

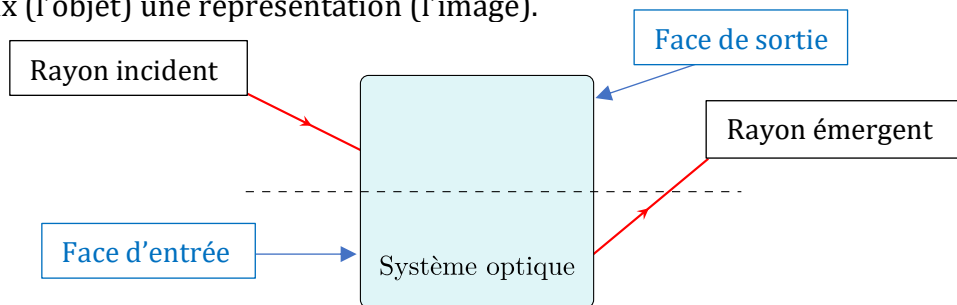


# Formation d'une image

## I. Objet et image

### 1. Système optique

On appelle système optique un ensemble de surfaces réfringentes et/ou réfléchissantes qui modifie la trajectoire des rayons lumineux. Il donne d'un ensemble de points lumineux (l'objet) une représentation (l'image).



On appelle **axe optique** l'axe de symétrie de révolution du système optique (s'il existe).

**Un rayon se propageant selon l'axe optique n'est pas dévié.**

### 2. Objet

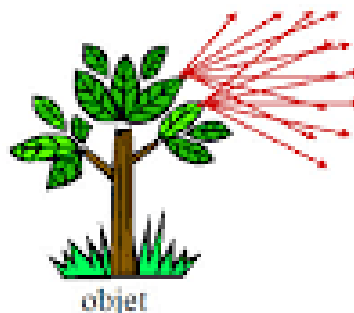
#### 2.1 Définition

On considère un ensemble de rayons lumineux issus d'une source lumineuse entrant dans le système optique, les rayons incidents.

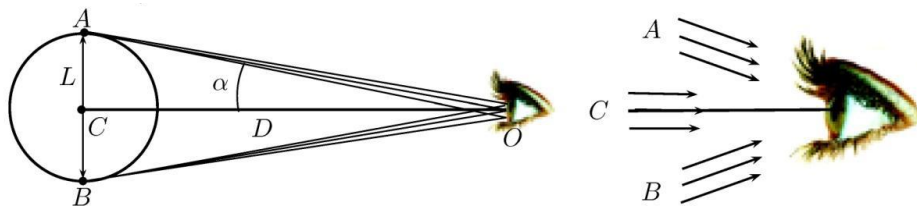
**Un point objet est l'intersection de rayons incidents.  
Un objet est un ensemble de points objets.**

Objet ponctuel : Un objet est considéré **ponctuel** si ses dimensions sont infiniment petites devant sa distance d'observation. Tous les rayons incidents semblent se couper en un seul point. *Exemple : une étoile vue depuis la Terre*

Objet étendu : Un objet est considéré **étendu** si ses dimensions sont finies. Il est alors traité comme une infinité d'objets ponctuels indépendants les uns des autres. *Exemple : la Lune, un arbre...*



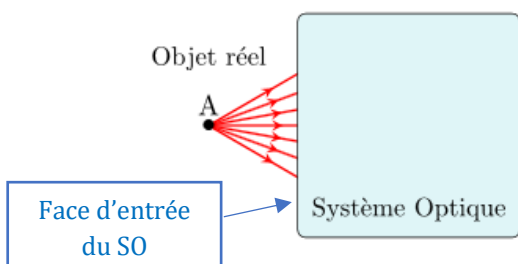
Point objet à l'infini : Si on se place très loin d'une source lumineuse ponctuelle, les rayons incidents semblent être parallèles entre eux.



**Des rayons incidents parallèles entre eux définissent un point objet à l'infini.**

## 2.2 Objet réel ou virtuel

**Un objet est réel s'il est situé avant la face d'entrée du système optique.**

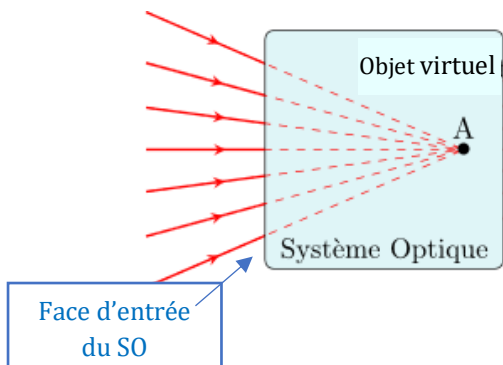


**Faisceau incident divergent.**

Les rayons incidents sont réellement issus du point objet.

« A peut être touché. »

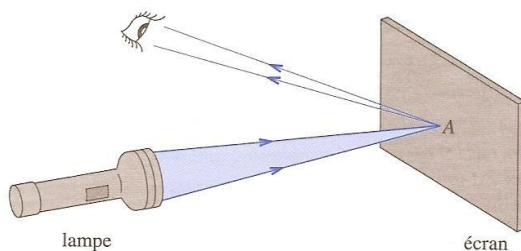
**Un objet est virtuel s'il est situé après la face d'entrée du système optique.**



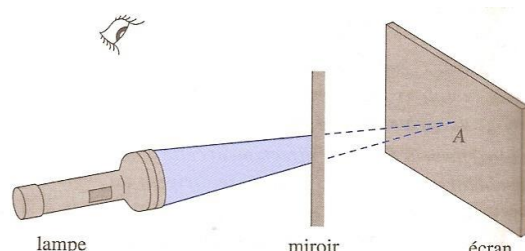
**Faisceau incident convergent.**

Les rayons incidents se dirigent vers l'objet mais ne se coupent pas réellement en A à cause de la présence du système optique qui les dévient : **il est l'intersection des prolongements des rayons incidents**

« A ne peut être touché. »

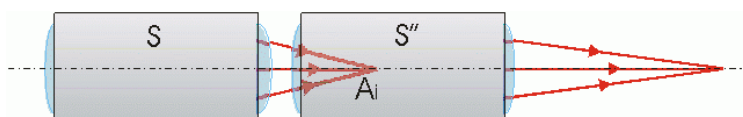


L'œil voit A si le miroir est absent.



Le miroir étant en place, l'œil ne peut plus voir A sur l'écran : A est virtuel pour le miroir.

*Remarque : tout objet dans la nature est un objet réel, cependant, lors d'un enchaînement de systèmes optiques on peut rencontrer des objets virtuels. Sur le schéma ci-dessous, A<sub>i</sub> joue le rôle d'objet virtuel pour le système optique S''.*



### 3. Image

#### 3.1 Récepteurs

Un récepteur est un ensemble de cellules photosensibles qui fournissent un signal fonction de leur éclaircissement et de la longueur.

*Exemple : rétine de l'œil et cellules rétiniennes, capteur CCD.*

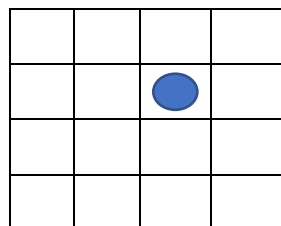
#### 3.2 Définitions

On considère un ensemble de rayons lumineux sortant du système optique, les rayons émergents.

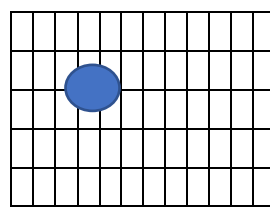
**Un point image est l'intersection de rayons émergents.  
Une image est un ensemble de points images.**

**La nature ponctuelle ou étendue d'une image dépend du récepteur : l'image apparaît ponctuelle si sa taille est inférieure à celles des cellules réceptrices.**

*On considère un ensemble de points images formant une tâche.*



*Image ponctuelle*

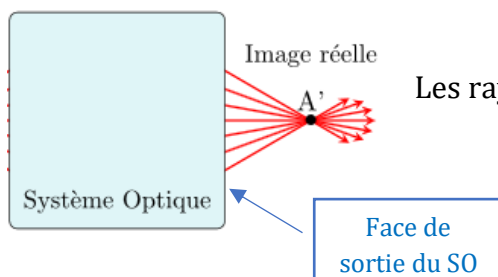


*Image étendue*

**Point image à l'infini** : Des rayons émergents parallèles entre eux définissent **un point image à l'infini**.

#### 3.3 Image réelle ou virtuelle

**Une image est dite réelle si elle est située après la face de sortie du système optique.**

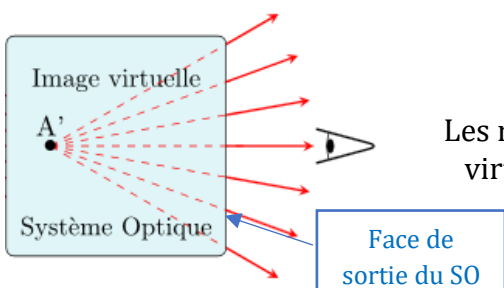


**Faisceau émergent convergent.**

Les rayons émergents se dirigent vers le point image réel et s'y coupent réellement.

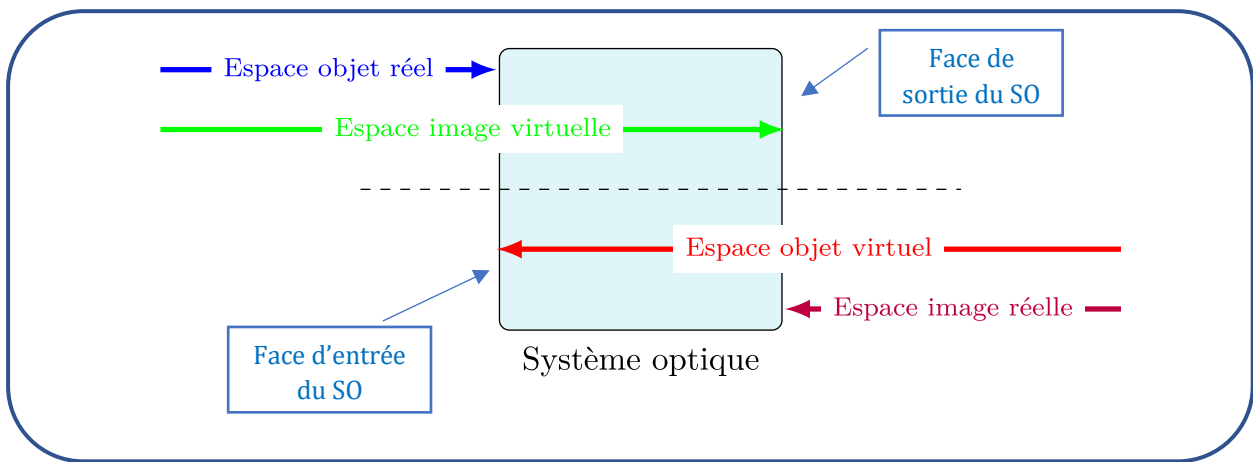
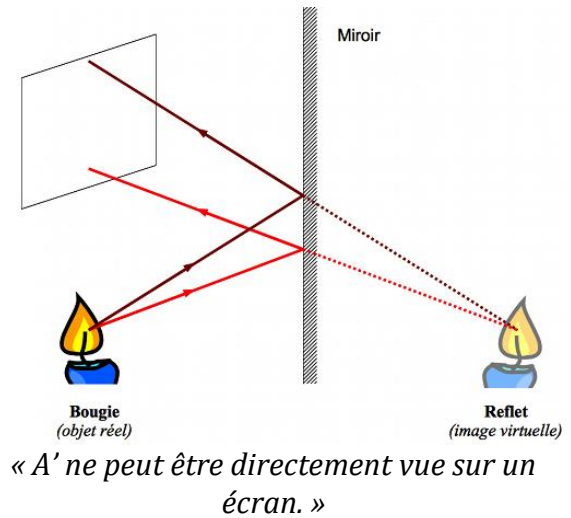
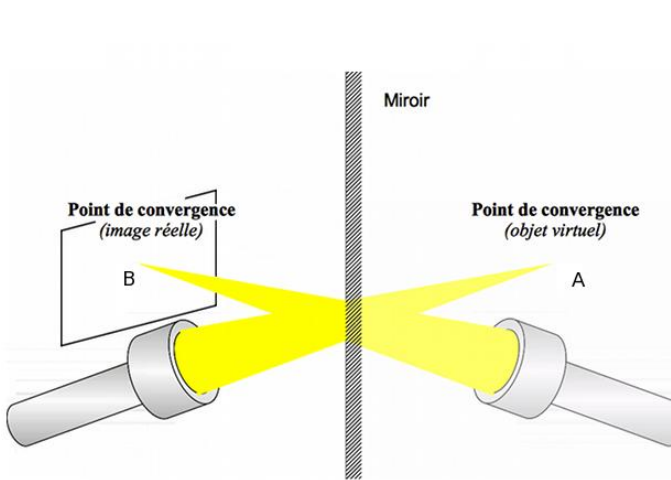
*« A' peut être vu sur un écran. »*

**Une image est dite virtuelle si elle est située avant la face de sortie du système optique.**



**Faisceau émergent divergent.**

Les rayons émergents semblent provenir du point image virtuel : il est **l'intersection des prolongements des rayons émergents**.



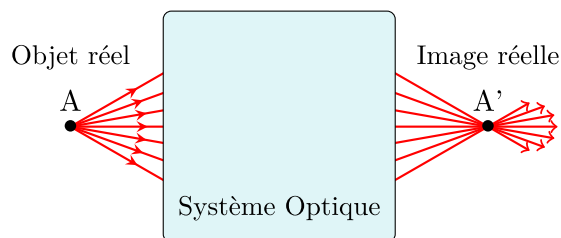
## II. Propriétés des systèmes optiques

### 1. Stigmatisme

#### 1.1 Stigmatisme rigoureux

Si tous les rayons émis par un point objet A émergent du système optique en passant par un point unique A' : le système est dit rigoureusement stigmatique, A' est l'image conjuguée de A.

« L'image d'un point est un point »



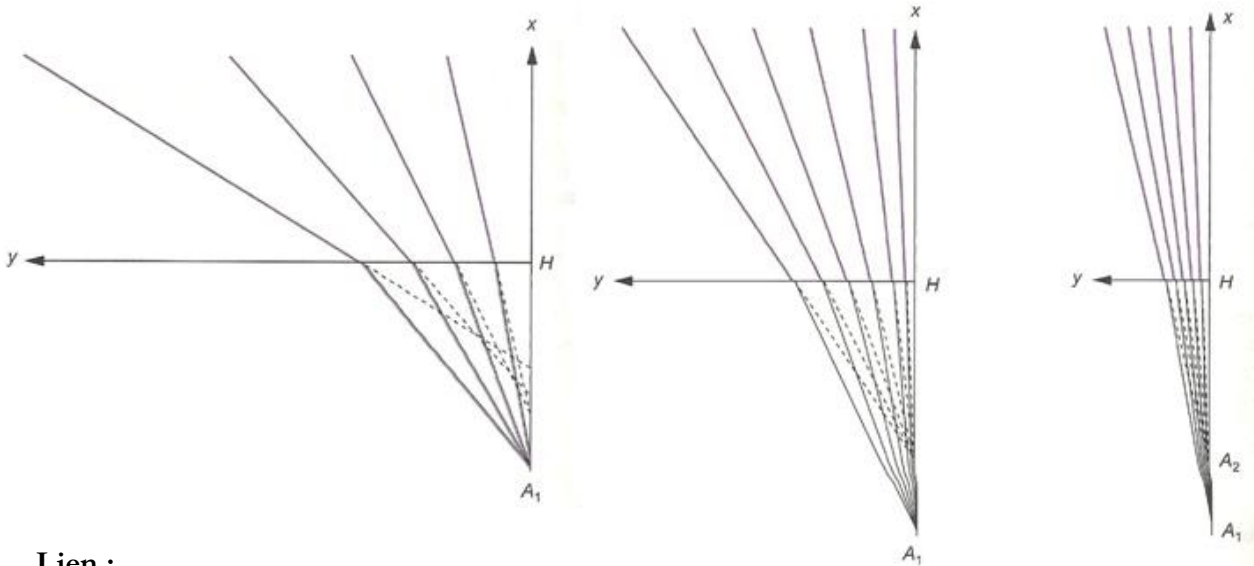
Attention : objet et image ne sont pas nécessairement réels !

C'est une propriété très importante qui détermine la netteté de l'image.

## 1.2 Stigmatisme approché :

Prenons l'exemple d'un dioptre plan (modélisé par un plan Hyz).  $A_1$  est un point objet réel. Les rayons émergents ne se coupent pas en un seul point : le système n'est pas stigmatique.

Il donne d'un point objet plusieurs points images et donc une tâche image.

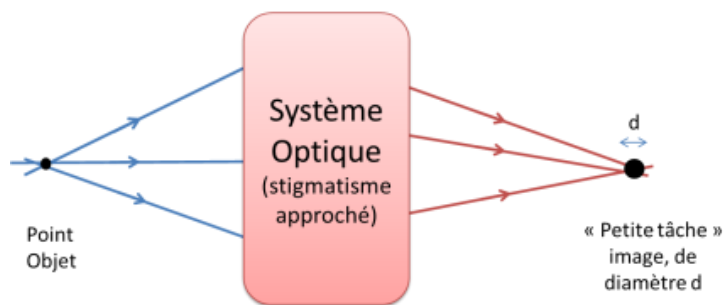


Lien :

[http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve\\_tulloue/optiqueGeo/dioptres/stig\\_dioptre\\_plan.php](http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/optiqueGeo/dioptres/stig_dioptre_plan.php)

Si on se limite aux rayons peu inclinés à l'axe optique, on observe que la dimension de la tâche diminue. **En réduisant l'inclinaison des rayons incidents, les différentes intersections tendent vers une intersection unique.**

Si la taille caractéristique de la tâche image formée devient plus petite que celle des cellules du récepteur, le récepteur ne verra pas une tâche mais un point.



**Il existe un stigmatisme approché lorsque la dimension de la tâche image est suffisamment petite pour être considérée ponctuelle par le récepteur.**

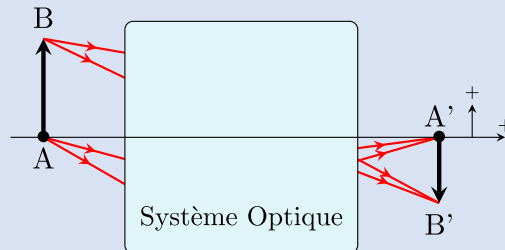
**De manière générale, on pourra avoir un stigmatisme approché dans les conditions de Gauss, c'est-à-dire en se limitant à l'utilisation des rayons paraxiaux (rayons peu éloignés de l'axe optique et peu inclinés par rapport à l'axe optique).**

*En pratique on utilise un diaphragme, mais ceci présente deux inconvénients : perte de luminosité et phénomène de diffraction.*

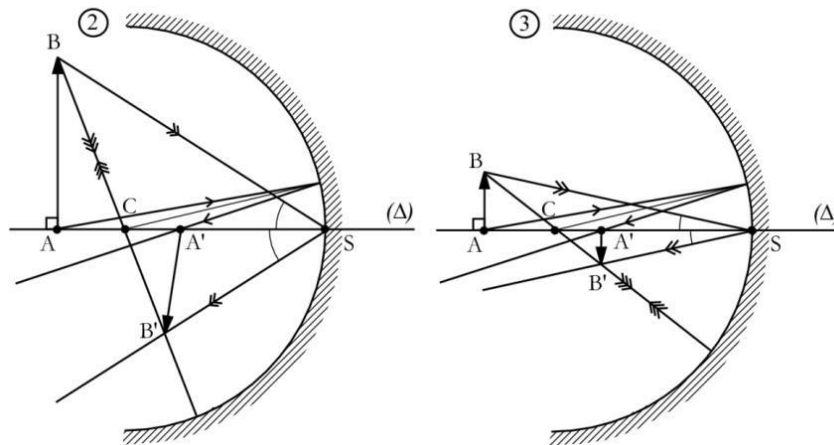
## 2. Aplanétisme

Dans le cas d'un système optique aplanétique, tout objet  $AB$  plan et perpendiculaire à l'axe optique a une image  $A'B'$  plane et perpendiculaire à cet axe.

**Aplanétisme = Conservation du stigmatisme dans le plan transverse.**



Considérons un miroir sphérique et un objet réel :

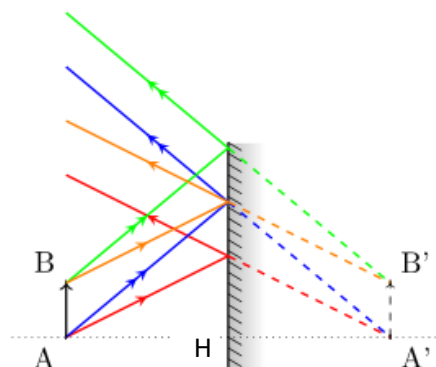


On constate qu'en se plaçant dans les conditions de Gauss, il y a aplanétisme approché.

On retiendra qu'il y a stigmatisme et aplanétisme approchés si on se place dans les conditions de Gauss.

## III. Système rigoureusement stigmatique : le miroir plan

### 1. Construction de l'image



Le miroir plan présente un **stigmatisme et un aplanétisme rigoureux**.

**Un miroir plan donne de tout objet AB une image A'B' symétrique de AB par rapport au plan du miroir.**

Lien: [https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/optiqueGeo/miroirs/miroir\\_plan.php](https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/optiqueGeo/miroirs/miroir_plan.php)

Remarque : Un objet réel donne une image virtuelle est inversement.

## 2. Relation de conjugaison et grandissement transversal

Attention nous utilisons des grandeurs algébriques (grandeurs qui possèdent un signe selon une orientation arbitraire choisie, symbolisée avec une barre au-dessus)

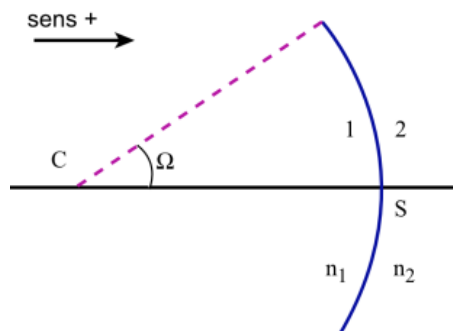
Relation de conjugaison :  $\overline{HA'} = -\overline{HA}$       Grandissement transversal :  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = 1$

## IV. Lentilles sphériques minces

### 1. Modélisation d'une lentille sphérique mince

#### 1.1 Définitions

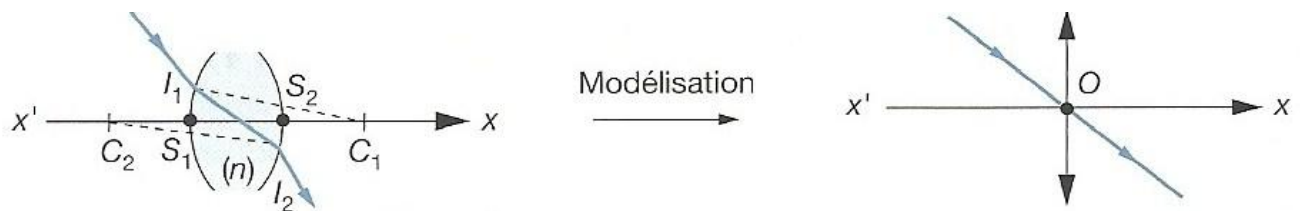
Un **dioptré sphérique** est une portion surface sphérique de centre C, de rayon R séparant 2 MHTI d'indices différents.



Une **lentille sphérique** résulte de l'association de 2 dioptrés sphériques de même axe de symétrie de révolution, l'axe optique.

La lentille est dite **mince** lorsque son épaisseur  $S_1S_2$  est négligeable devant les rayons de courbures ainsi que devant la distance  $C_1C_2$  entre les centres des 2 dioptrés :

$$S_1S_2 \ll S_1C_1, S_2C_2 \text{ et } C_1C_2$$

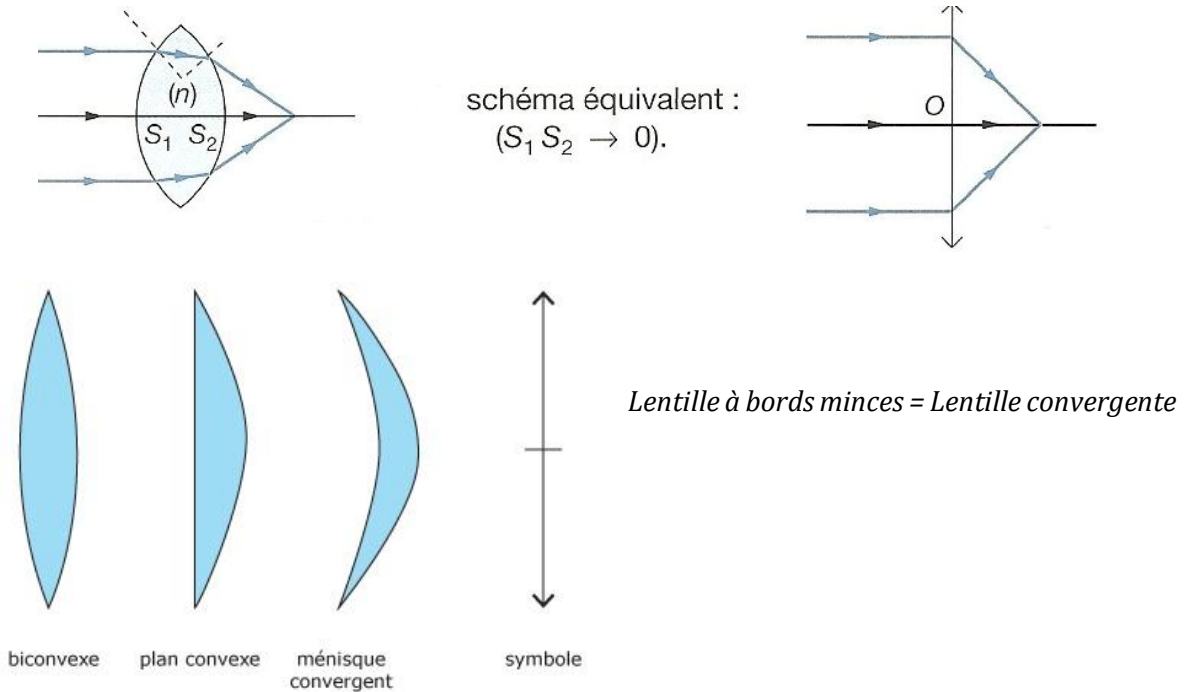


**O est le centre optique de la lentille.**

**Propriété importante : Tout rayon passant par le centre optique n'est pas dévié.**

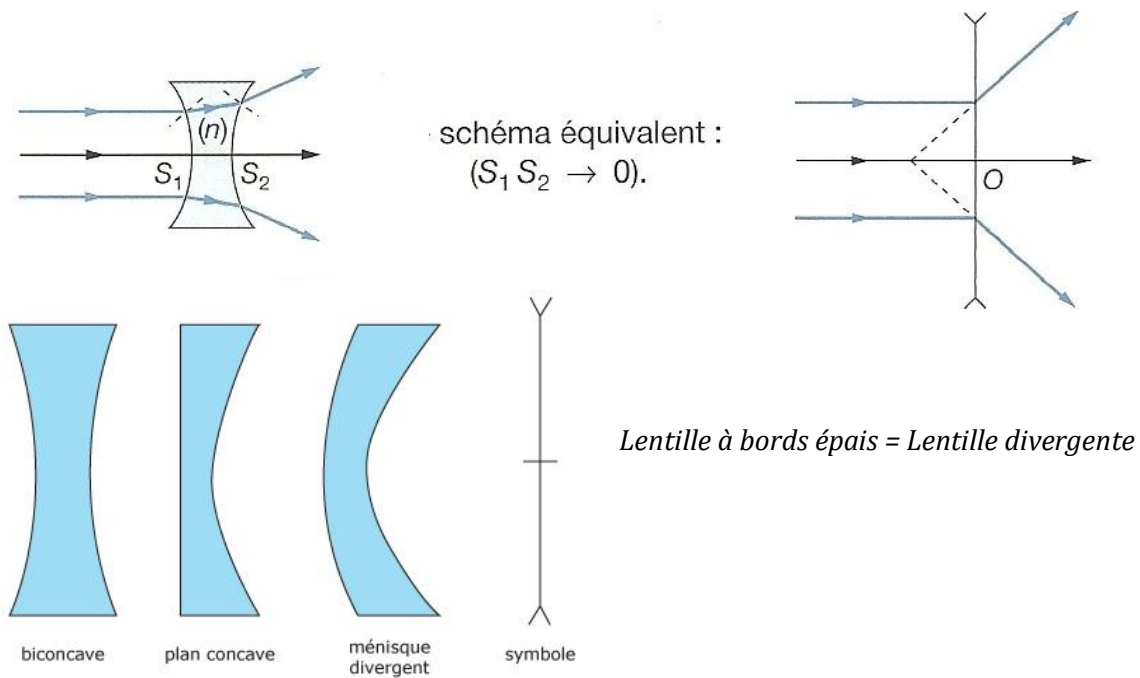
## 1.2 Les différents types de lentille

➤ **Lentille convergente** : les rayons émergents se rapprochent de l'axe optique.



*Attention : une lentille convergente ne veut pas dire que les rayons vont nécessairement se couper après  $O$ .*

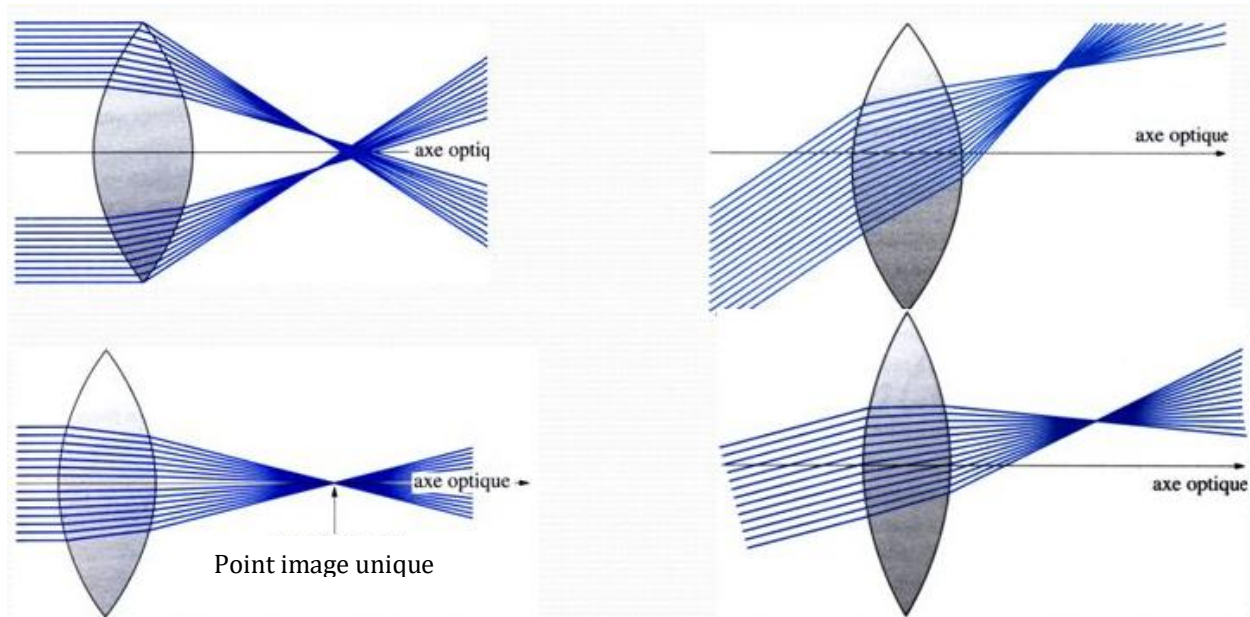
➤ **Lentille divergente** : les rayons émergents s'écartent de l'axe optique.



*Attention : une lentille divergente ne veut pas dire que les rayons ne vont pas se couper après  $O$ .*

## 2. Stigmatisme et aplanétisme

On considère ci-dessous un point objet à l'infini :



**Une lentille mince sphérique présente un stigmatisme et un aplanétisme approchés dans les conditions de Gauss.**

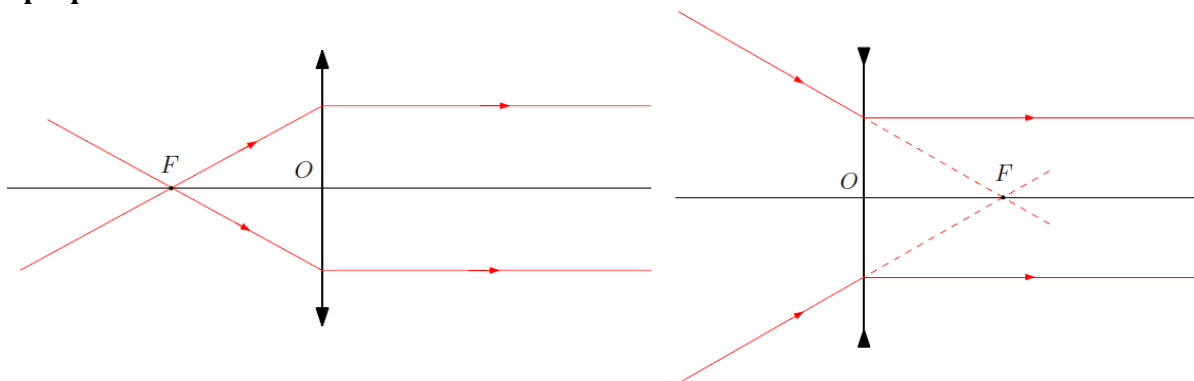
**Conséquence du stigmatisme approché :** Un rayon se propageant selon l'axe optique n'étant pas dévié, tout point objet sur l'axe optique donne une image située elle aussi sur l'axe optique.

## 3. Foyers d'une lentille sphérique mince

### 3.1 Foyers principaux et distance focale

**Le foyer principal objet,  $F$ , est le point objet situé sur l'axe optique dont l'image est située à l'infini sur l'axe optique.**

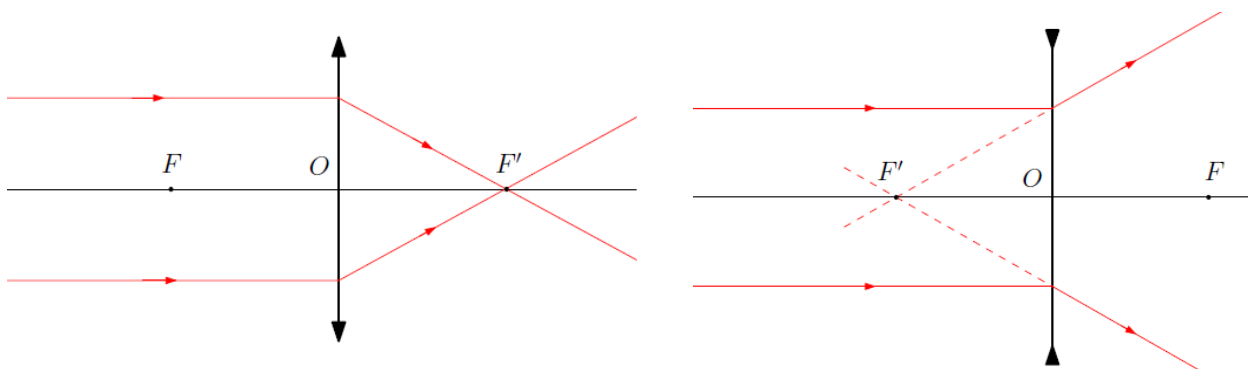
**Tout rayon incident dont la direction passe par  $F$  émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique.**



*Le foyer objet est un objet réel pour une lentille convergente, virtuel pour une lentille divergente.*

**Le foyer principal image,  $F'$ , est l'image d'un point objet situé sur l'axe optique et à l'infini.**

**Tout rayon parallèle à l'axe optique émerge de la lentille tel que sa direction passe par  $F'$ .**



*Le foyer image est réel pour une lentille convergente, virtuel pour une lentille divergente.*

**$F$  et  $F'$  sont symétriques par rapport à  $O$  mais ATTENTION :  $F$  et  $F'$  ne sont pas objet et image l'un de l'autre !**

**On appelle distance focale image la distance algébrique  $f' = \overline{OF'}$ .**

*Elle est positive si la lentille est convergente, négative si divergente.*

La **vergence** est définie par  $V = \frac{1}{f'}$ , s'exprime en dioptrie  $\delta$  ( $1\delta = 1 \text{ m}^{-1}$ ). ( $> 0$  si convergente,  $< 0$  si divergente).

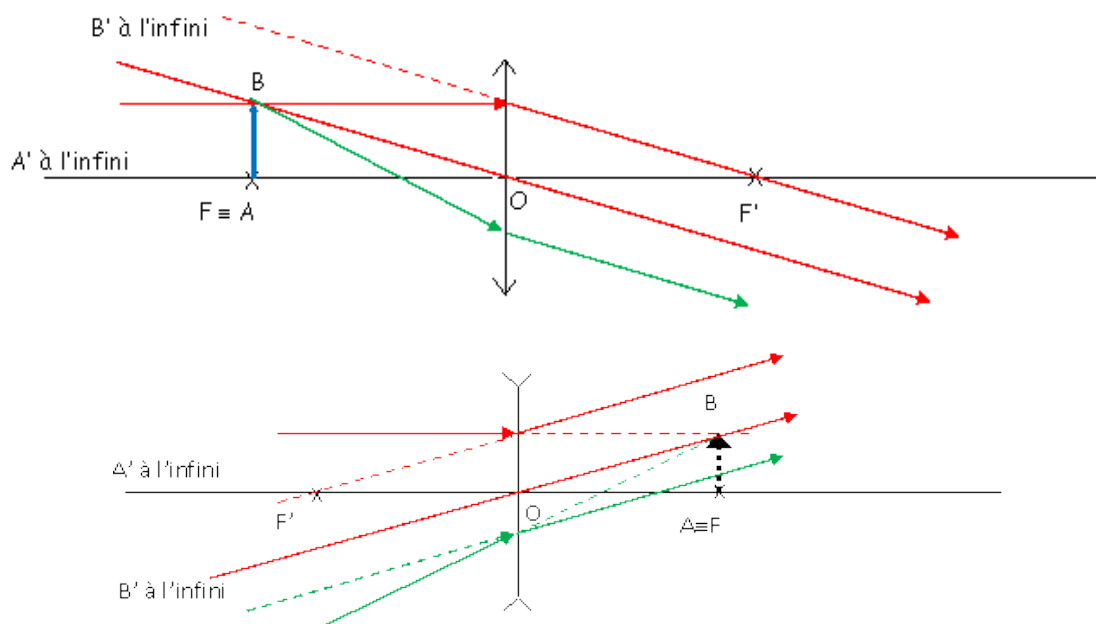
### 3.2 Foyers secondaires et plans focaux :

➤ **Plan focal objet : Plan passant par le foyer objet  $F$  perpendiculaire à l'axe optique.**

**Tout point objet hors de l'axe optique et appartenant au plan focal objet, appelé foyer objet secondaire, a son image à l'infini hors axe optique.**



**2 rayons incidents se coupant dans le plan focal objet émergent parallèlement entre eux.**

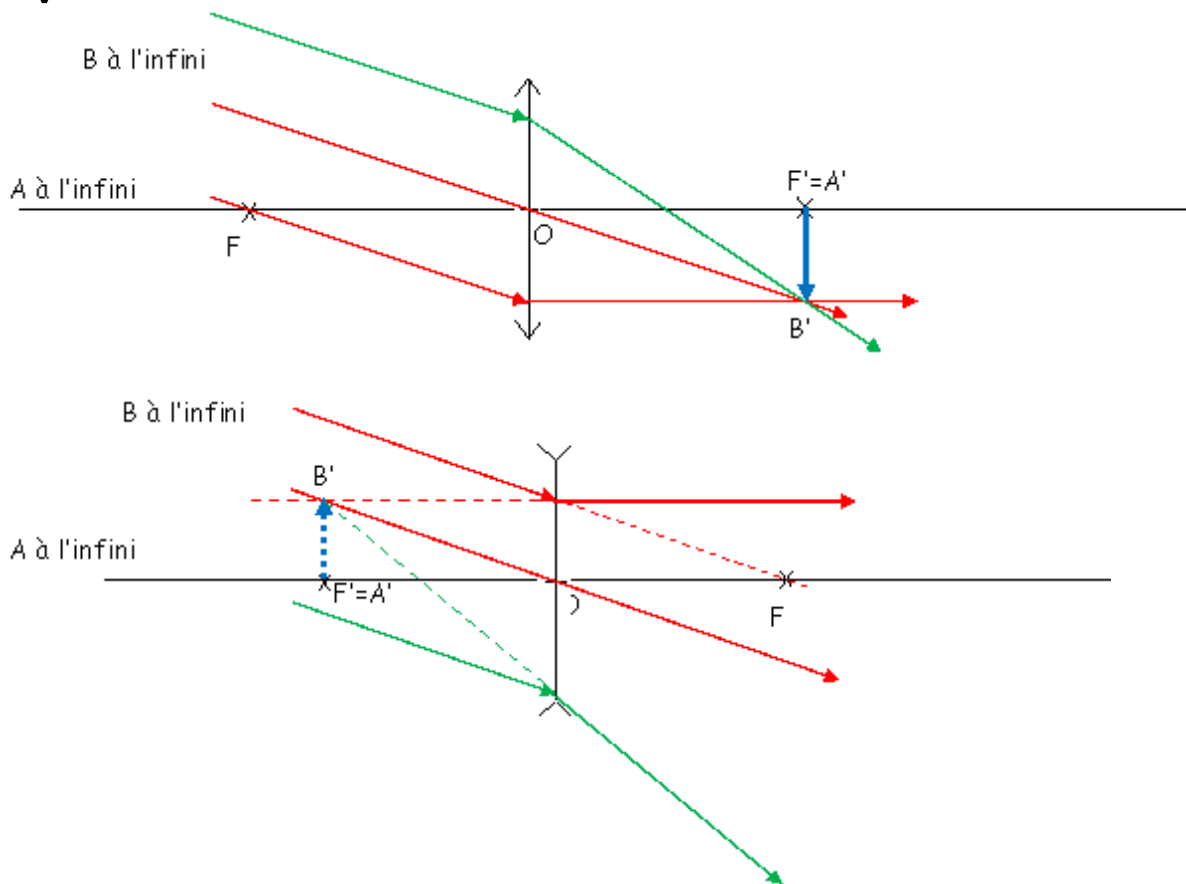


- **Plan focal image : Plan passant par  $F'$  perpendiculaire à l'axe optique.**

**Tout point objet situé à l'infini hors de l'axe optique a pour image un point hors axe optique appartenant au plan focal image, appelé foyer image secondaire.**



**2 rayons incidents parallèles entre eux émergent en se coupant dans le plan focal image.**



## 4. Constructions géométriques

### 4.1 Méthode pour construire l'image d'un objet perpendiculaire à l'axe optique

Soit  $AB$  un objet perpendiculaire à l'axe optique tel que  $A$  est situé sur l'axe optique et  $B$  en dehors. On note  $A'B'$  son image conjuguée. On se place dans les conditions de Gauss :

- **Stigmatisme approché :**

Tous les rayons incidents passant par un même point objet émergent en passant par un point image unique  $\Rightarrow$  **2 rayons suffisent.**

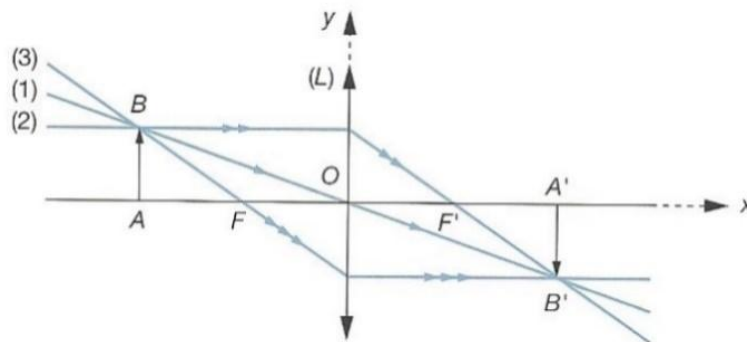
- **Aplanétisme approché :**

L'image  $A'B'$  d'un objet perpendiculaire à l'axe optique est elle aussi perpendiculaire à l'axe optique  $\Rightarrow$  **il suffit de déterminer  $B'$ .**



**Pour construire B', l'image conjuguée de B,**

- On trace 2 rayons parmi :
  - Le rayon incident (1) passant par B et le centre optique, qui n'est pas dévié.
  - Le rayon incident (2) passant par B et parallèle à l'axe optique qui émerge en passant par le foyer image F'.
  - Le rayon incident (3) passant par B et le foyer objet F qui émerge parallèlement à l'axe optique.
- B' est l'intersection des rayons émergents.
- Le système étant aplanétique A' est le projeté orthogonal de B' sur l'axe.

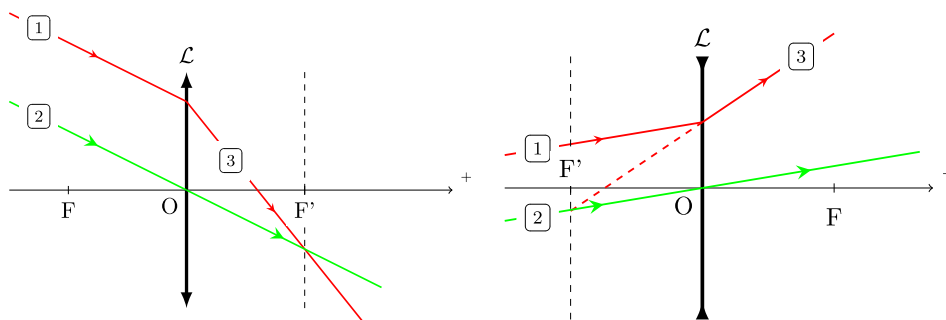


4.2 Méthode pour construire un rayon émergent

On utilise la propriété du plan focal image : 2 rayons incidents parallèles émergent en se coupant dans le plan focal image.



- Tracer un rayon incident parallèle (2) au rayon incident (1) et passant par le centre optique, il n'est pas dévié.
- Le rayon incident (1) émerge de façon à ce que les rayons (3) et (2) se coupent dans le plan focal image.

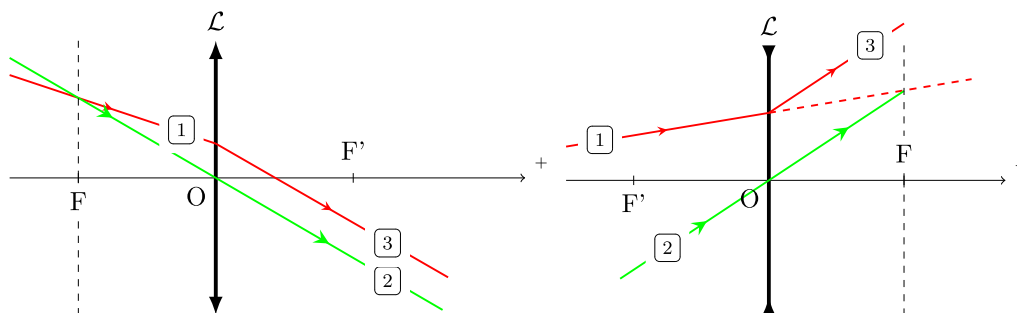


4.3 Méthode pour construire un rayon incident

On utilise le plan focal objet : 2 rayons incidents se coupant dans le plan focal objet émergent parallèles entre eux.



- Tracer un rayon émergent parallèle (2) au rayon émergent (3) et passant par le centre optique, il n'a pas été dévié.
- Le rayon incident (1) est tel qu'il coupe le rayon (2) dans le plan focal objet.



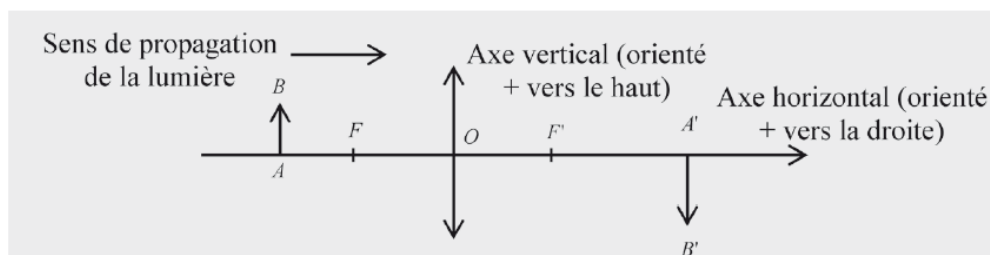
## 5. Relation de conjugaison et grandissement transversal

La partie précédente permet de déterminer **graphiquement** la position et la taille de l'image d'un objet AB donné. Mais cela reste une estimation selon la précision des tracés !

Les formules qui suivent permettent de déterminer **par le calcul** la position de l'image sur l'axe optique, autrement dit la position de A', ainsi que la taille de l'image A'B'.



**ATTENTION AUX GRANDEURS ALGEBRIQUES !**



### 5.1 Relation de conjugaison de Descartes

Pour déterminer la position de l'image.

$$\text{Formule de Descartes : } \frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$$



### 5.2 Grandissement transversal

Pour déterminer la taille de l'image.

$$\text{Grandissement transversal : } \gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$



On considère un objet de hauteur 1 cm situé 4 cm avant une lentille de distance focale image  $f' = 3$  cm. Déterminer graphiquement puis par le calcul la position et la taille de son image.

