

# OPTIQUE GEOMETRIQUE

## III. Lentilles minces

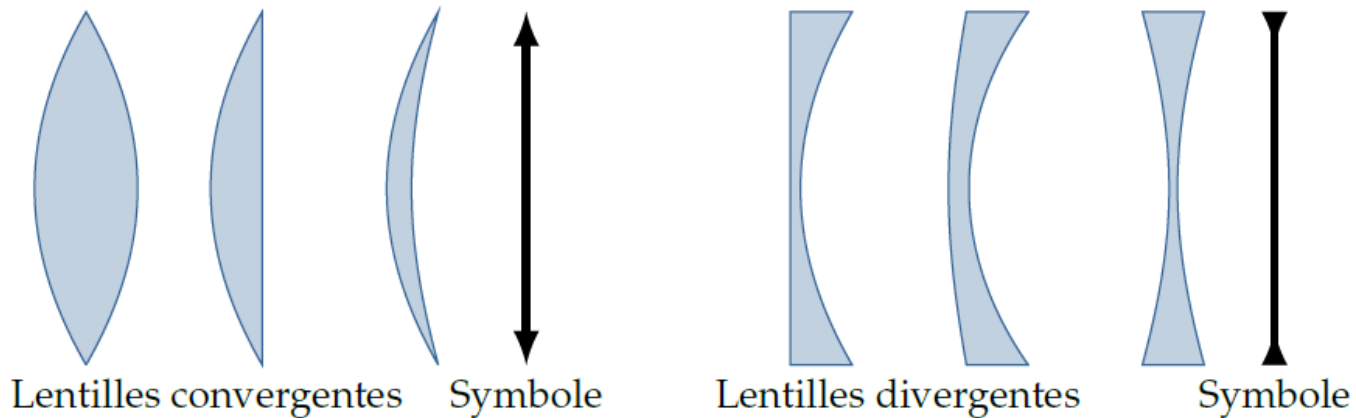
Introduction : définition

1. Relation du conjugaison des lentilles minces
2. Caractéristiques des lentilles
3. Formation des images
  - A) Construction géométrique des rayons
  - B) Positions des images
  - C) Grandissement
  - D) Limites

## INTRODUCTION : définition

**Lentille** : milieu transparent (souvent du verre) délimité par deux dioptries sphériques

Différentes formes de lentilles :

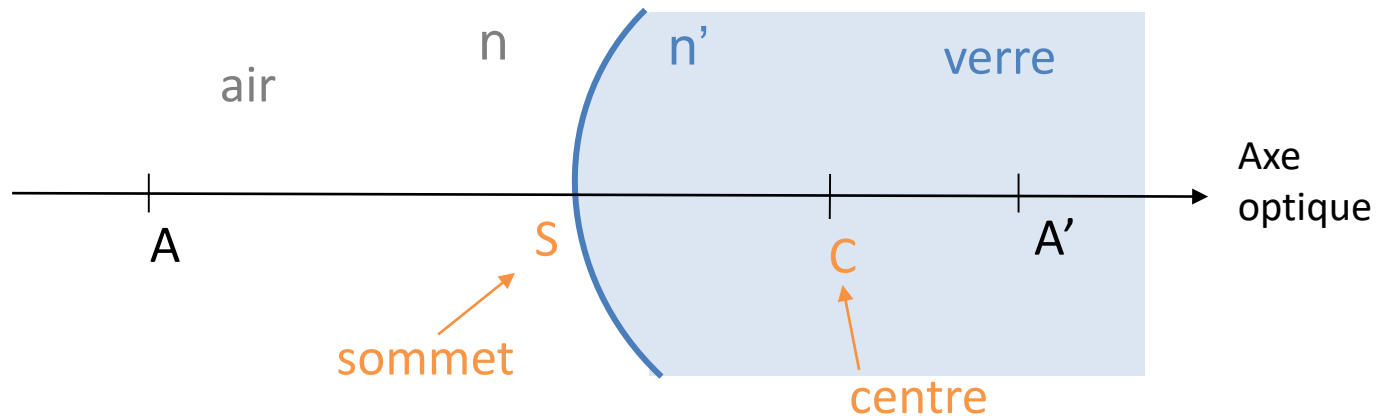


On parle de **lentilles minces** lorsque l'épaisseur  $\ll$  rayons de courbure

# 1. Relation de conjugaison des lentilles minces

# 1. Relation de conjugaison des lentilles minces

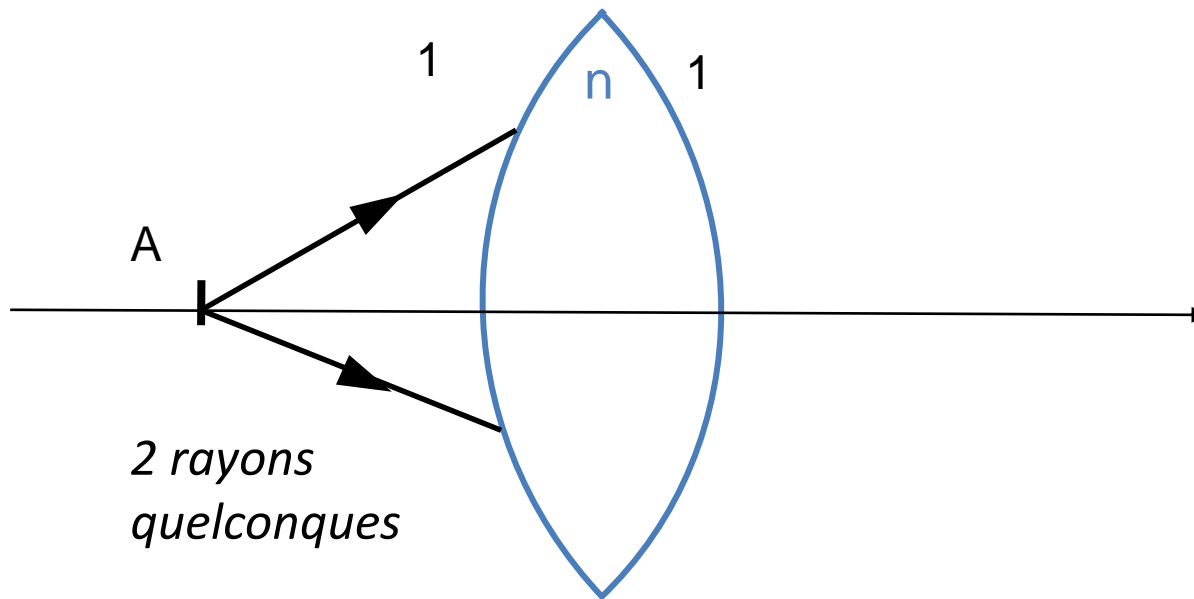
## Relation de conjugaison des dioptries sphériques



$$\frac{n}{\overline{SA}} - \frac{n'}{\overline{SA'}} = \frac{n - n'}{\overline{SC}}$$

Relation de conjugaison  
des dioptries sphériques  
dans l'approximation  
des conditions de Gauss

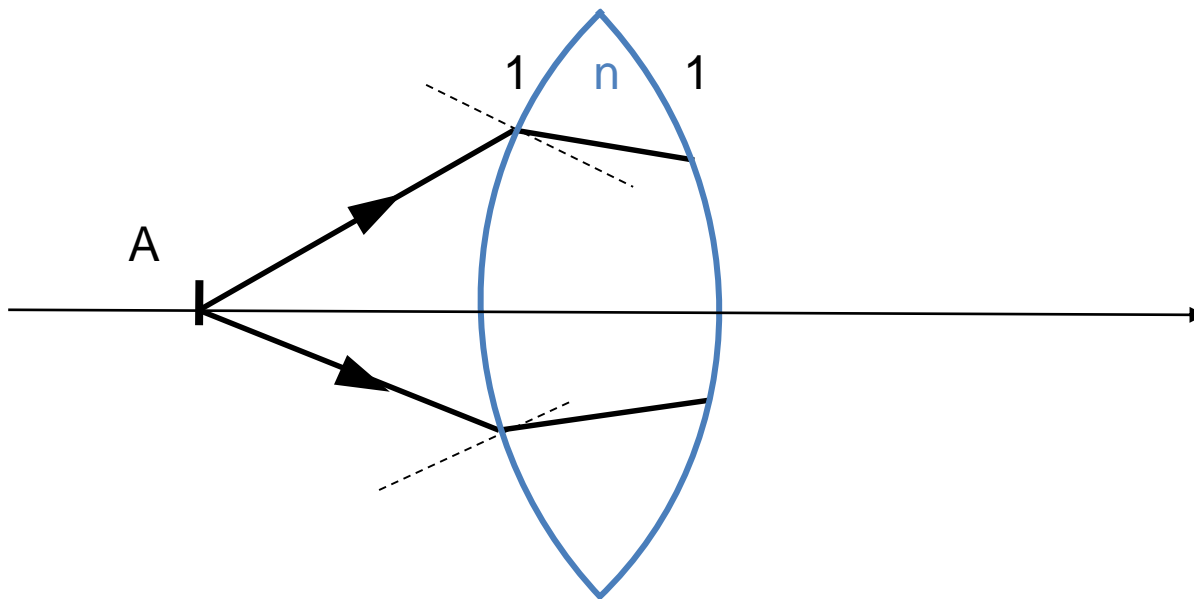
## 1. Relation de conjugaison des lentilles minces



Soit un objet A. Que se passe-t-il pour les rayons lumineux issus de A passant dans la lentille ?

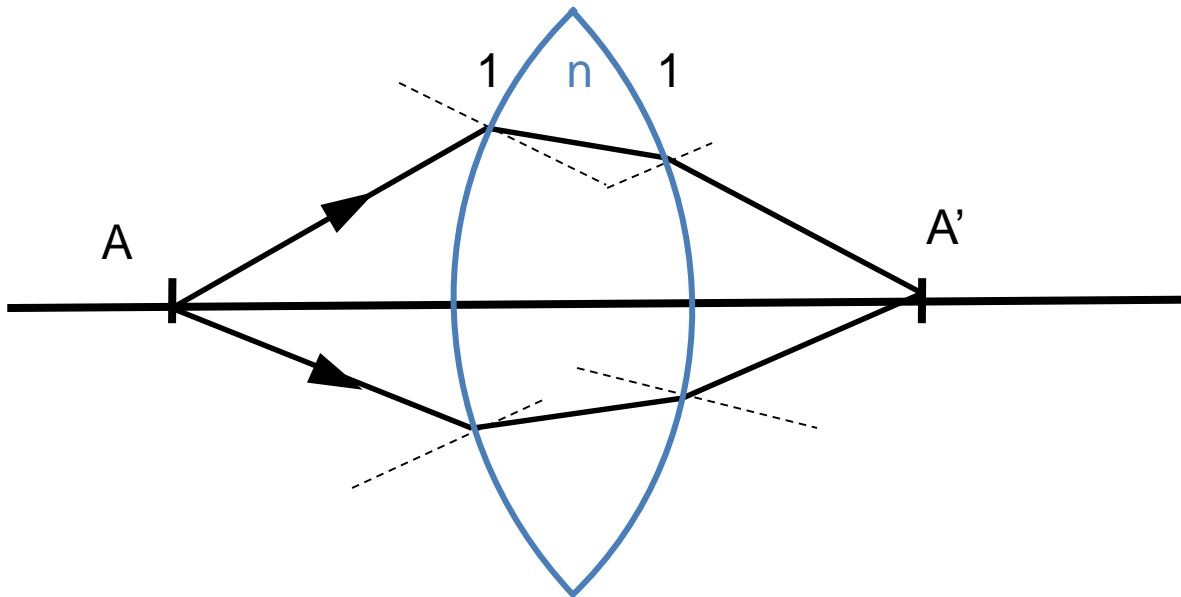
# 1. Relation de conjugaison des lentilles minces

Première déviation sur le premier dioptre



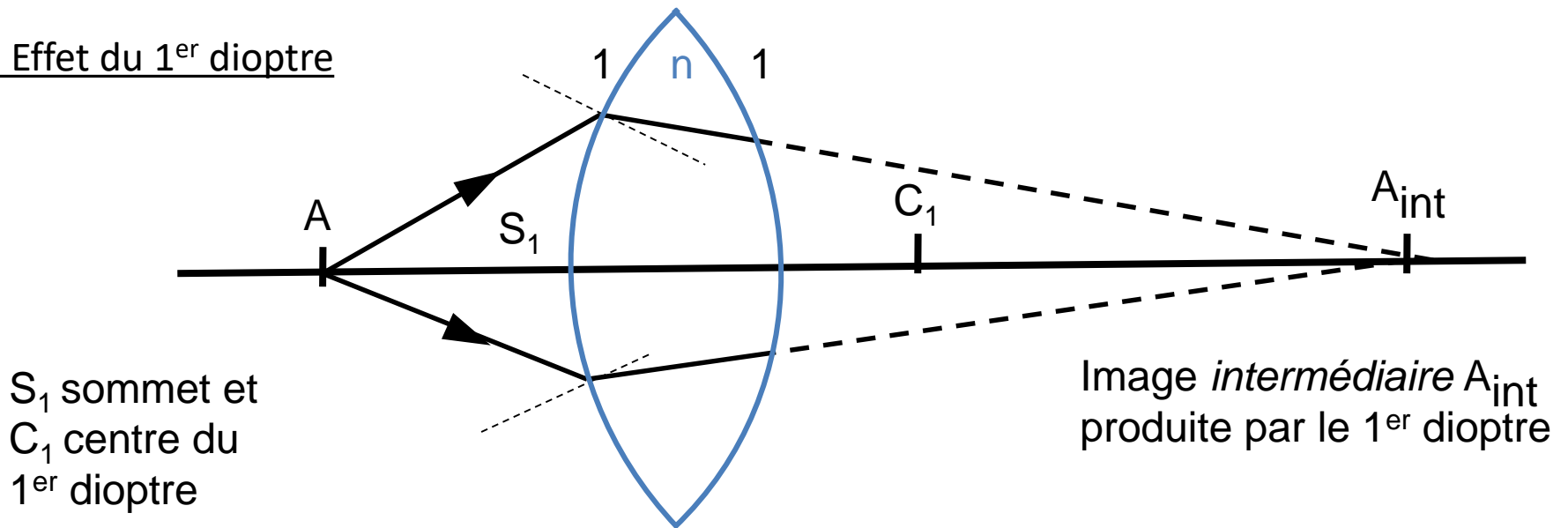
# 1. Relation de conjugaison des lentilles minces

Deuxième déviation sur le deuxième dioptre.



# 1. Relation de conjugaison des lentilles minces

## 1. Effet du 1<sup>er</sup> dioptr



$$\frac{n}{\overline{SA}} - \frac{n'}{\overline{SA'}} = \frac{n - n'}{\overline{SC}}$$

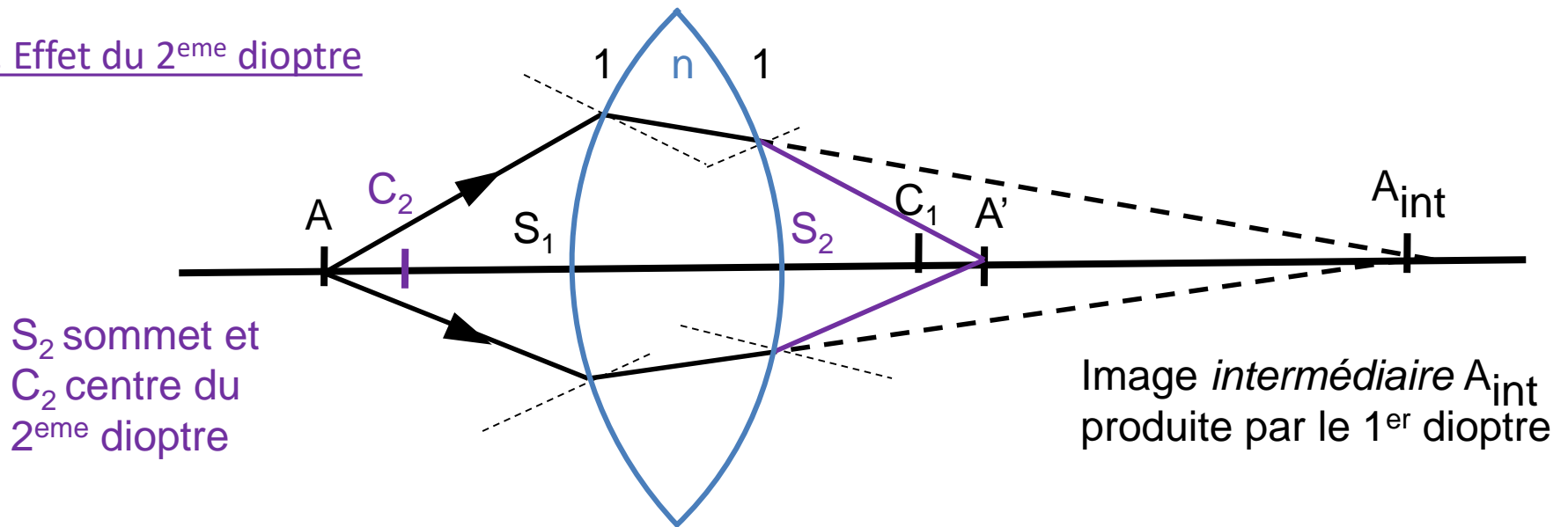


$$\frac{1}{\overline{S_1A}} - \frac{n}{\overline{S_1A_{int}}} = \frac{1 - n}{\overline{S_1C_1}}$$



# 1. Relation de conjugaison des lentilles minces

## 2. Effet du 2<sup>ème</sup> dioptre



$A_{int}$  est l'**objet virtuel** du 2<sup>ème</sup> dioptre

$$\frac{n}{\overline{SA}} - \frac{n'}{\overline{SA'}} = \frac{n - n'}{\overline{SC}}$$

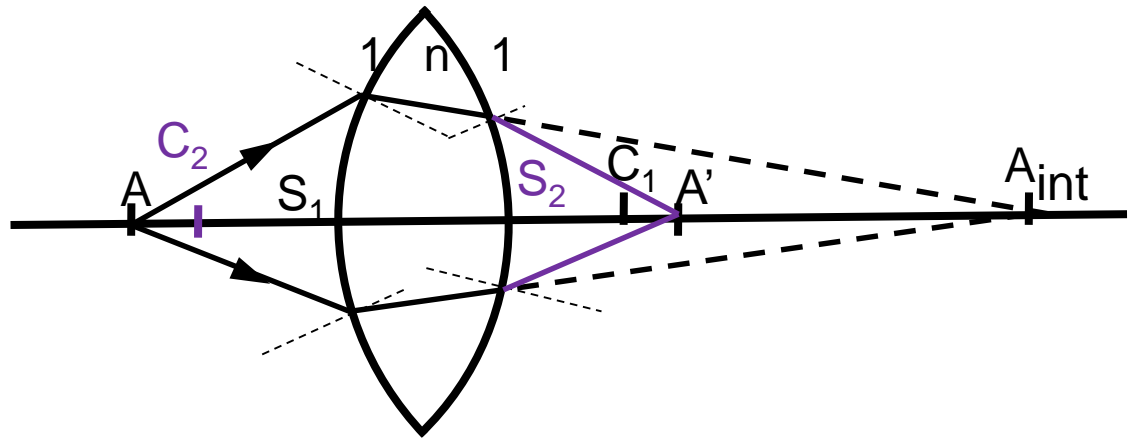


$$\frac{n}{\overline{S_2 A_{int}}} - \frac{1}{\overline{S_2 A'}} = \frac{n - 1}{\overline{S_2 C_2}}$$

# 1. Relation de conjugaison des lentilles minces

## 3. Combinaison des 2 équations

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\overline{S_1 A}} - \frac{n}{\overline{S_1 A_{int}}} = \frac{1-n}{\overline{S_1 C_1}} \\ \frac{n}{\overline{S_2 A_{int}}} - \frac{1}{\overline{S_2 A'}} = \frac{n-1}{\overline{S_2 C_2}} \end{array} \right.$$



Rappelons que **la lentille est mince**, les distances ( $\overline{S_1 A_1}$ ,  $\overline{S_1 C_1}$ , ect..) sont toutes très grandes devant l'épaisseur  $\overline{S_1 S_2}$  de la lentille.

On peut donc confondre S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub> en un point O, appelé **centre optique**.

# 1. Relation de conjugaison des lentilles minces

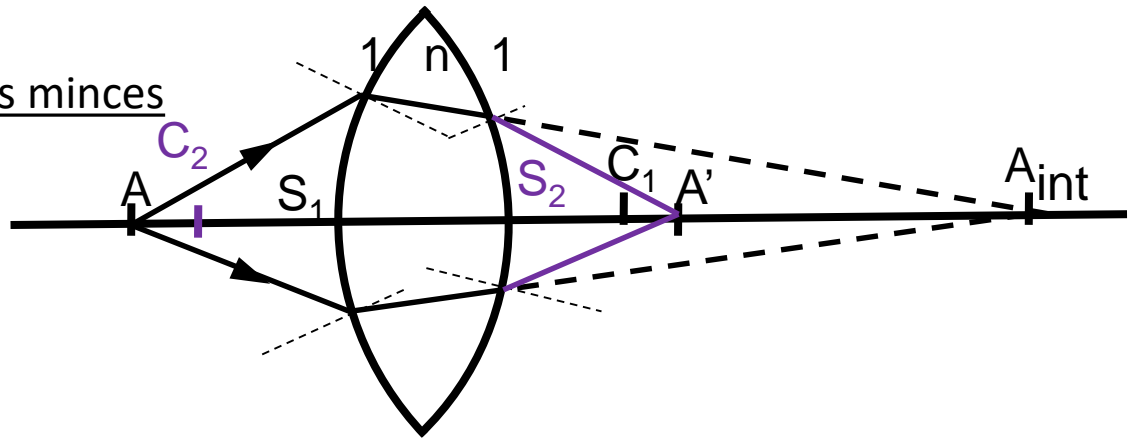
4. Dans l'approximation des lentilles minces

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\overline{OA}} - \frac{n}{\overline{OA_{int}}} = \frac{1-n}{\overline{OC_1}} \\ \frac{n}{\overline{OA_{int}}} - \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{n-1}{\overline{OC_2}} \end{array} \right.$$

En sommant on obtient :

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

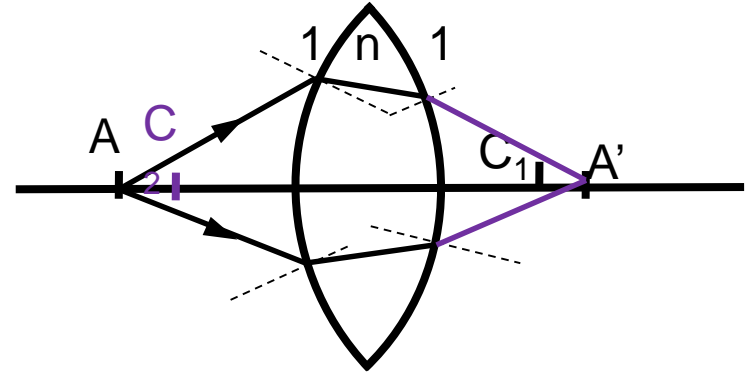
Ne dépend que de la lentille



# 1. Relation de conjugaison des lentilles minces

On définit la distance  $\overline{OF'} = f'$  telle que :

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



$f'$  est appelé **distance focale** de la lentille

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

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

*Relation de conjugaison des lentilles minces dans l'approximation des lentilles minces et Gauss.*

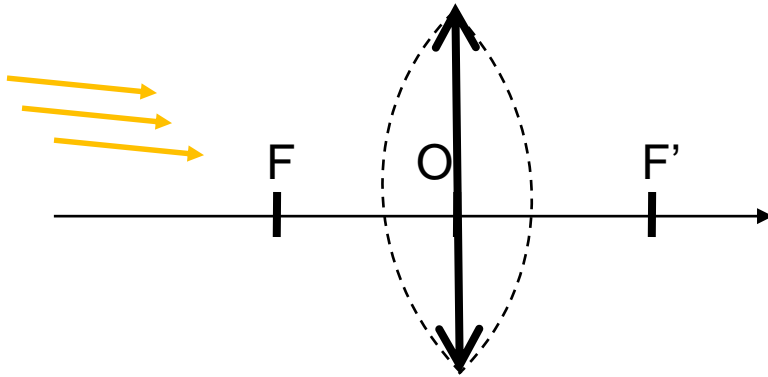
## 2. Caractéristiques des lentilles

## A) LENTILLE CONVERGENTE ET DIVERGENTE

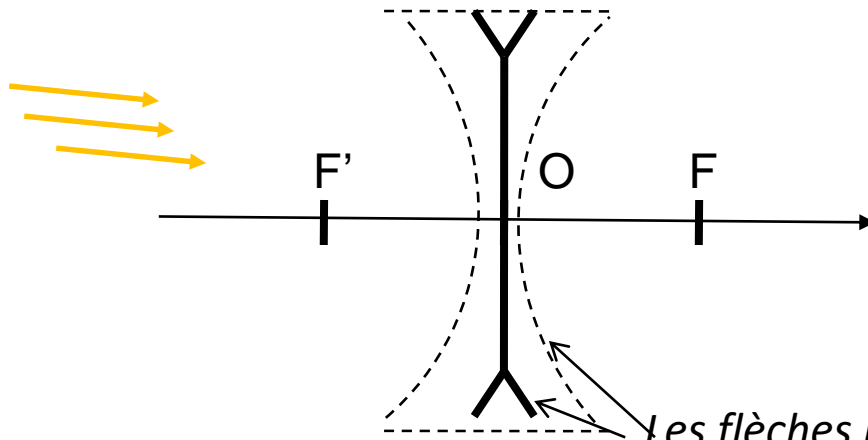
$$\frac{1}{f'} = (n - 1) \left( \frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}} \right)$$

➤ Selon le signe de  $\overline{OC_1}$  et  $\overline{OC_2}$ ,  
 $\overline{OF'} = f' > 0$  (lentille convergente)  
 $< 0$  (lentille divergente)

Lentille convergente  $f' > 0$



Lentille divergente  $f' < 0$



*Les flèches rappellent la forme des dioptries utilisés*

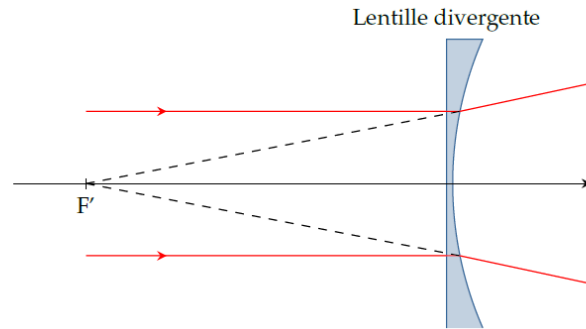
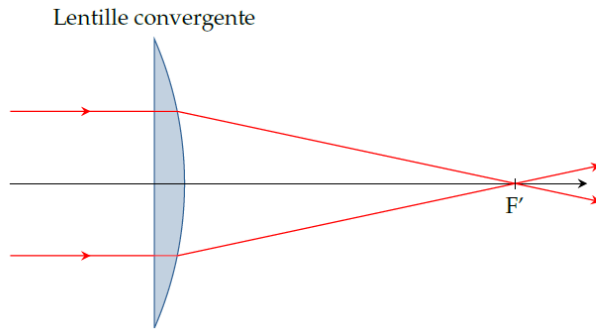
## B) FOYER OBJET ET FOYER IMAGE

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

On définit deux points particuliers pour les lentilles :

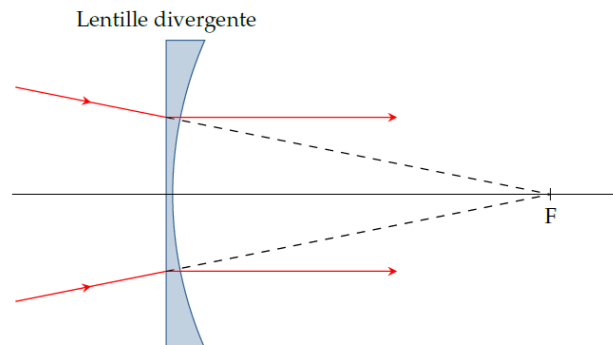
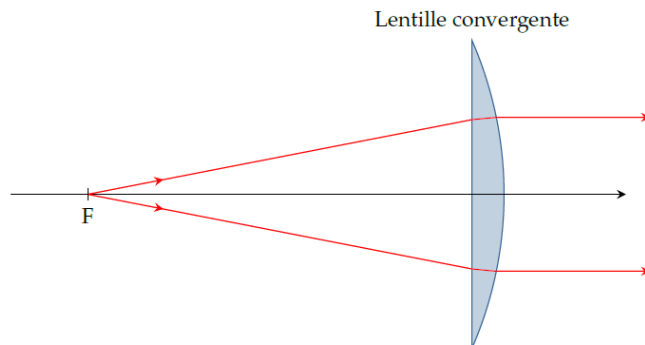
Si  $\overline{OA} \rightarrow -\infty, A' = F'$

$F'$  est le **foyer image**



Si  $A = F, \overline{OA'} \rightarrow +\infty$

$F$  est le **foyer objet**



Remarque : pour les miroirs sphériques :  $F = F'$

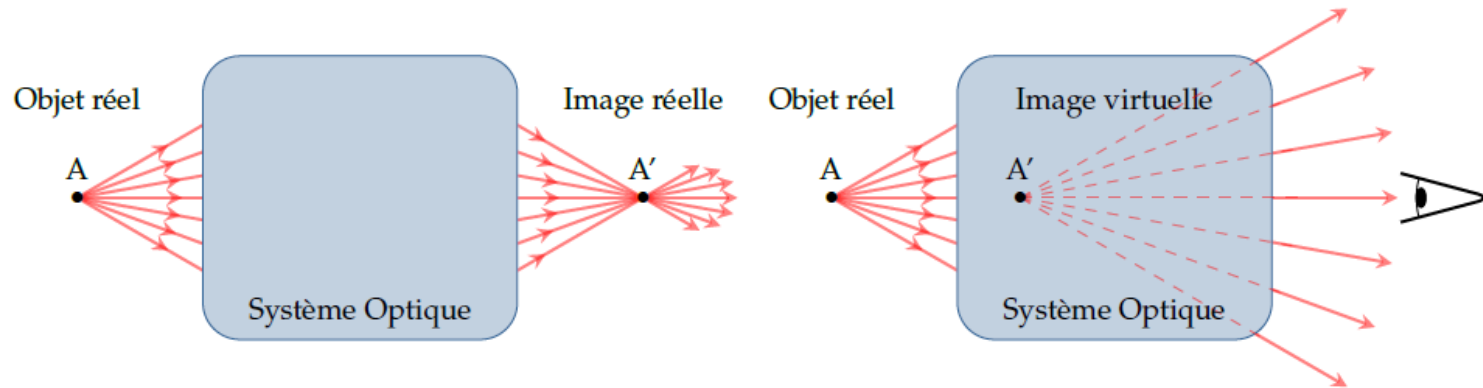
### C) PLAN FOCAL

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

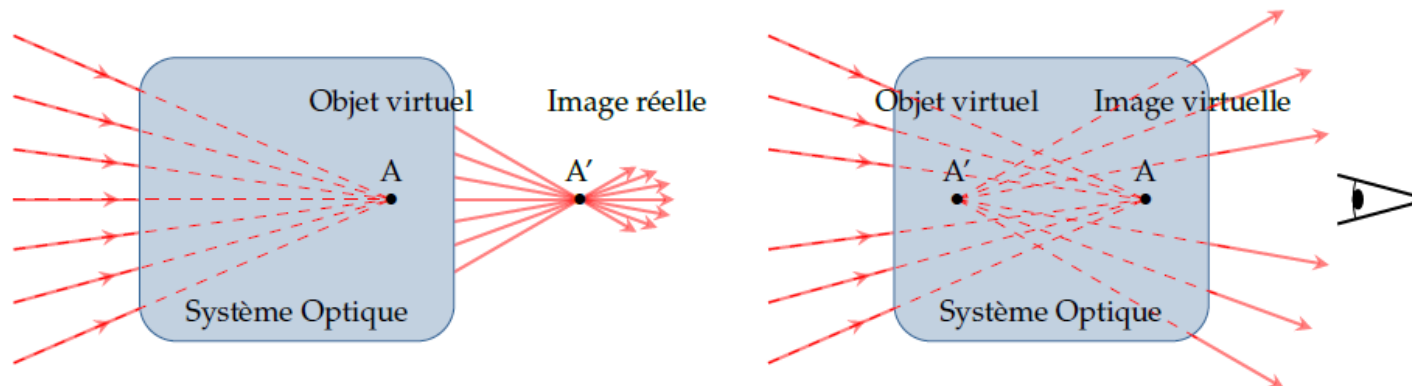
***Plan focal objet*** : plan perpendiculaire à l'axe optique passant par  $F$



## D) OBJET/IMAGE REEL/VIRTUEL



Formation de l'image par un **objet** ponctuel **réel** par un système optique stigmatique



Formation de l'image par un **objet** ponctuel **virtuel** par un système optique stigmatique

## APPLICATION

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$$

un objet se trouve à 2 cm devant une lentille de focale  $f' = 4$  cm,  
où se trouve l'image ?

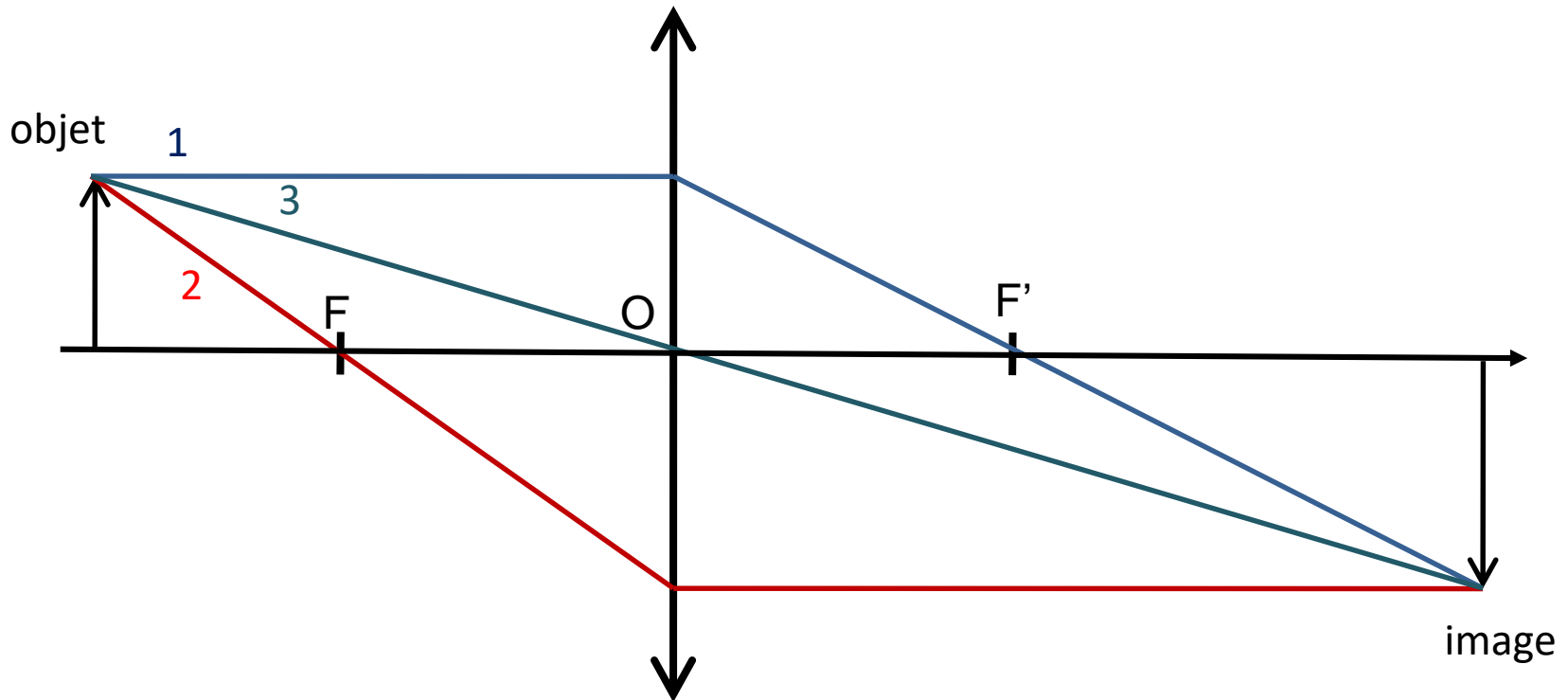
### 3. Formation des images

- A) Construction géométrique des rayons**
- B) Position des images
- C) Grandissement
- D) Limites

### 3. Formation des images

#### A) Construction géométrique des rayons

##### a) Lentille convergente



1. Le rayon incident  $\parallel$  à l'axe optique ressort en passant par  $F'$

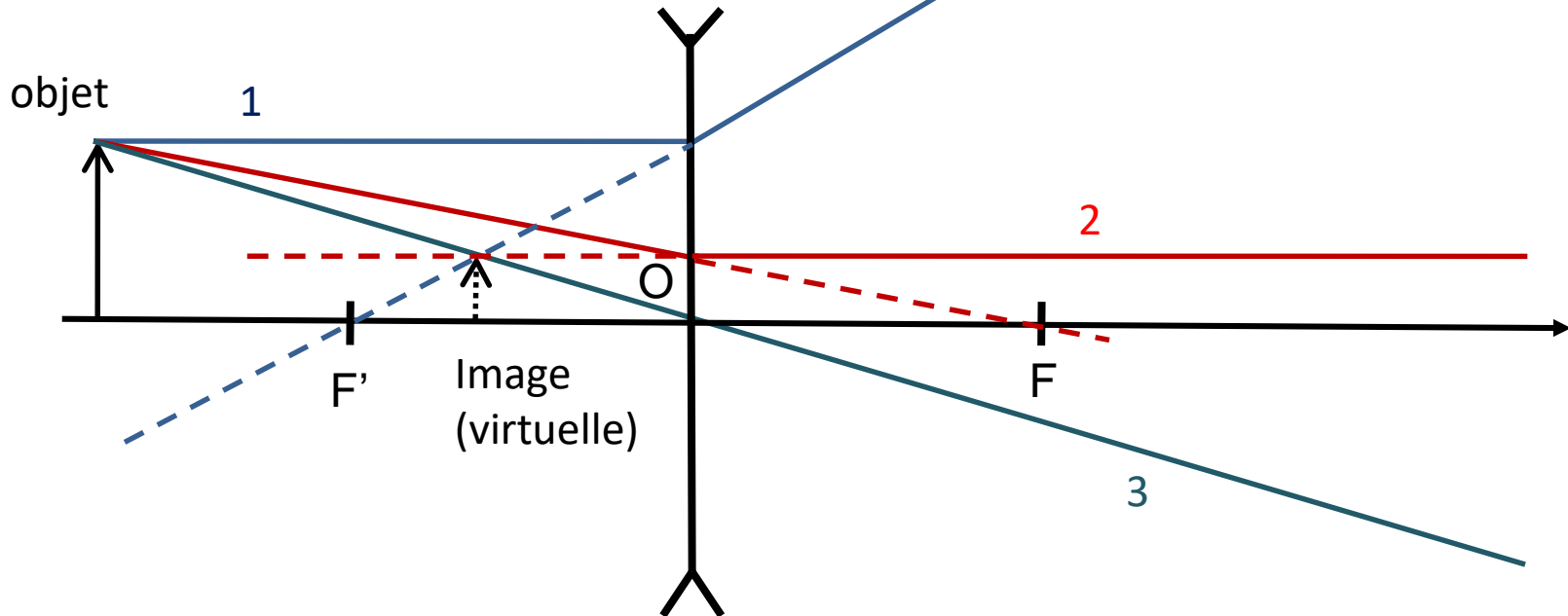
2. Le rayon incident passant par  $F$  ressort  $\parallel$  à l'axe optique

3. Le rayon passant par  $O$  n'est pas dévié

Les règles de constructions sont les mêmes pour une lentille divergente

## A) Construction géométrique des rayons

### b) Lentille divergente



1. Le rayon incident  $//$  à l'axe optique ressort en passant par  $F'$
2. Le rayon incident passant par  $F$  ressort  $//$  à l'axe optique
3. Le rayon passant par  $O$  n'est pas dévié

### 3. Formation des images

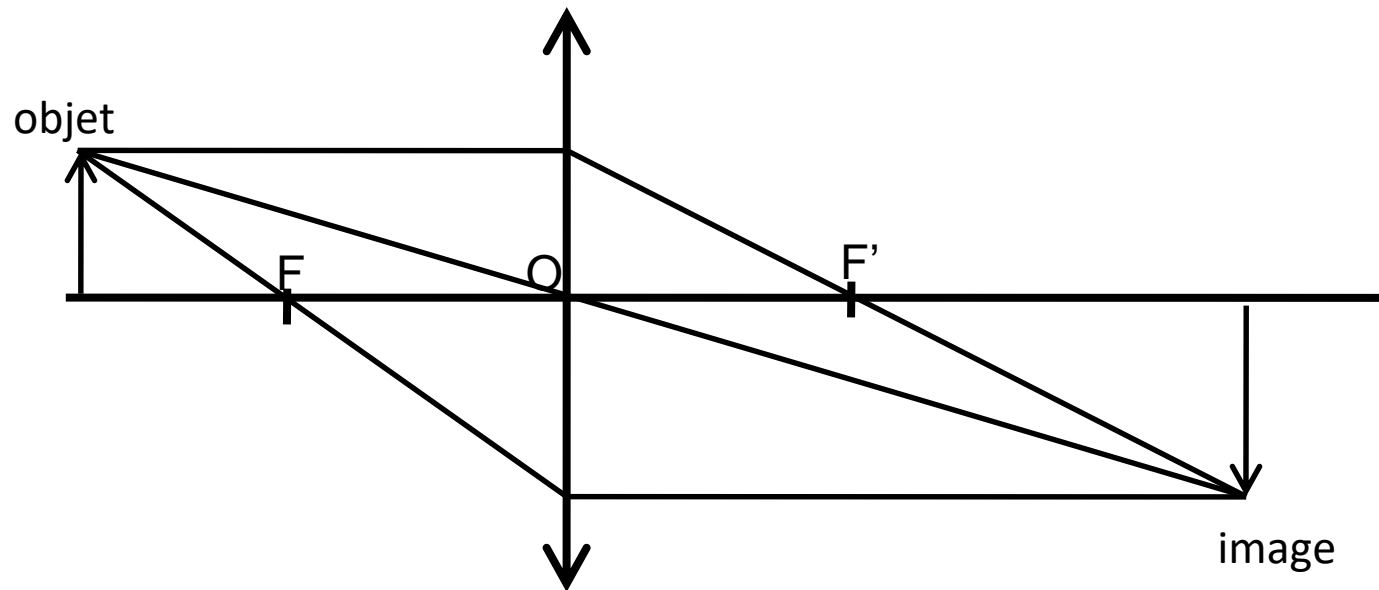
A) Construction géométrique des rayons

**B) Position des images**

C) Grandissement

D) Limites

## B) Position de l'image ( $\overline{OA'}$ )



Dans certains cas on utilise une lentille pour obtenir une image plus petite que l'objet (appareil photo), dans d'autre une plus grande (vidéoprojecteur)

Dans quel cas a-t-on une grande/petite image ? Dans quel cas l'image est inversée ?

## B) Position de l'image ( $\overline{OA'}$ )

1. On déduit l'expression de  $\overline{OA'}$  à partir de la relation de conjugaison

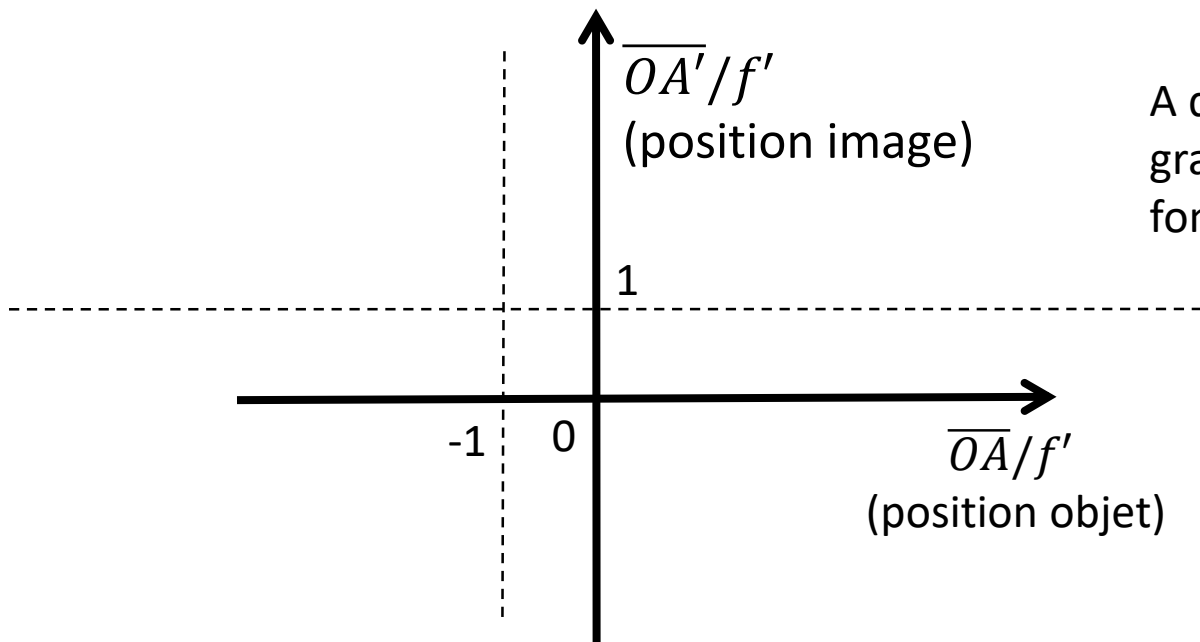
$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \quad \Rightarrow \quad \overline{OA'} = \frac{f' \cdot \overline{OA}}{f' + \overline{OA}}$$

2. On trace la courbe  $\overline{OA'}$  en fonction de  $\overline{OA}$

Si on pose  $x \equiv \frac{\overline{OA}}{f'}$  la relation  $\overline{OA'} = \frac{f' \cdot \overline{OA}}{f' + \overline{OA}}$  devient  $\frac{\overline{OA'}}{f'} = \frac{x}{1 + x}$



## B) Position de l'image ( $\overline{OA'}$ )

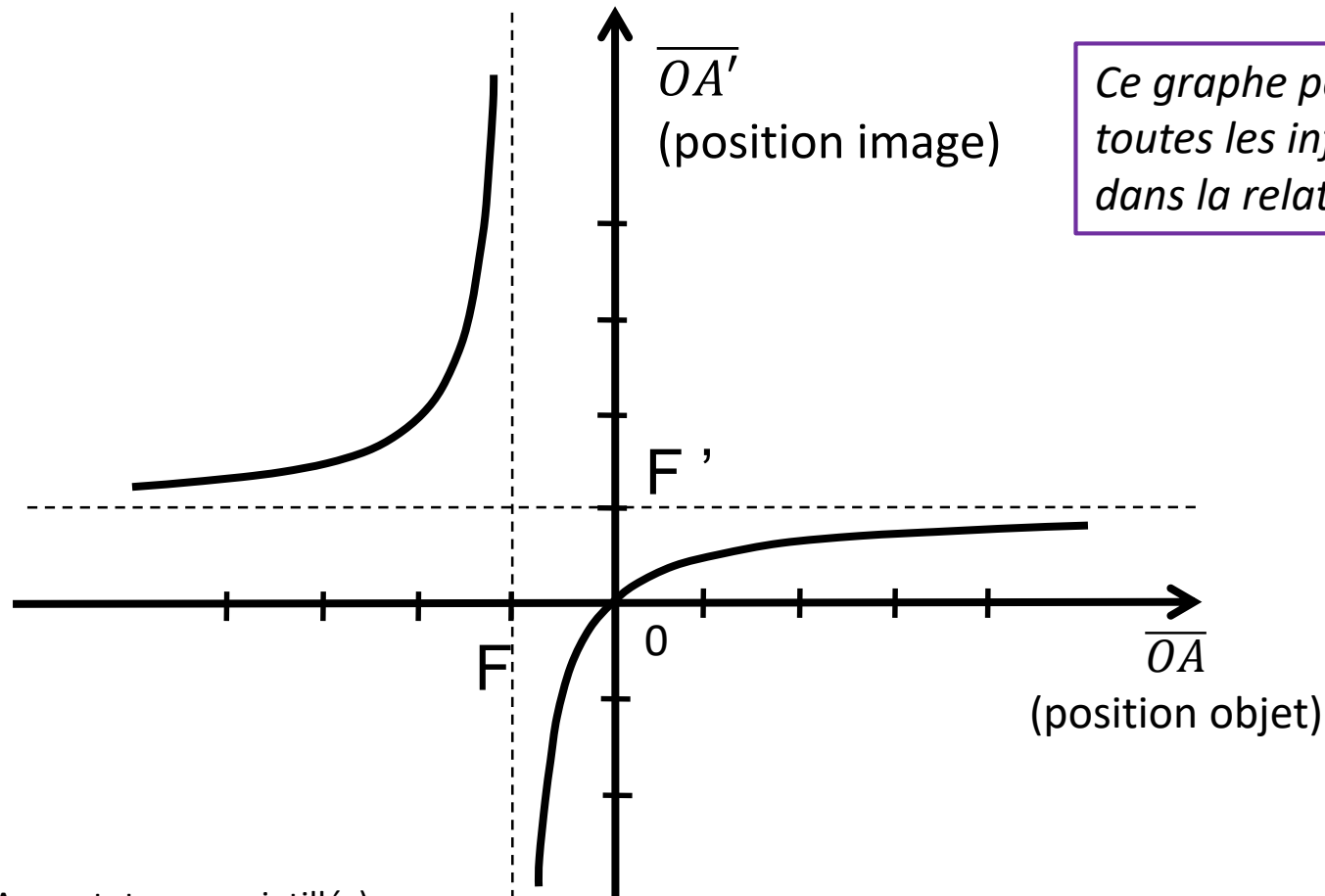


A quoi ressemble graphiquement la fonction  $y \rightarrow x/(1+x)$  ?

## B) Position de l'image ( $\overline{OA'}$ )

2. On trace la courbe  $\overline{OA'}$  en fonction de  $\overline{OA}$

$$\overline{OA'} = \frac{f' \cdot \overline{OA}}{f' + \overline{OA}}$$

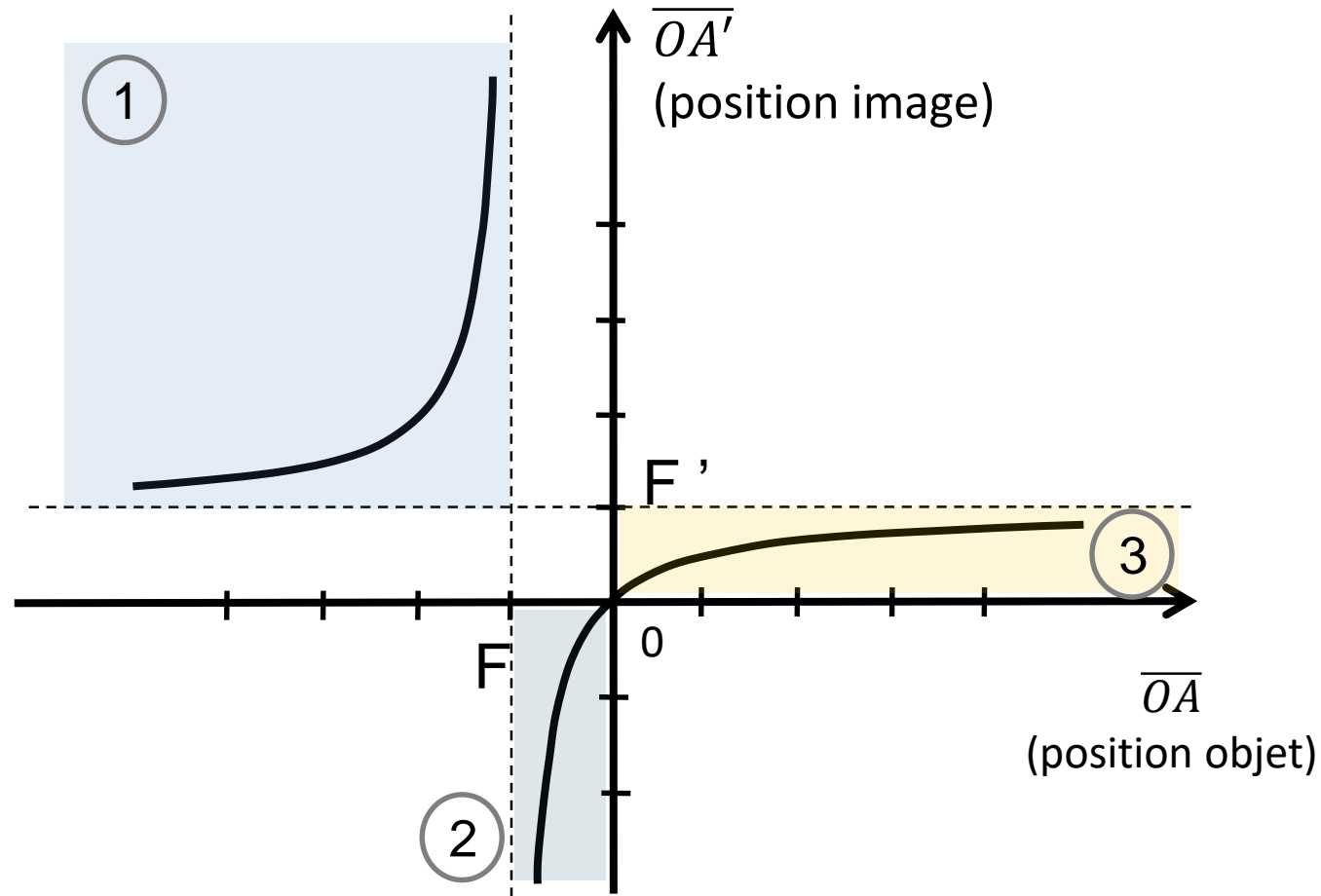


*Ce graphe permet de visualiser toutes les informations contenues dans la relation de conjugaison*

(Asymptotes en pointillés)

## B) Position de l'image ( $\overline{OA'}$ )

### 3. Etude de la courbe

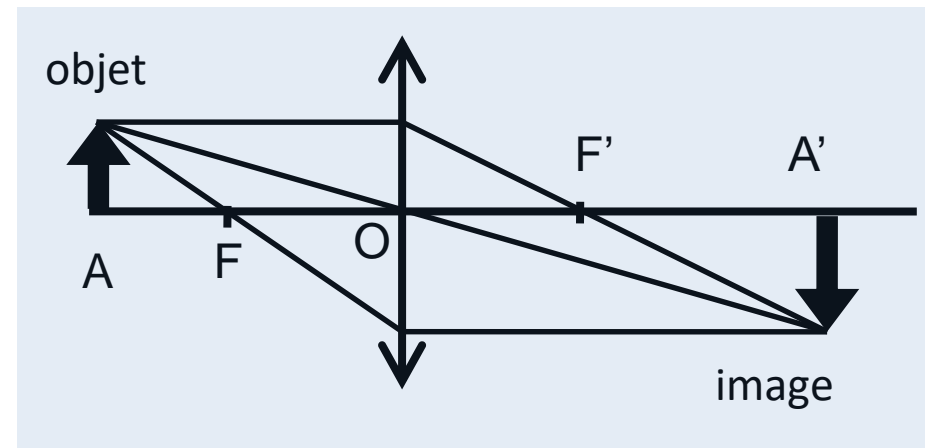
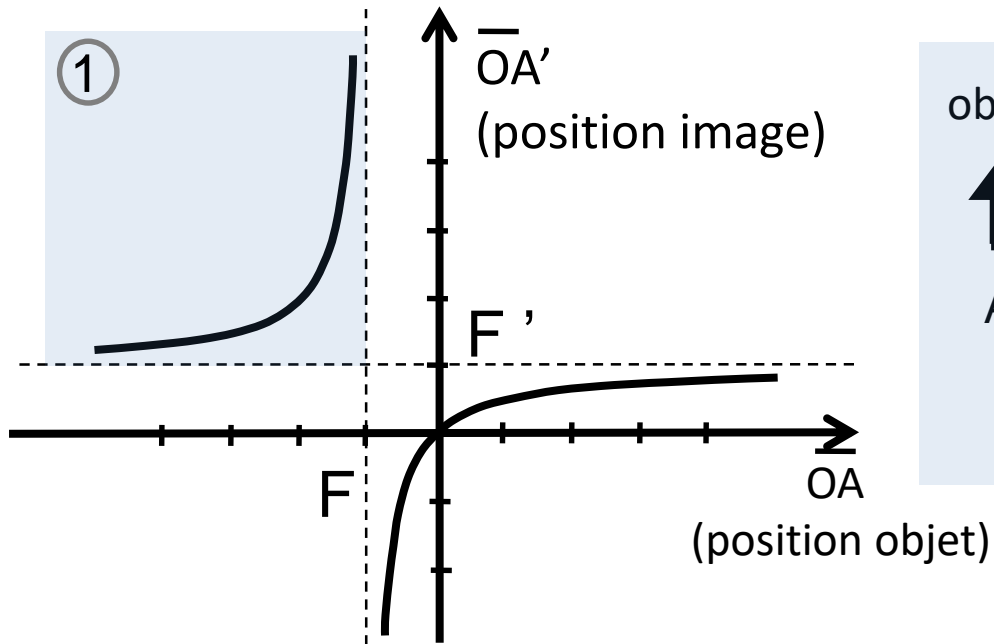


**S'entraîner à la lecture de courbe**

Faire un schéma optique (lentille, objet, image) pour chaque région 1,2,3

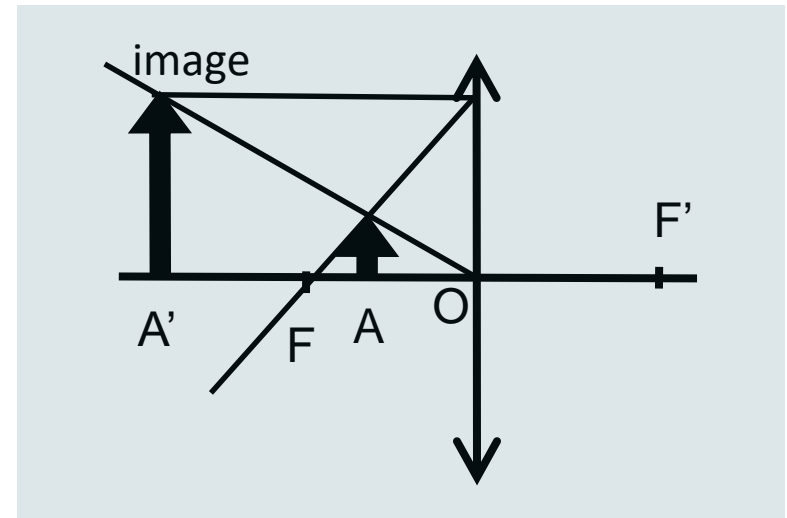
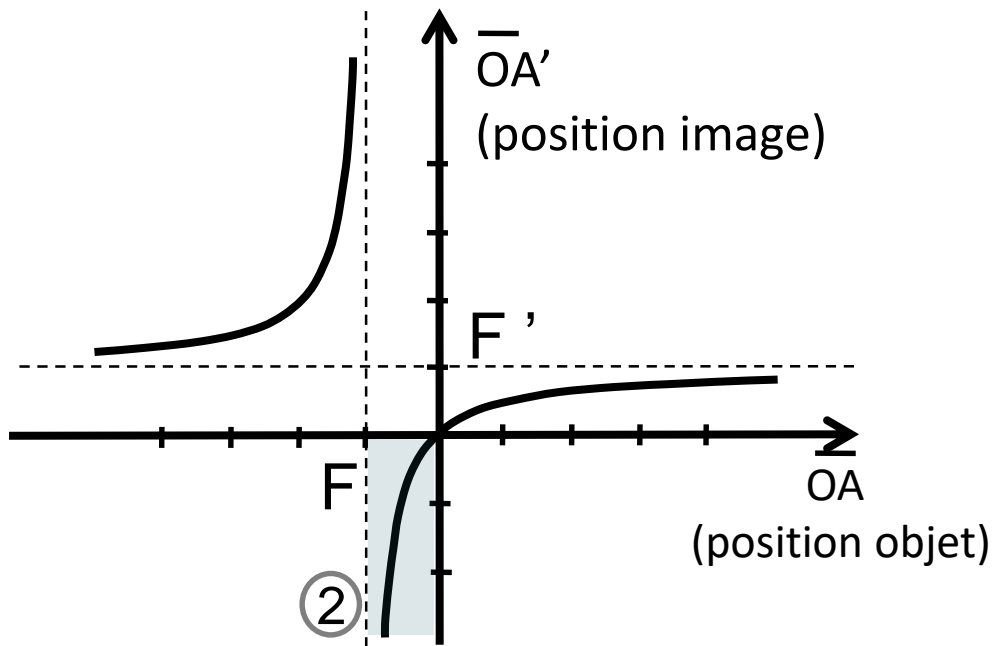
## B) Position de l'image ( $\overline{OA'}$ )

Zone 1 : L'image se situe à gauche du foyer F



## B) Position de l'image ( $\overline{OA'}$ )

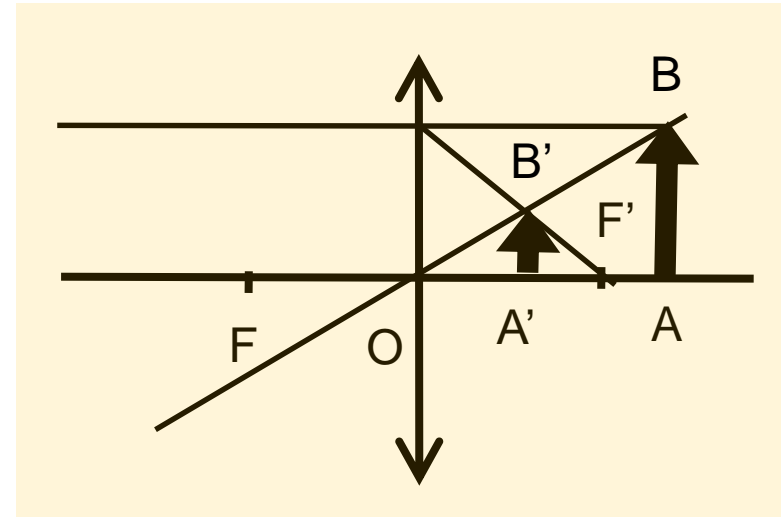
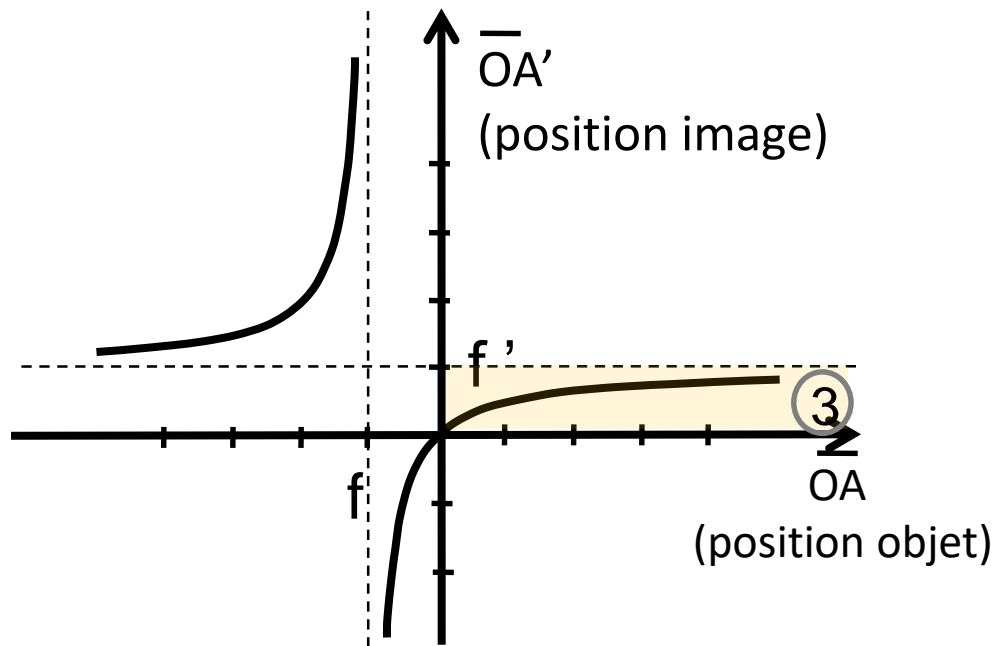
Zone 2 : l'objet est entre F et O



$OA'$  est négatif : l'image est à gauche de la lentille

## B) Position de l'image ( $\overline{OA'}$ )

Zone 3 :  $\overline{OA}$  est positif (objet virtuel)



### 3. Formation des images

- A) Construction géométrique des rayons
- B) Position des images
- C) Grandissement**
- D) Limites

## C) Grandissement

Définition : on appelle grandissement

$$\gamma \equiv \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

Si  $|\gamma| > 1$ , l'image est plus grande

$|\gamma| < 1$ , l'image est plus petite

Si  $\gamma > 0$ , l'image est droite

$\gamma < 0$ , l'image est renversée

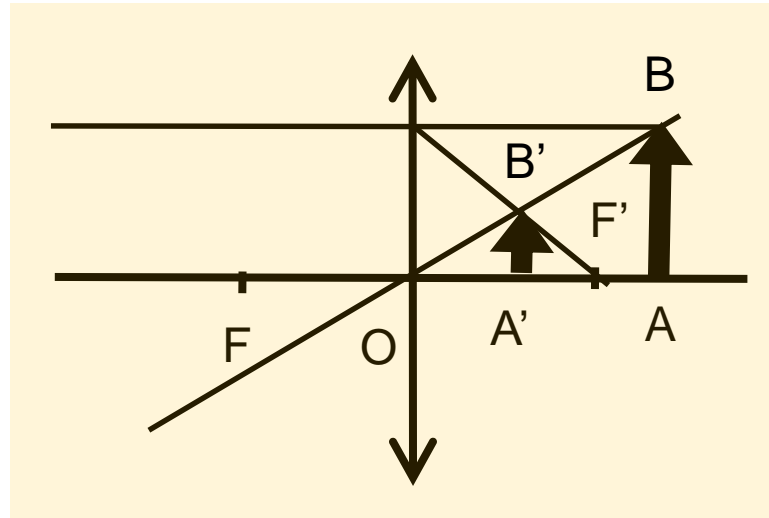


## C) Grandissement

Expression de  $\gamma$  en fonction de  $OA$  et  $OA'$

Dans le cas 3 précédent, on voit, d'après Thalès que :

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



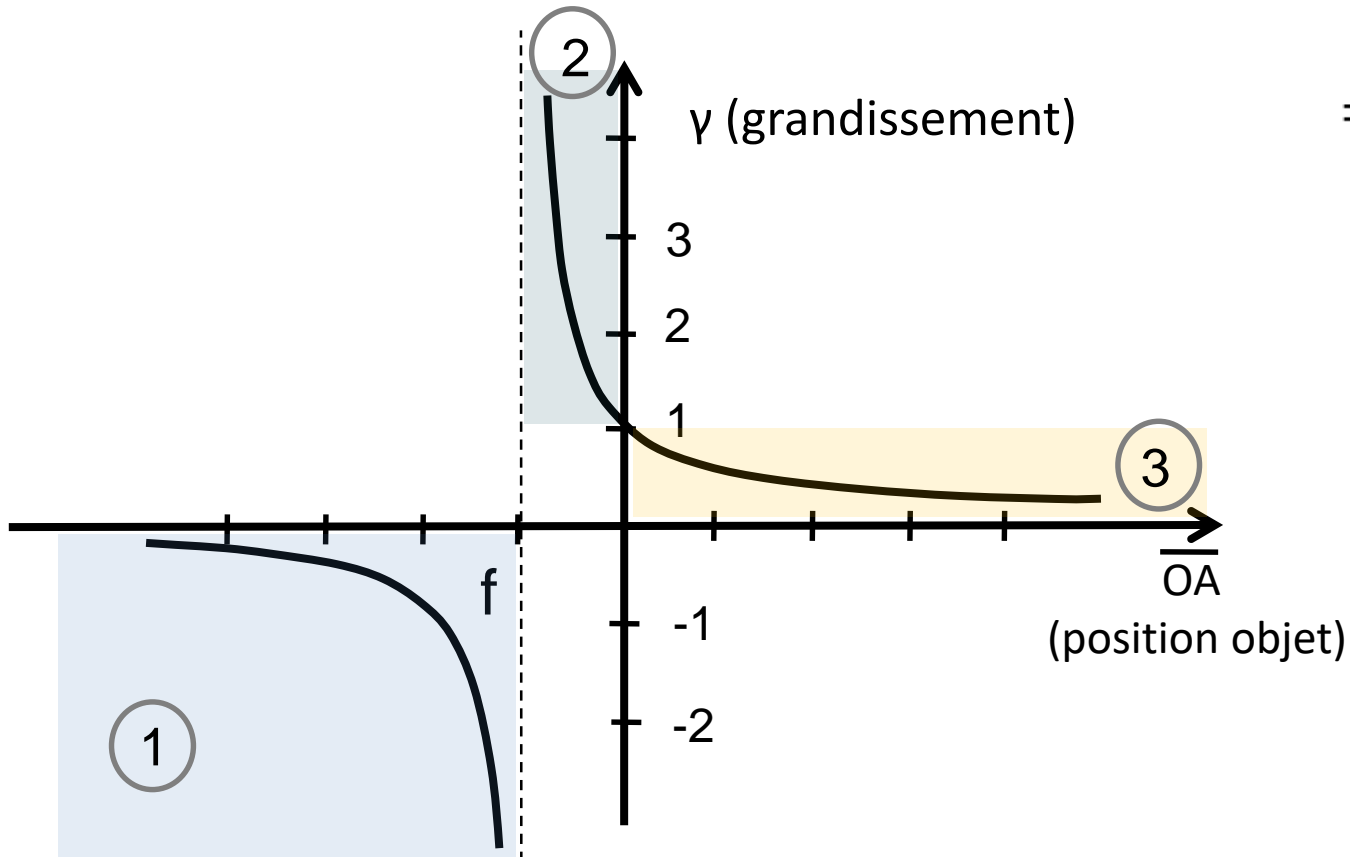
$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

Expression du grandissement valable pour toutes les lentilles minces

## C) Grandissement

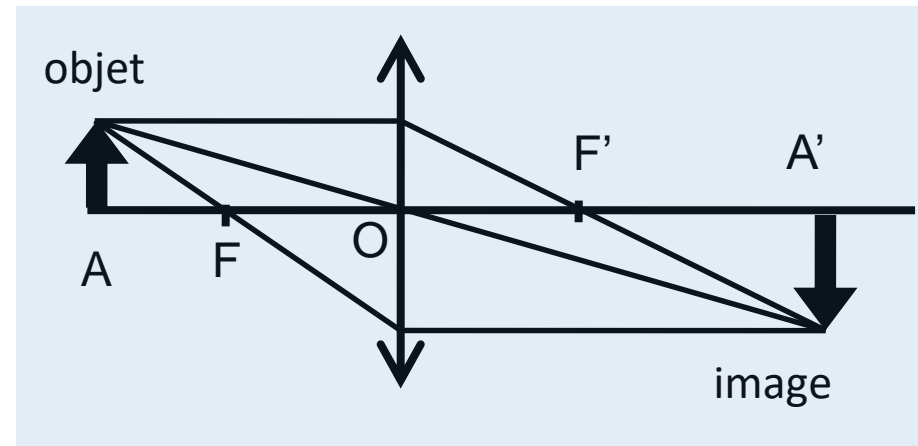
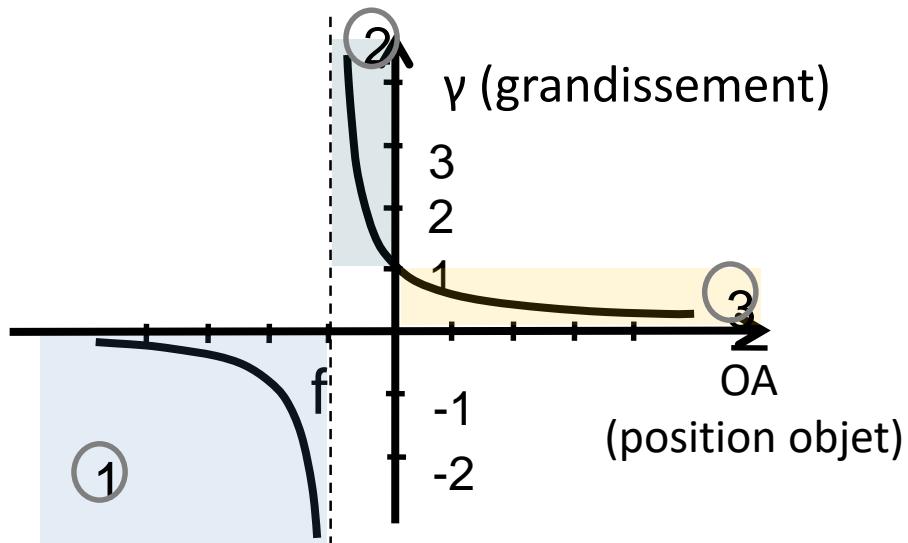
En combinant  $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$  avec  $\overline{OA'} = \frac{f' \cdot \overline{OA}}{f' + \overline{OA}}$  on obtient  $\gamma = \frac{f'}{f' + \overline{OA}}$

$$= \frac{1}{1 + \frac{\overline{OA}}{f'}} = \frac{1}{1 + x}$$



## C) Grandissement

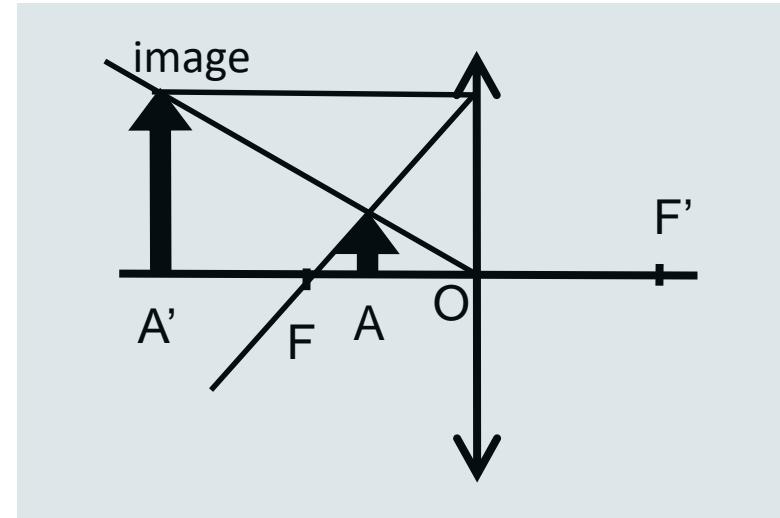
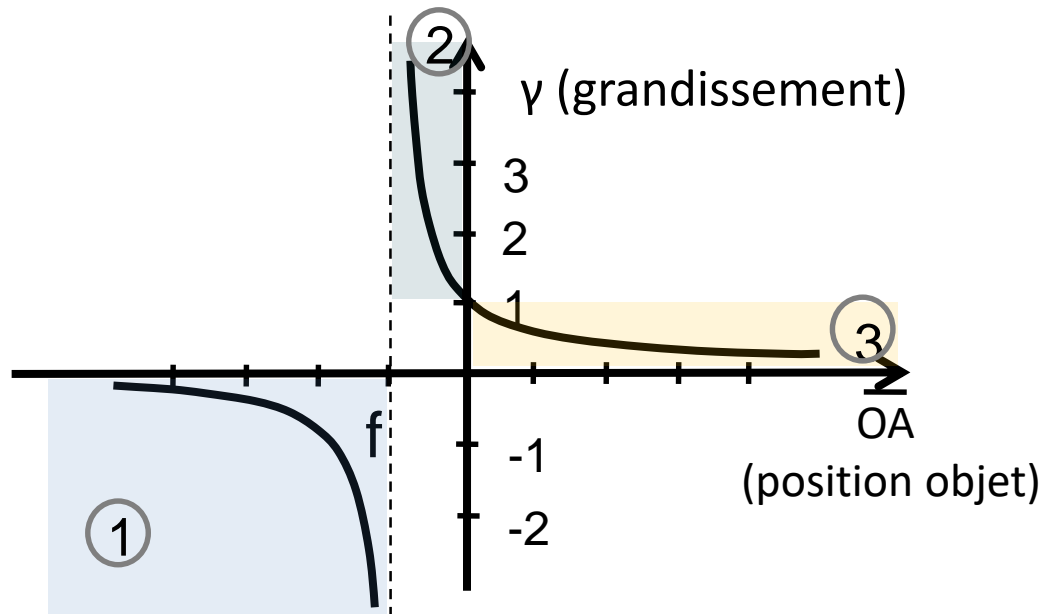
Cas 1



Zone 1 : grandissement négatif = image inversée

## C) Grandissement

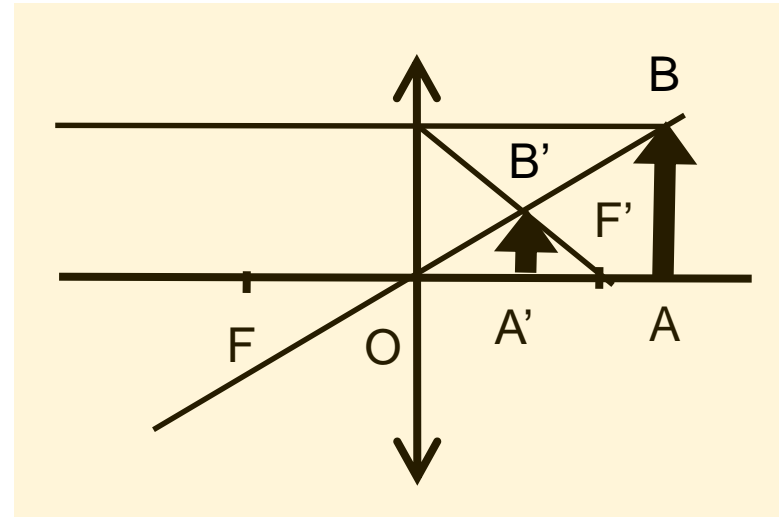
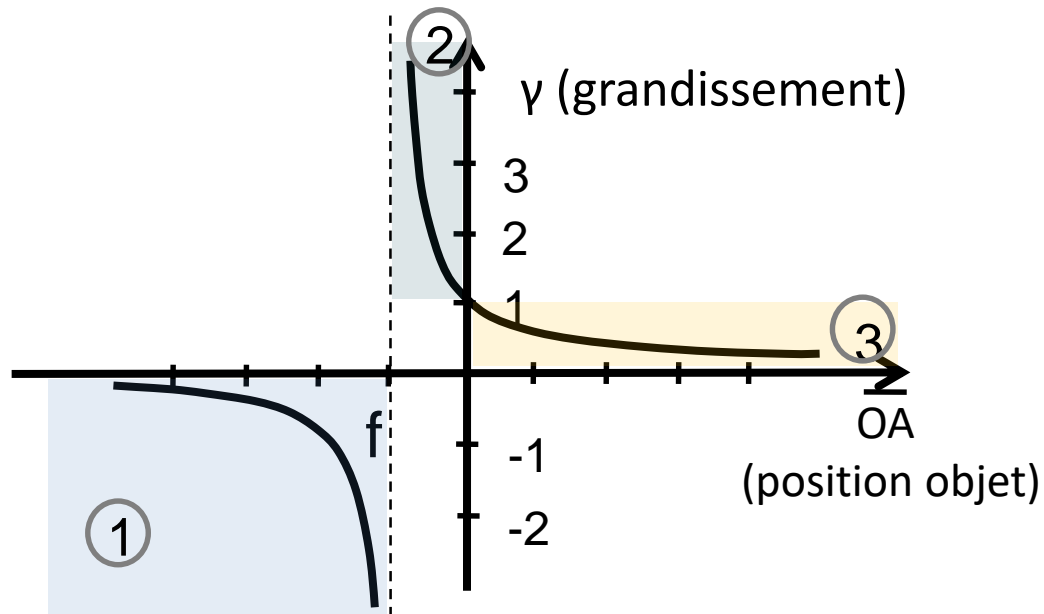
Cas 2



Zone 2 : grandissement  $> 1$  donc image agrandie = Loupe

## C) Grandissement

Cas 3



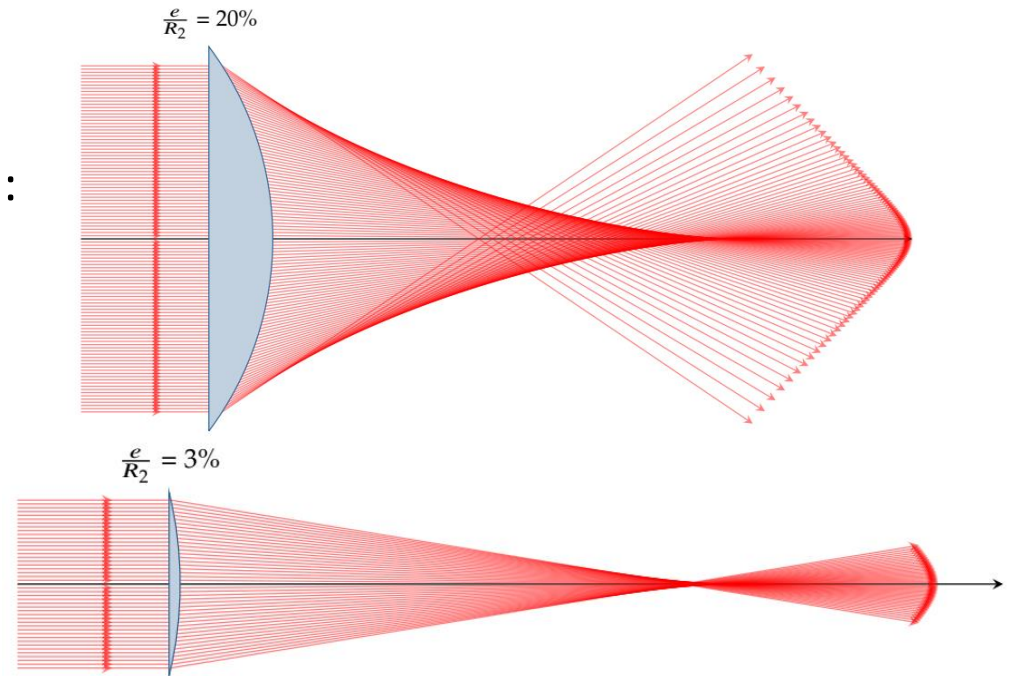
Zone 3 : grandissement  $< 1$  donc image réduite

### 3. Formation des images

- A) Construction géométrique des rayons
- B) Position des images
- C) Grandissement
- D) Limites**

## D) Limites pour la formation des images

Limite des approximations de Gauss :  
***Aberrations géométriques***



Limite dues à la dispersion :  
***Aberrations chromatiques***

