toujours droite et plus petite que l'objet.

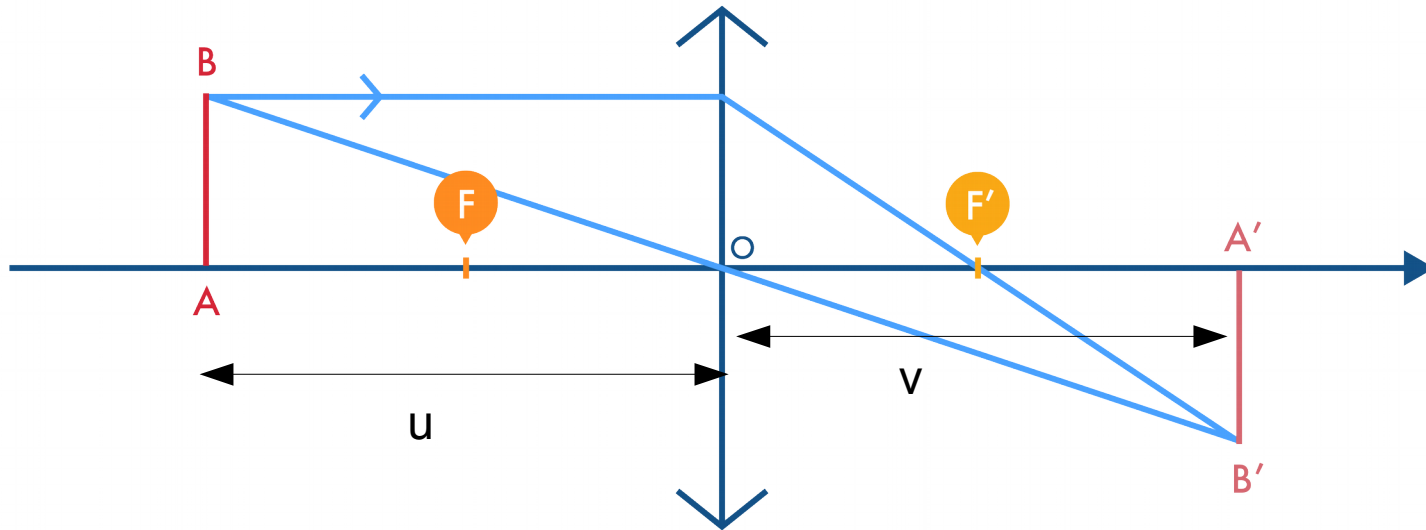


# Image créée par une lentille convexe

La nature et la taille de l'image dépendent de la distance de l'objet par rapport à la lentille.



# Relation de conjugaison



*Attention aux signes !*

*u est positif*

*v est positif si l'image est réelle  
mais négatif si l'image est  
virtuelle*

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

# Grossissement linéaire

Le grossissement, noté  $m$ , est le rapport entre la taille de l'image par rapport à la taille de l'objet.

$$m = \frac{A'B'}{AB} = \frac{-v}{u}$$

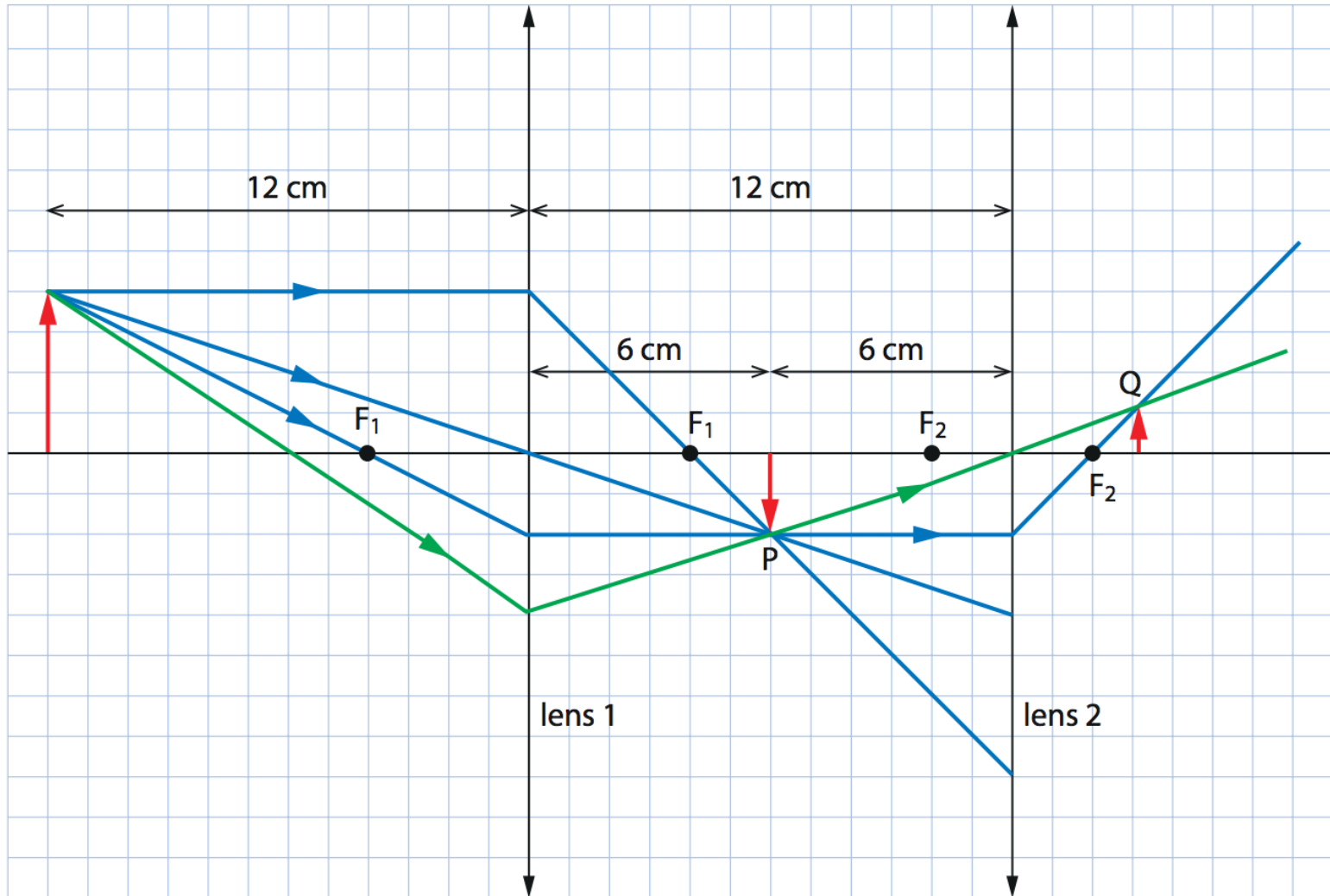
Si  $m$  est plus grand que 1, l'image est plus grande que l'objet, il y a eu grossissement.

Si  $m$  est négatif, l'image est inversée.

# Exemples

- Une lentille convergente a une distance focale de 15 cm. Un objet est placé à 60 cm de la lentille. Détermine la taille de l'image et la valeur du grandissement.
- Une lentille convergente a une distance focale de 20 cm. Un objet est placé à 15 cm de la lentille. Détermine la taille de l'image et la valeur du grandissement.

# Systeme de lentilles





# Exemple

Un objet repose sur une table. Une lentille convergente de focale 6,0 cm est placée à 4,0 cm au dessus de l'objet.

Quelle image est formée par cette lentille ?

Une seconde lentille convergente de focale 5,0 cm est maintenant placée à 3,0 cm au dessus de la première lentille.

Quelle image est formée par la combinaison des deux lentilles ?

# Exemple

Un objet est placé à 8,0 cm à gauche d'une lentille convergente de focale 4,0 cm. Une deuxième lentille divergente de focale 6,0 cm est placée à 4,0 cm à droite de la lentille convergente.

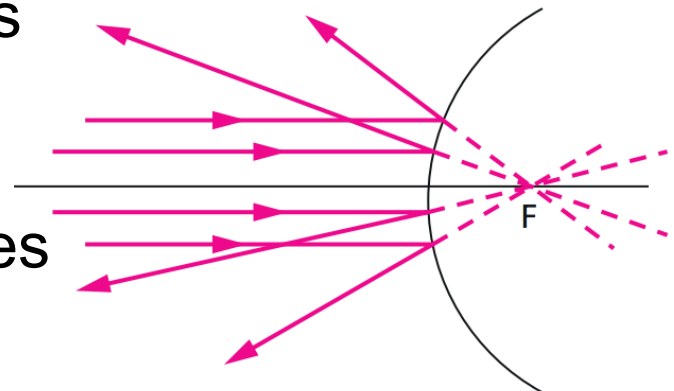
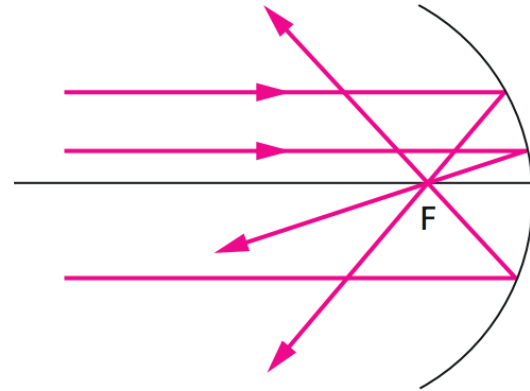
Quelle est l'image formée par la combinaison des deux lentilles ?

# Miroirs concaves et convexes

Un faisceau de rayons parallèles qui atterrissent sur un miroir concave vont être réfléchis par des rayons qui passeront par le point focal (unique dans le cas des miroirs).

Si le miroir est *concave*, le point focal est en avant du miroir et les rayons réfléchis *convergent*.

Si le miroir est *convexe*, le point focal est en arrière du miroir et les rayons réfléchis *divergent*.



# Exemples

Miroir convexe : l'image est toujours droite et plus petite que dans la réalité.



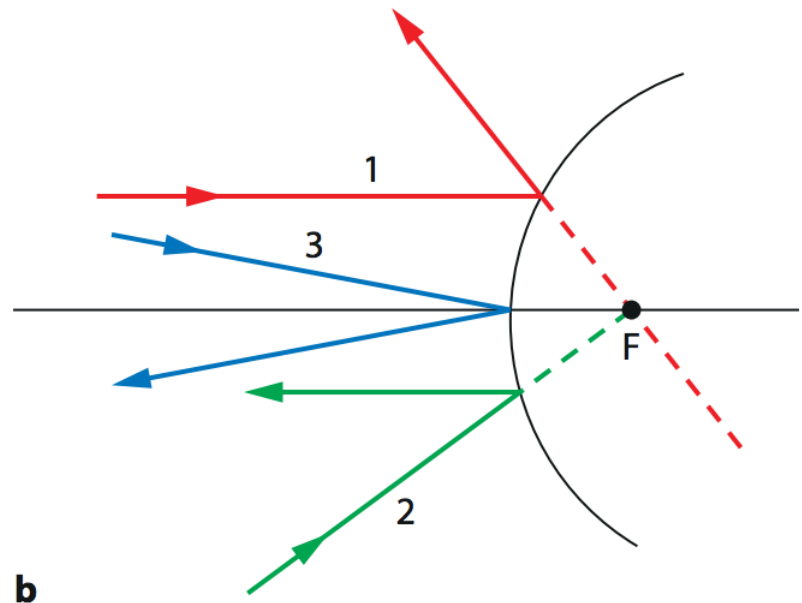
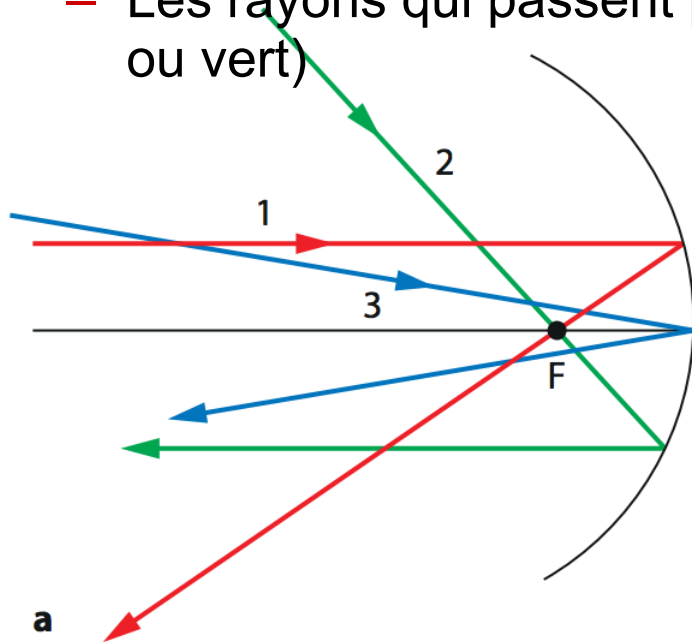
Miroir concave : la lampe est située au foyer et les rayons sont réfléchis en un faisceau parallèle.



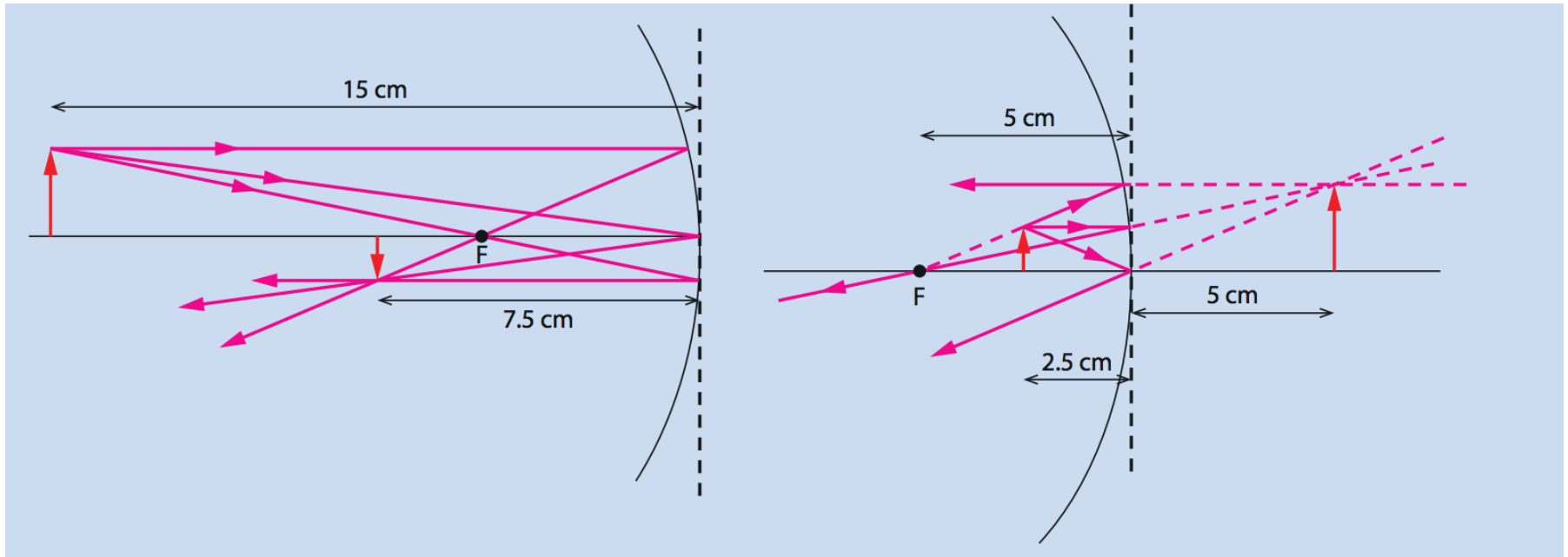
# Images formées par un miroir

La construction suit les mêmes règles que pour les lentilles : on utilise deux des rayons suivants.

- Le rayon qui frappe le centre est réfléchi avec le même angle (rayon 3 ou bleu).
- Les rayons parallèles à l'axe (rayons paraxiaux) sont réfléchis à travers le foyer (rayon 1 ou rouge).
- Les rayons qui passent par le foyer sont réfléchis //<sup>t</sup> à l'axe (rayon 2 ou vert)



# Images réelle et virtuelle



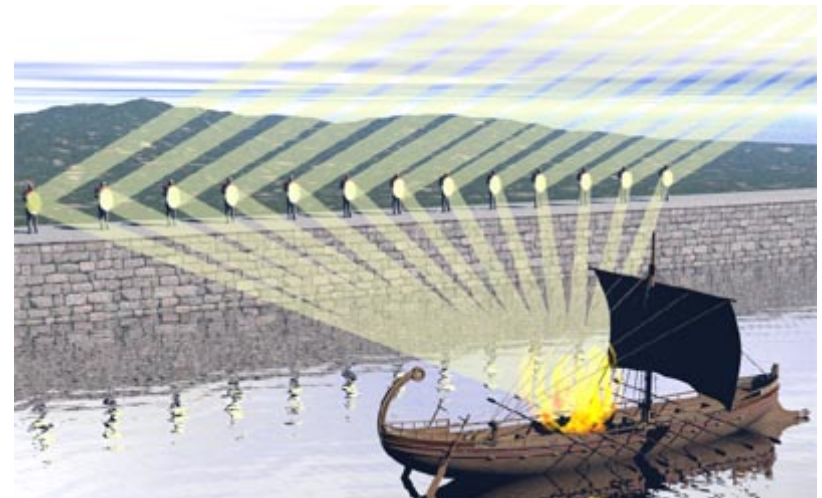
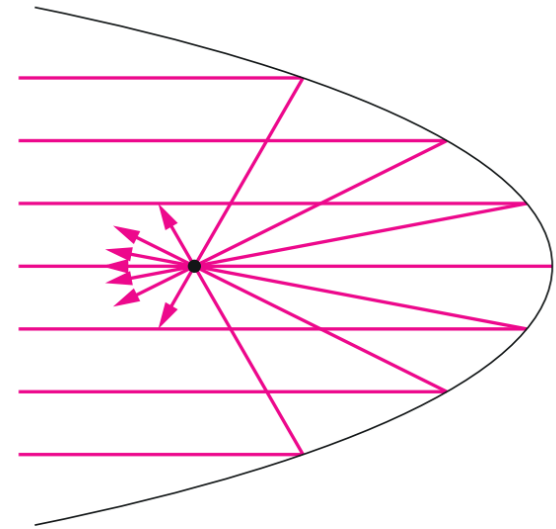
L'image est formée par des rayons réfléchis : elle est réelle.

L'image est formée par des extensions des rayons réfléchis : elle est virtuelle.

# Miroir parabolique

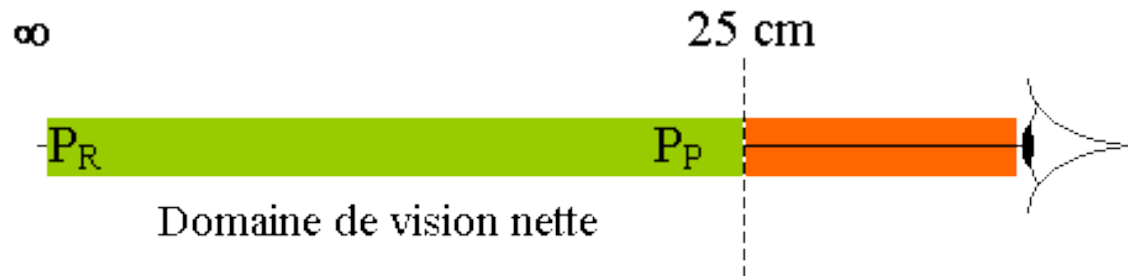
En réalité, dans le cas d'un miroir concave quelconque, seuls les rayons paraxiaux proches de l'axe convergent vers le foyer.

Les miroirs paraboliques ont une forme spécifique qui permet de rectifier ce problème.



# Punctum proximum

Le point qui se trouve à la distance minimale à laquelle l'oeil humain peut avoir une image nette d'un objet est appelée le *punctum proximum*. Il varie avec l'âge et la personne mais il est généralement à 25 cm de distance de l'oeil.

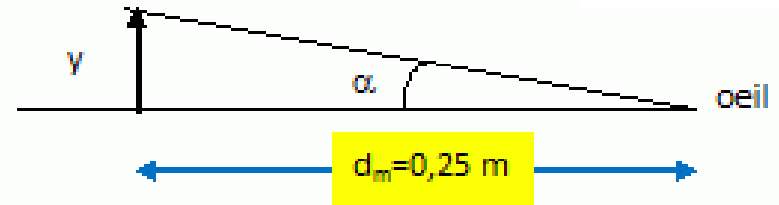




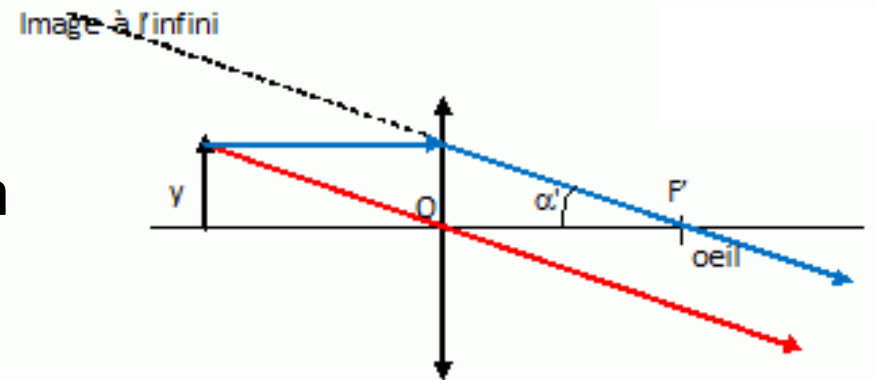
# Grossissement angulaire

$$M = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

Le grossissement commercial est une grandeur standardisée du grossissement. Il s'agit du quotient de l'angle sous lequel est vu l'objet dans l'instrument d'optique et de l'angle sous lequel est vu le même objet à l'œil nu à la distance de 0,25 m (punctum proximum).



Objet vu à l'œil nu



Objet vu à travers une lentille

# Grossissement – formules

**Image à l'infini :**

D : punctum proximum

f : focale de la lentille

$$M = \frac{D}{f}$$

**Image située sur le punctum proximum :**

D : punctum proximum

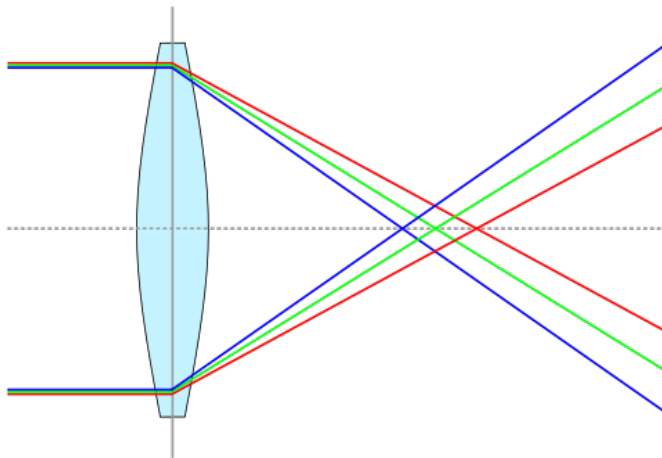
f : focale de la lentille

$$M = 1 + \frac{D}{f}$$

# Aberrations chromatiques

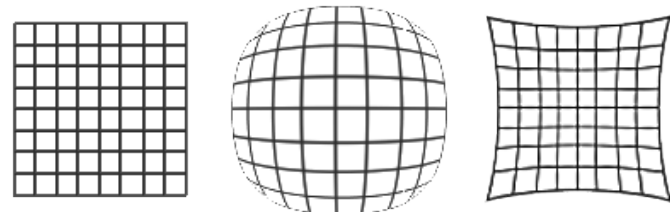
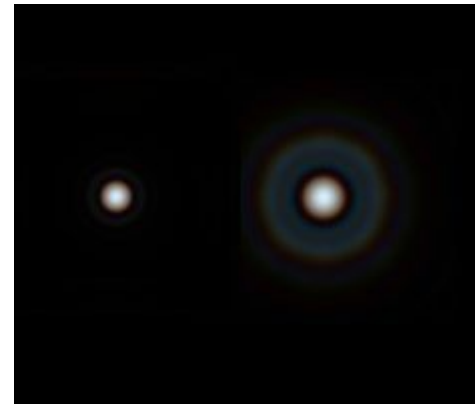
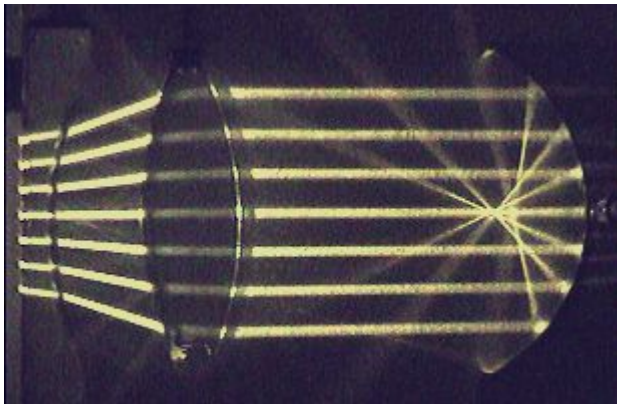
Elle est généralement due à la variation de l'indice de réfraction du matériau composant les lentilles en fonction de la longueur d'onde de la lumière qui les traverse.

Il en résulte que la distance focale dépend de la longueur d'onde, de sorte que la mise au point ne peut être effectuée simultanément pour toutes les couleurs du spectre.



# Aberrations sphériques

Dans le cas d'une lentille sphérique, tous les rayons paraxiaux ne convergent pas exactement sur le même foyer. Il en résulte une image floue et des distorsions dues à des grossissements différents.

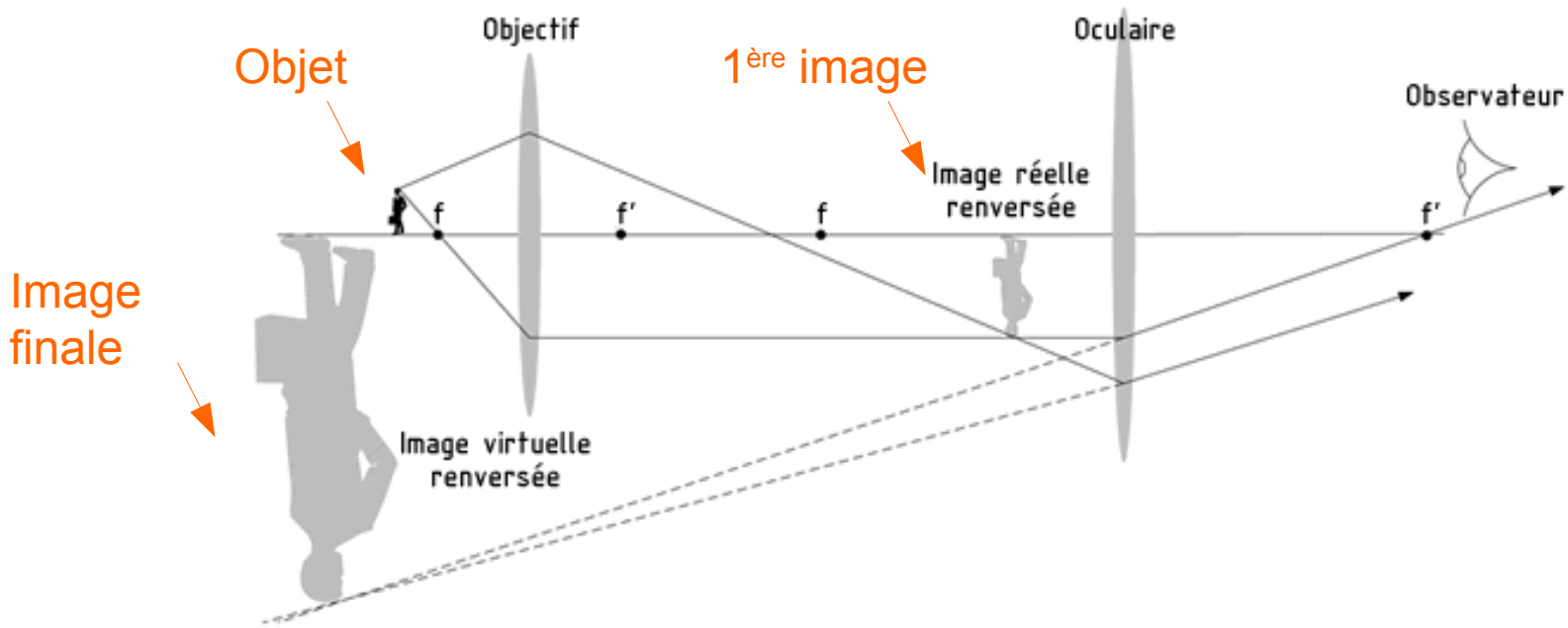


# Le microscope

Le microscope est constitué de **deux lentilles convergentes** : l'objectif et l'oculaire.

L'objectif a *une distance focale très petite* et est placé près de l'objet à observer, fournissant *une image réelle renversée* fortement agrandie.

Cette dernière est encore plus agrandie par l'oculaire qui fonctionne comme une loupe. L'objet observé est en fait une *image virtuelle renversée*.



# Représentation

Deux lentilles convergentes



L'objectif

- courte distance focale
- Image réelle renversée

L'oculaire

- longue distance focale
- Image virtuelle renversée

# Grossissement du microscope

Le grossissement angulaire du microscope peut être calculé avec la formule :

$$M = m_o \left( 1 + \frac{D}{f_e} \right)$$

Où  $m_o$  est le grossissement linéaire de l'objectif

$f_e$  est la distance focale de l'oculaire

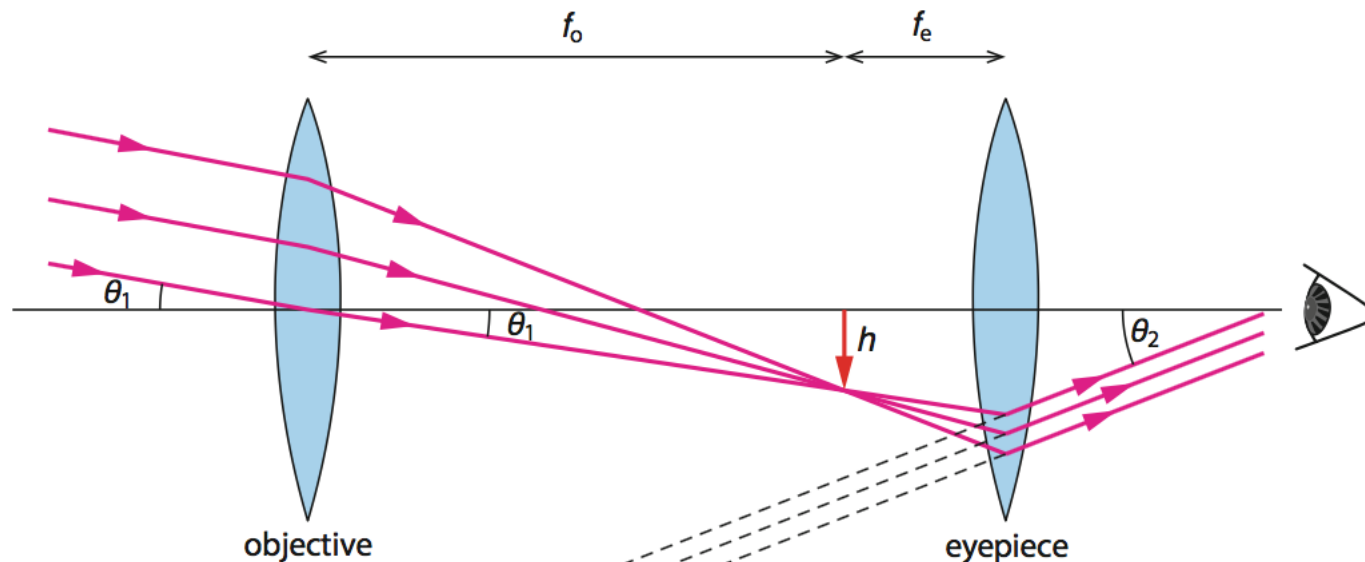
D est le punctum proximum (25 cm pour l'oeil humain)

*Attention : la formule n'est pas dans le recueil de données !*

# La lunette astronomique



Également appelée réfracteur, elle utilise un système de lentilles convergentes, l'objectif et l'oculaire.



*Longue  
distance focale*

image at  
infinity

- *distance focale courte*
- *Image virtuelle inversée*



# Grossissement de la lunette

Le grossissement angulaire du microscope peut être calculé avec la formule :

$$M = \frac{f_o}{f_e}$$

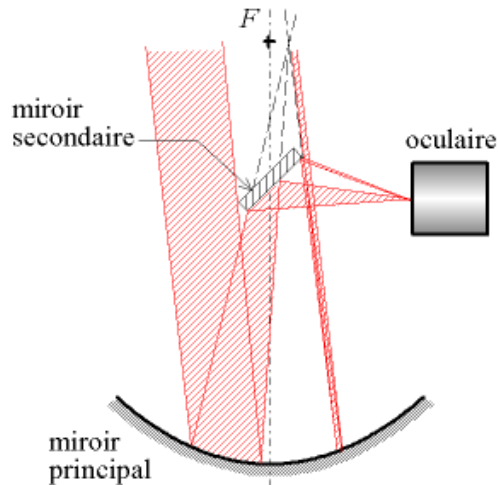
Où

$f_e$  est la distance focale de l'oculaire

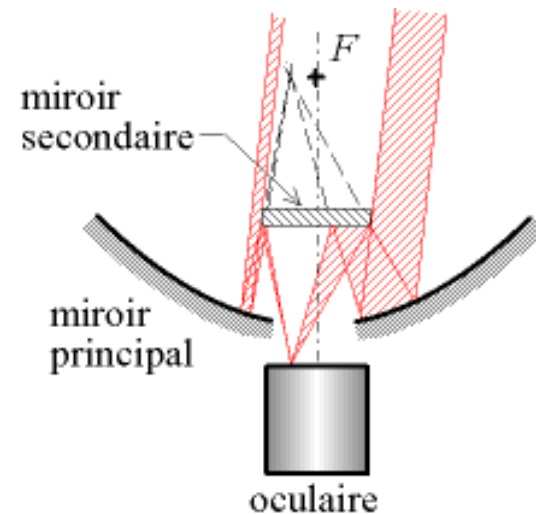
$f_o$  est la distance focale de l'objectif

# Télescopes réflecteurs

Ils utilisent des miroirs plutôt que des lentilles. Le miroir primaire de forme parabolique concentre les rayons parallèles en un point unique. Le miroir secondaire re-dirige la lumière vers l'oculaire.



*Télescope de Newton : miroir plan à 45° qui renvoie l'image sur le côté*

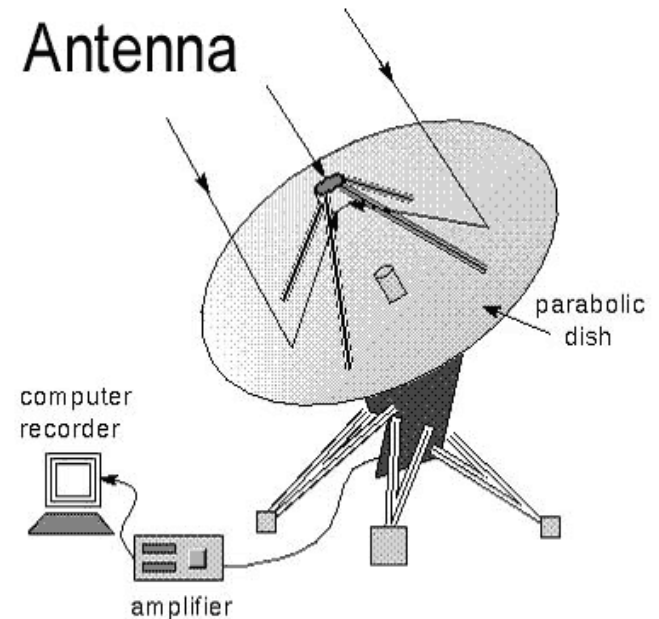


*Télescope de Cassegrain : miroir convexe qui renvoie l'image en arrière.*

# Les radiotélescopes

Instrument astronomique qui sert à recevoir les ondes radioélectriques émises par des sources célestes. Comme un télescope optique, il récolte l'énergie en provenance de l'objet étudié et la concentre en un point où elle est révélée par un système récepteur puis, successivement, amplifiée, analysée et enregistrée.

Les radiotélescopes ont un pouvoir de résolution beaucoup plus bas que celui des télescopes optiques correspondants.



A radio telescope reflects radio waves to a focus at the antenna.

# Types de radiotélescopes



Pour améliorer la résolution, on peut agrandir le miroir parabolique mais le télescope devient difficile à orienter.

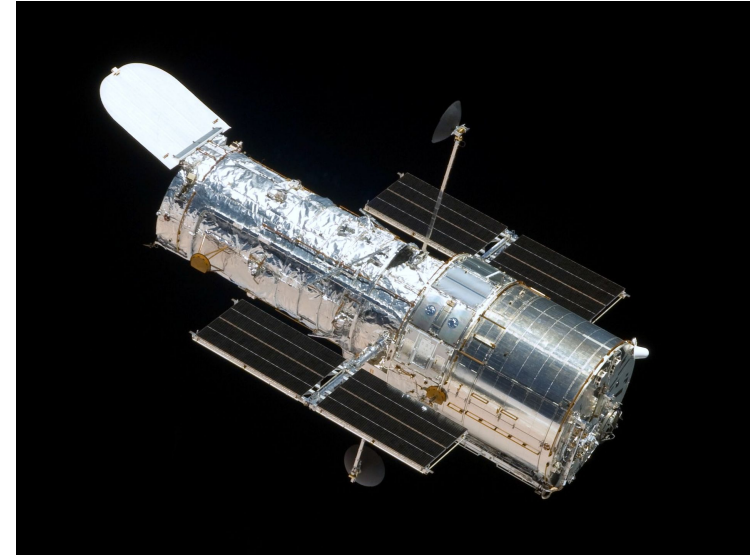
L'interférométrie ou l'utilisation de plusieurs radiotélescopes ensemble permet également d'améliorer la résolution.



# Les télescopes satellites

Les télescopes satellites situés au dessus de l'atmosphère terrestre offrent également une meilleure résolution car leur fonctionnement n'est pas perturbé par la pollution, les turbulences atmosphériques ou l'absorption de certaines fréquences.

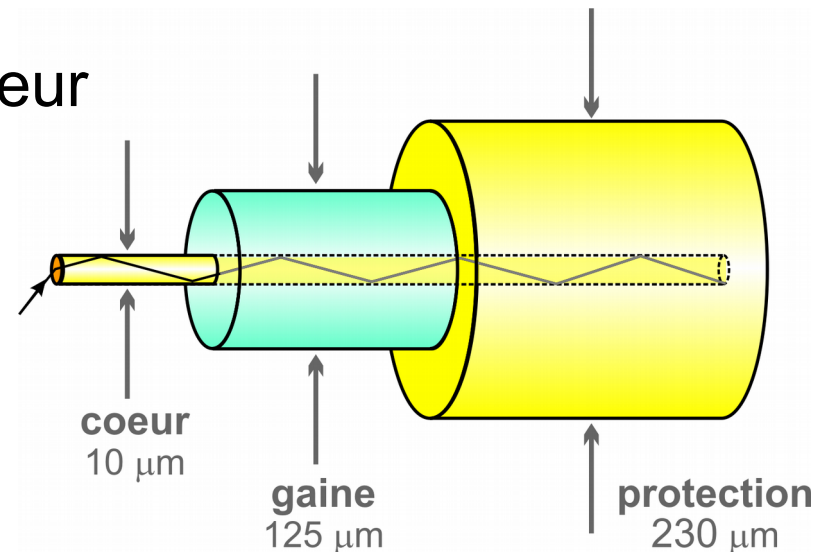
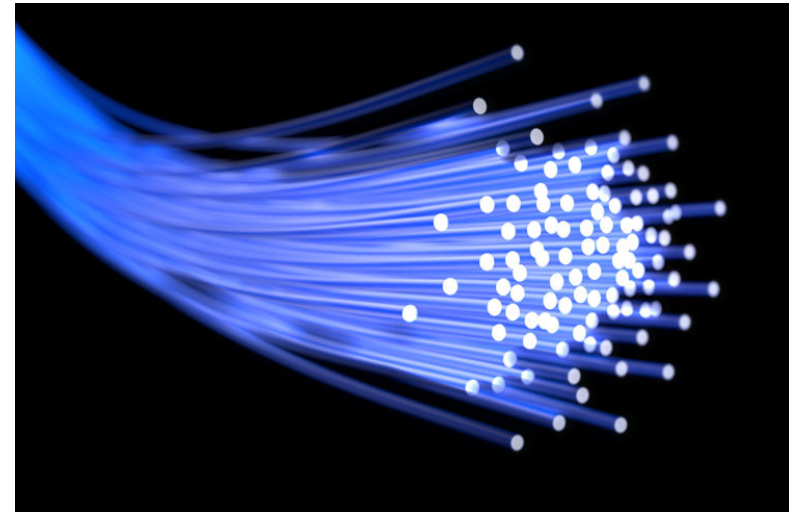
Le télescope Hubble, en particulier a rapporté des images très détaillées de l'espace.



# Les fibres optiques

La fibre optique est un cable constitué d'un fin tube en verre entouré d'une gaine optique.

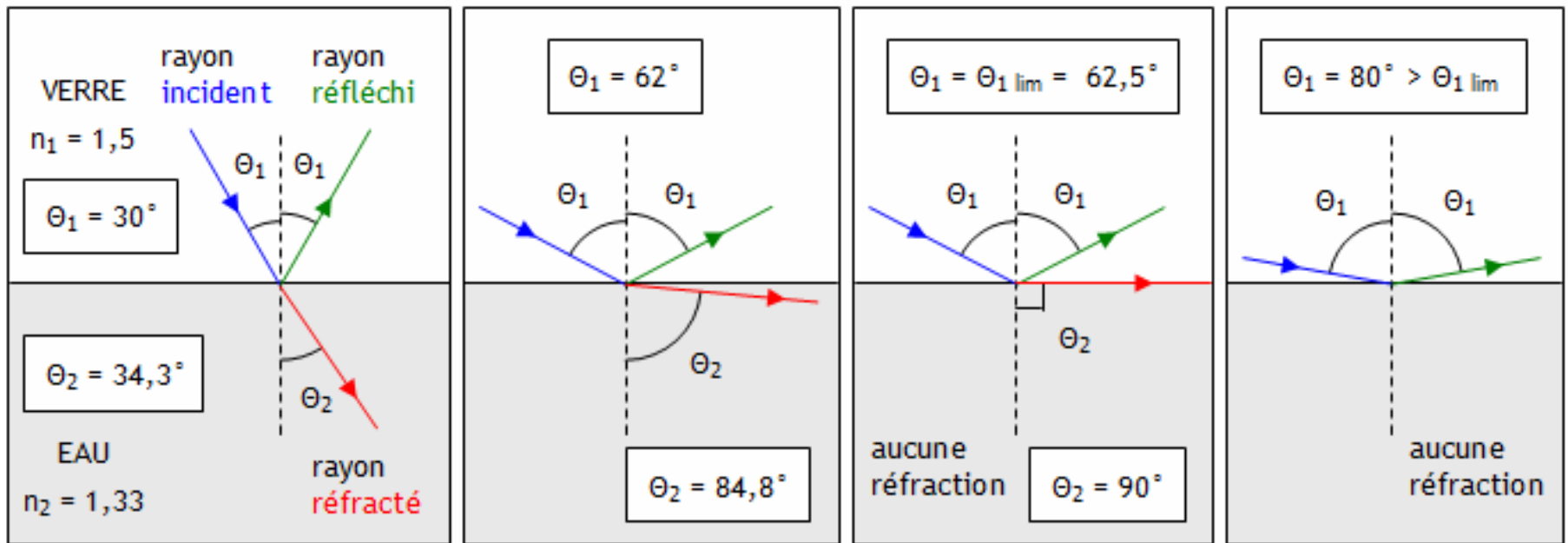
Elle fonctionne sur le principe de *réflexion totale* : la gaine est composée d'un matériau dont l'indice de réfraction est supérieur à celui du verre. Les rayons à l'intérieur du verre seront donc réfléchis et non pas réfractés.



# Loi de Snell-Descartes

Plus l'angle d'incidence augmente, plus l'angle de réfraction se rapproche de  $90^\circ$ . *L'angle critique* est l'angle incident pour lequel  $\theta_2 = 90^\circ$ .

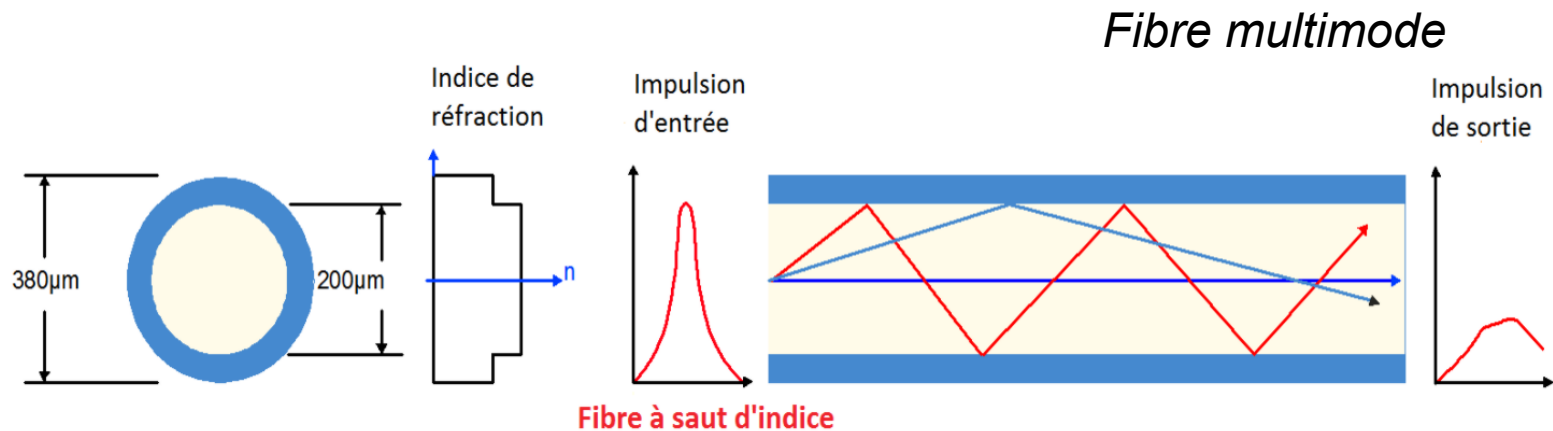
On sait que :  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$  donc  $\theta_1 = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$



# Dispersion

Les ondes voyageant dans la fibre sont soumises à deux types de dispersion :

- Dispersion matérielle car l'indice de réfraction du milieu dépend de la longueur d'onde
- Dispersion modale car les rayons peuvent plusieurs chemins (ou modes) différents

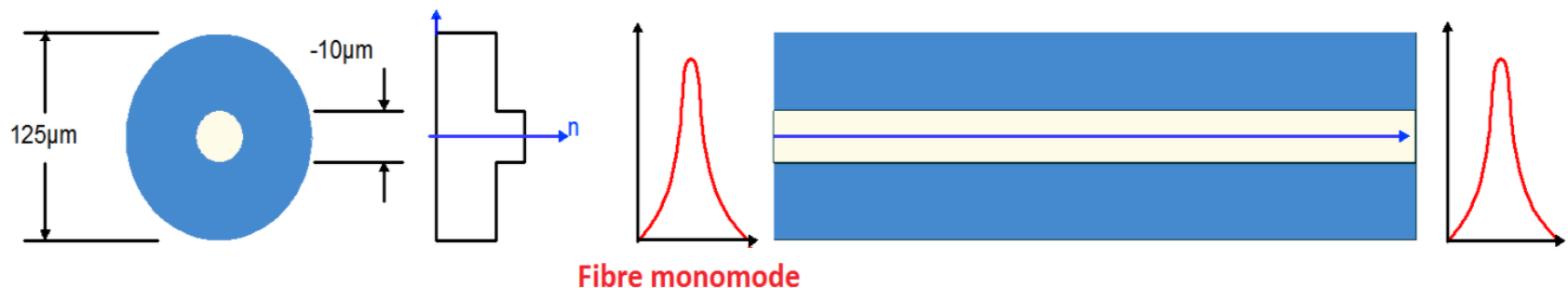




# Fibre monomode

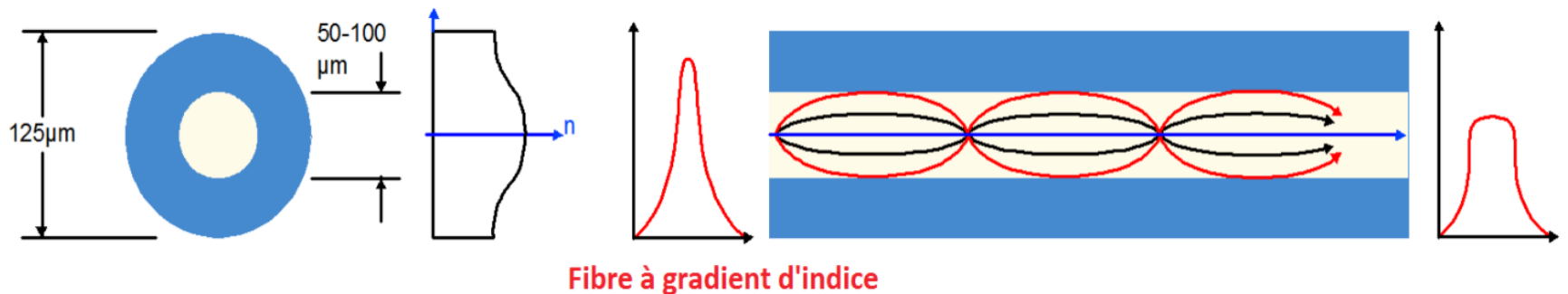
Pour résoudre ce problème, on peut utiliser une fibre monomode : la fibre centrale est si petite que la lumière ne peut suivre qu'un seul chemin.

Ces fibres sont particulièrement adéquates pour les transmissions de signaux sur longues distances.



# Fibre à gradient d'indice

Une autre façon d'atténuer le problème de dispersion modale est d'utiliser des fibres à gradient d'indice : la fibre centrale est constituée de plusieurs couches de matière dont les indices de réfraction varient progressivement.



# Pertes et atténuation

On appelle atténuation la perte de puissance d'un signal lors de son transport. Cette valeur dépend de la longueur d'onde et est mesurée en décibels, dB.

$$Perte = 10 \log \left( \frac{P_{finale}}{P_{initiale}} \right)$$

L'atténuation spécifique est la perte divisée par la longueur voyagée. Elle est mesurée en dB.km<sup>-1</sup>.

Fil de cuivre	Cable coaxial	Fibre optique
Transmission électrique	Transmission électrique	Transmission optique
Faible coût Facile à installer	Faible atténuation Bonne sécurité	Peu d'atténuation Très bonne sécurité Gros débits
Forte atténuation Sensibilité à l'environnement Faible sécurité	Coûts élevés Difficultés de manipulation	Coûts très élevés
Transferts de faibles débits sur des distances courtes	Transferts de débits plus importants sur 200 à 500 m	Gros débits sur des distances de l'ordre du km.