OG 2 : Lentilles minces

Objectifs :

- Comprendre les règles de construction des rayons
- Déterminer les relations de conjugaison des lentilles

Prérequis :

- Notion de stigmatisme
- Notion d'aplanétisme
- Conditions de Gauss
- Lois de Descartes

Résolution de Problème

Modélisation du rétroprojecteur par une lentille mince et un miroir plan :

[A l'aide du rétroprojecteur en classe]

<u>ODG :</u>

- distance transparent-lentille
- distance lentille-écran
- mesurer le grandissement

---> en déduire la focale
---> et le grandissement théorique.

OG 2

PLAN

1 - Présentation des lentilles

2 - Foyers et plans focaux

α - Foyer objet et plan focal Objet

β - Foyer et plan focal image

3 - Les constructions géométriques des rayons

α - Règles de construction

β - Construction de l'image d'un faisceau

γ - Construction Géométrique

4 - Relation de conjugaison et grandissement

α - Grandissements :

β - Relation de conjugaison

γ - Distance minimale de conjugaison

1 - Présentation des lentilles

Définition :

On appelle lentille mince un milieu T.H.I délimité par deux dioptres sphériques, tels que la distance entre leurs sommets est petite devant leurs rayons de courbure.

Dans les cond. de Gauss, les dioptres sphériques réalisent bien le stigmatisme et l'aplanétisme.

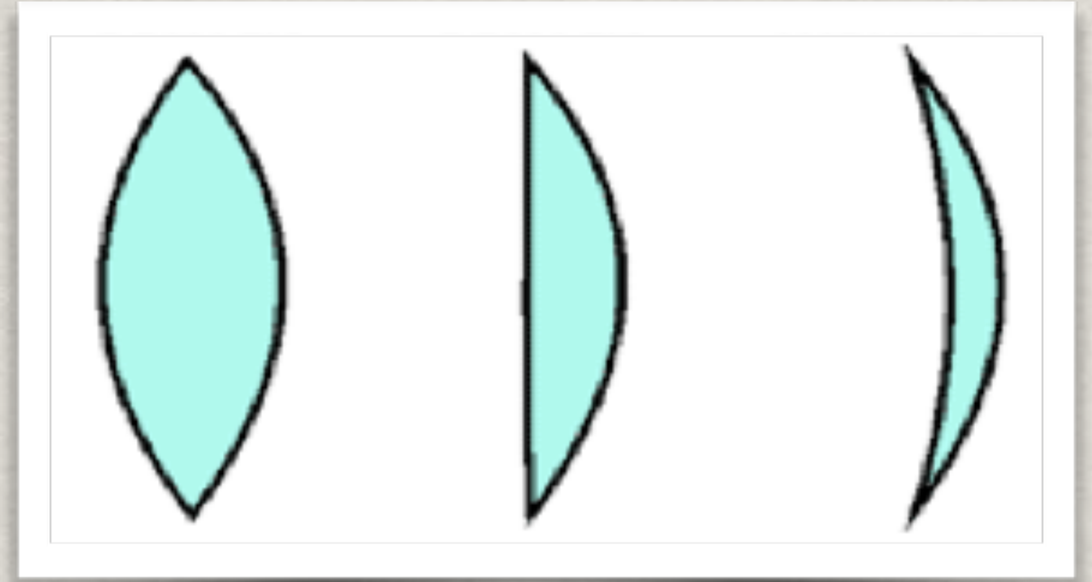
cf Appliquette

Deux types de lentilles sphériques

Lentilles sphériques **<u>convergentes</u>** :

biconvexe

(Loupe)



ménisque convergent

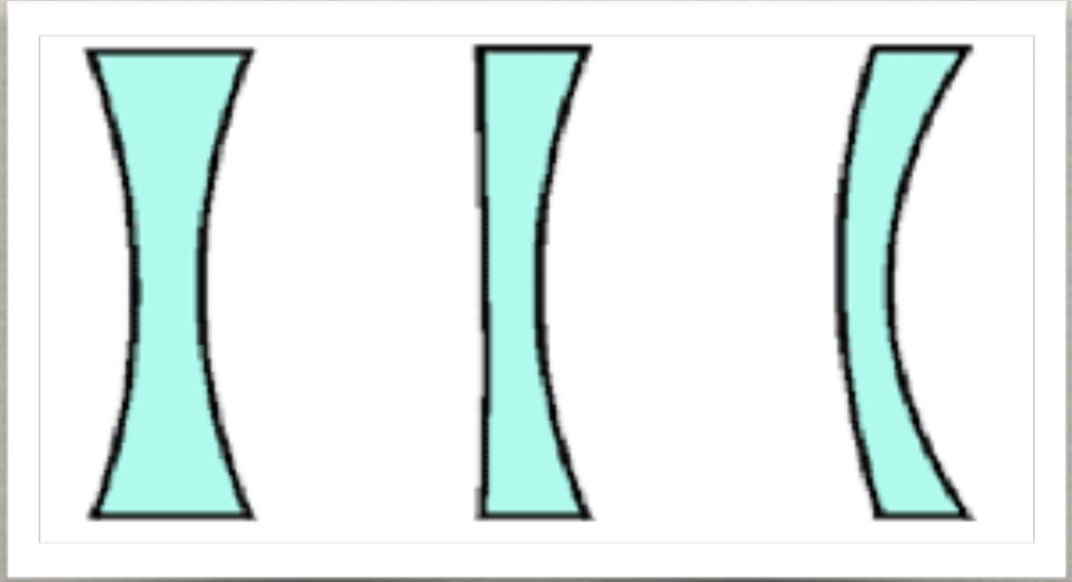
(Lentille de contact)

plan-convexe

Lentilles sphériques **<u>divergentes</u>** :

biconcave

(Oculaire)



ménisque divergent

(Verre myope)

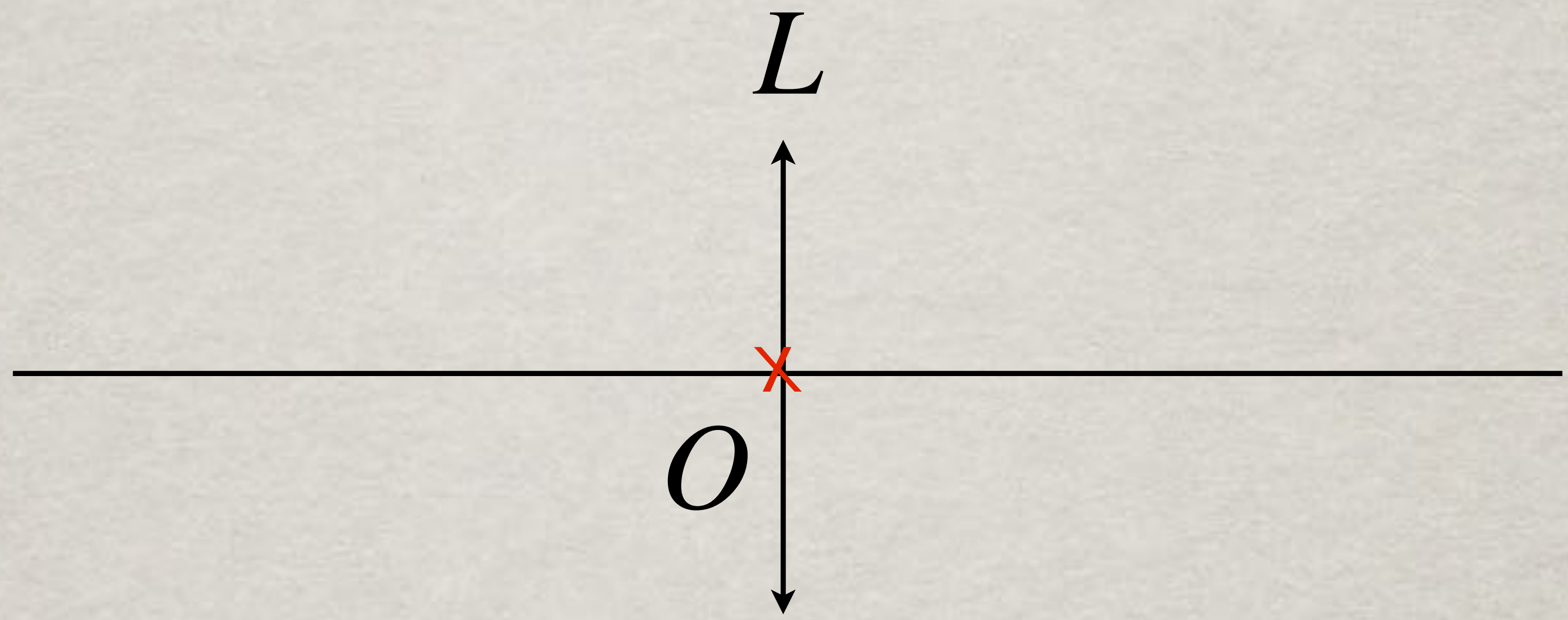
plan-concave

(Oculaire)

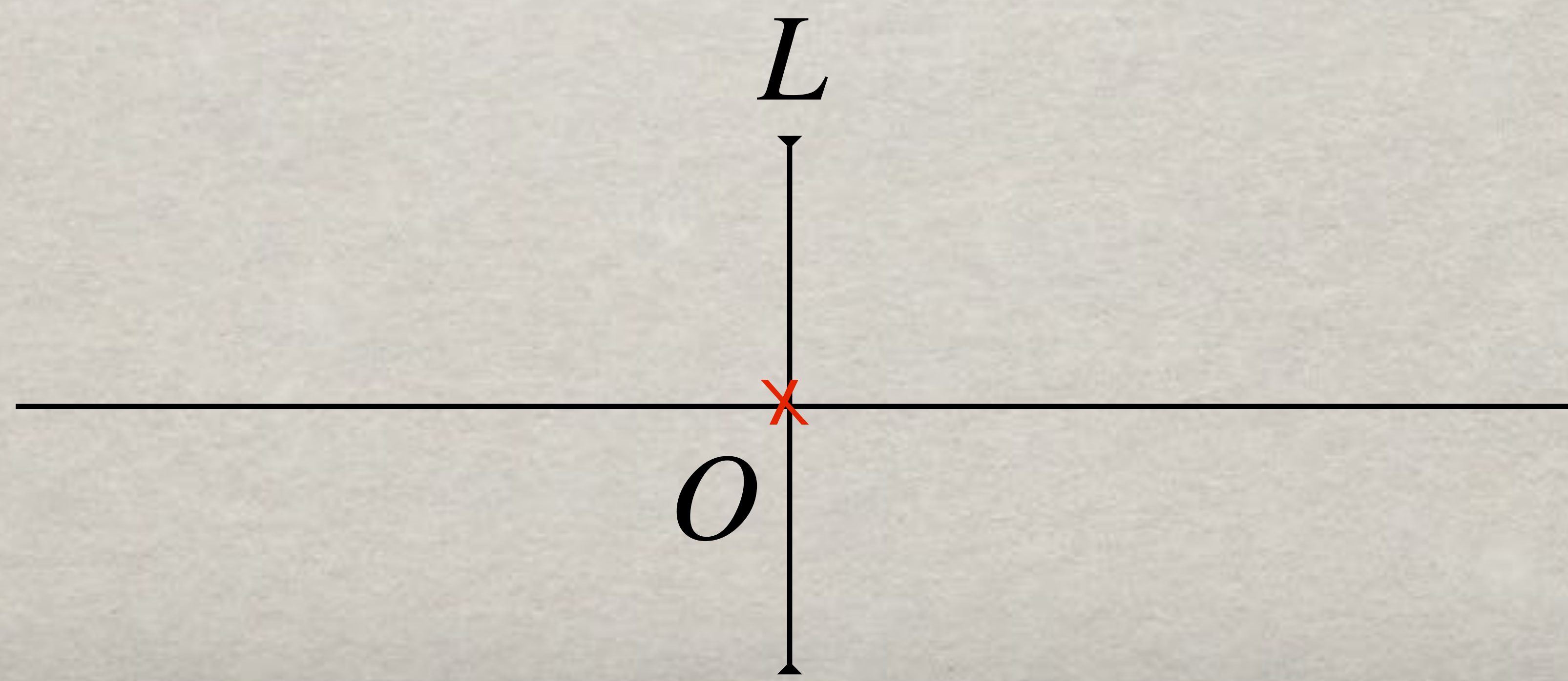
Les lentilles minces :

$S_1 = S_2 = O$

Lentilles sphériques **convergentes** :

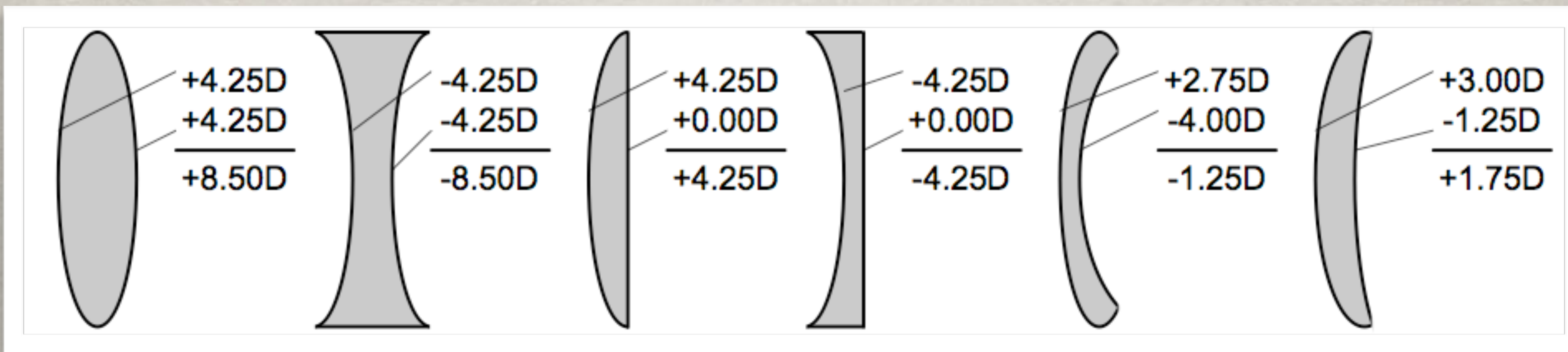


Lentilles sphériques **divergentes** :



Formule de Gauss :
(HP)

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{R_1}} - \frac{1}{\overline{R_2}}\right) = \frac{1}{f'}$$



<u>Définition de la vergence :</u> Capacité de la lentille à converger

$$V \equiv \frac{1}{f'}$$

en dioptrie : δ

(Positif ou négatif)

Comment reconnaître le type de la lentille

Lentille convergente :

Un objet à l'infini donne une image renversée

Lentille divergente :

Un objet réel donne une image droite

Simplement :

2 - Foyers et plans focaux

α - Foyer objet et plan focal Objet

Définition du foyer objet :

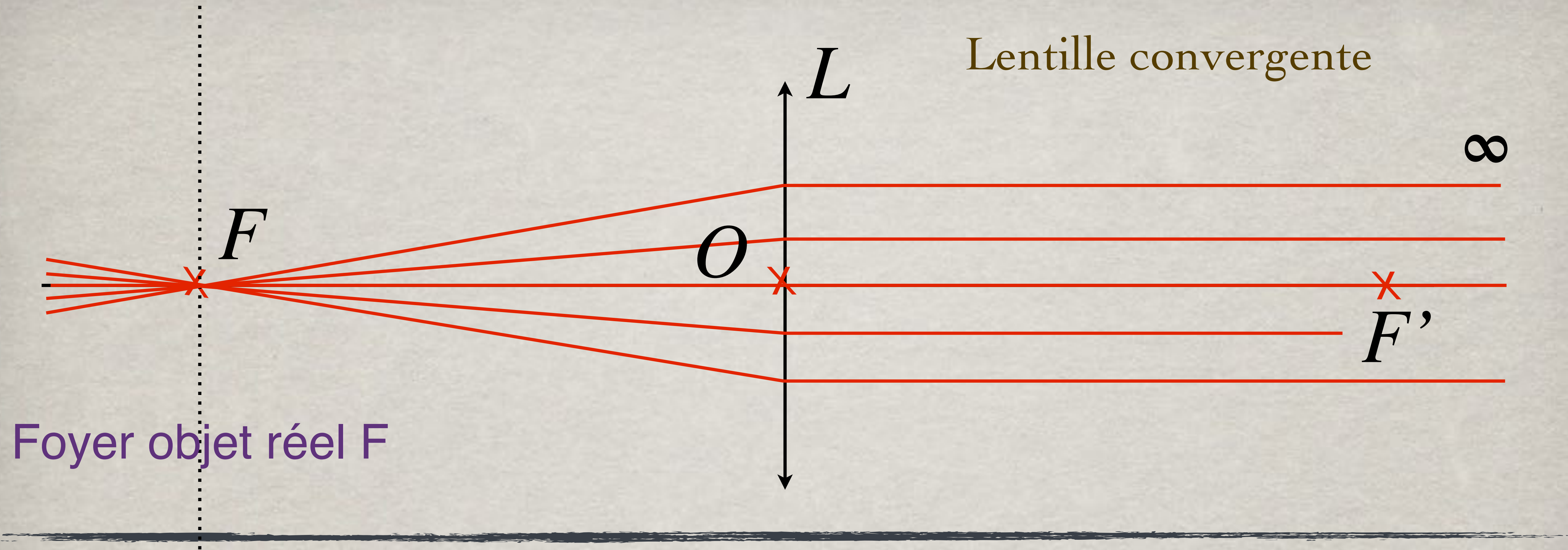
Un objet placé au foyer objet F, envoie ses rayons à l'infini dans la direction de l'axe optique.

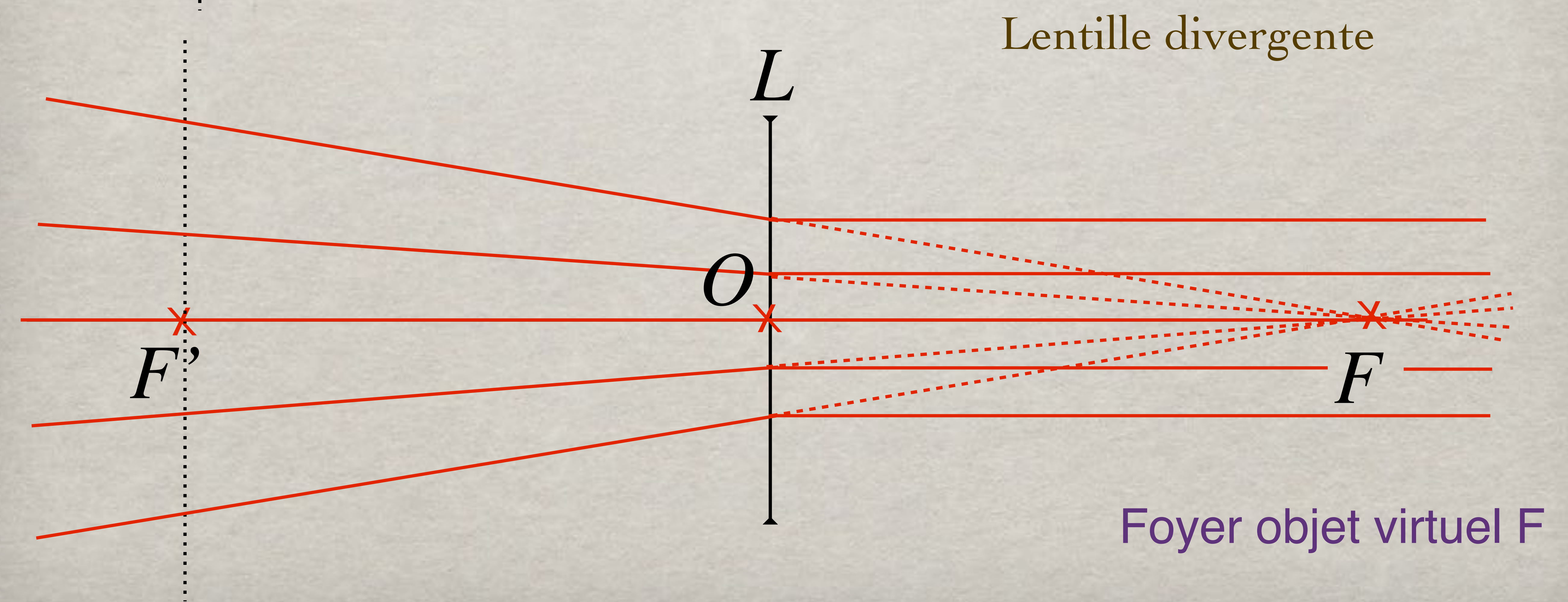
Définition du plan focal objet :

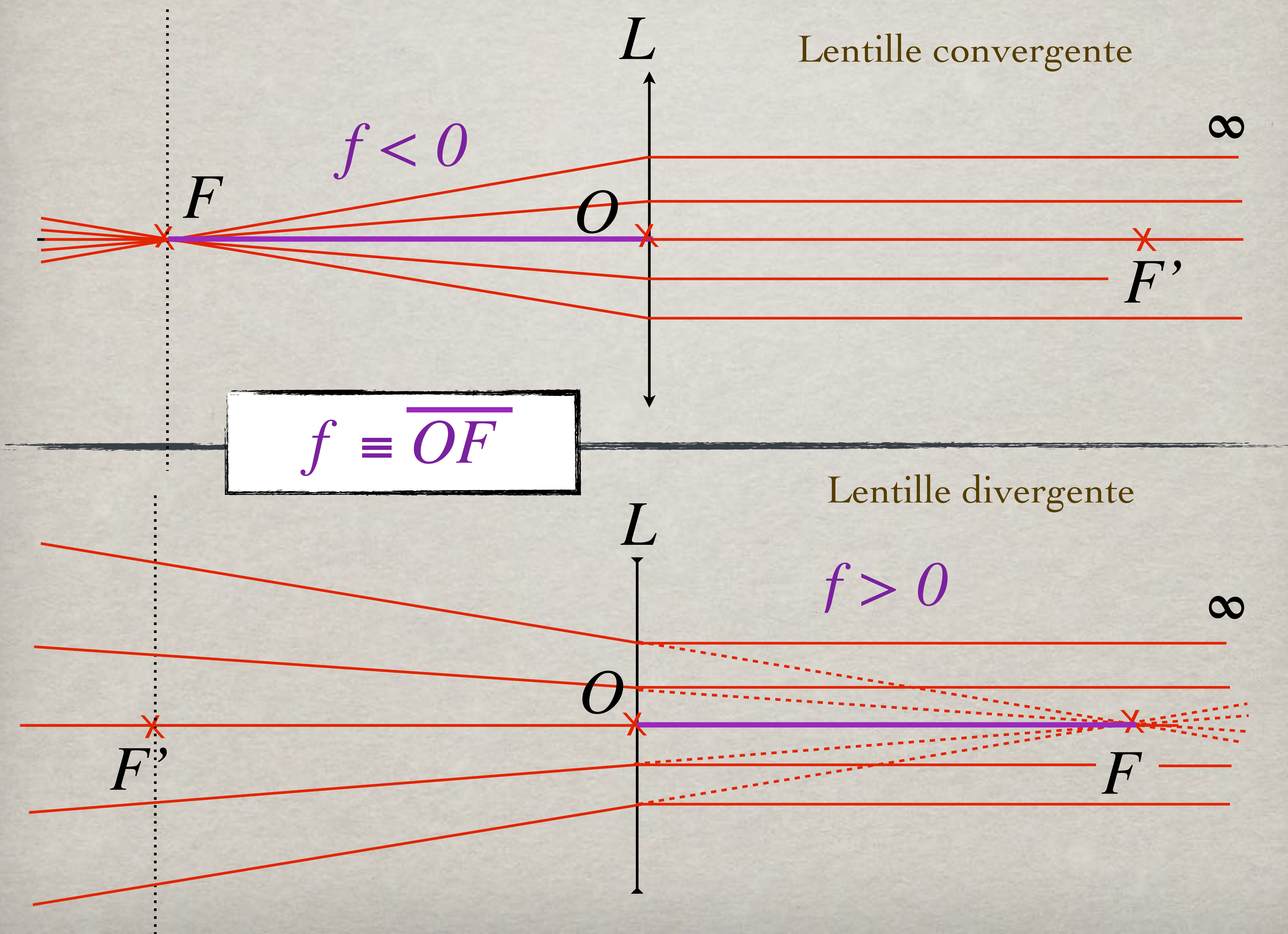
Des rayons convergents dans le plan focal objet de la lentille c-à-d sur la perpendiculaire à (Δ) passant par F, ressortent parallèles mais sous incidence non nulle.

La direction du faisceau sortant est celle du rayon passant par le centre optique.

On parle alors de « foyer secondaire »


Lentille convergente
L
∞
F
O
F'
Foyer objet réel F


Lentille divergente
L
O
F'
F
Foyer objet virtuel F

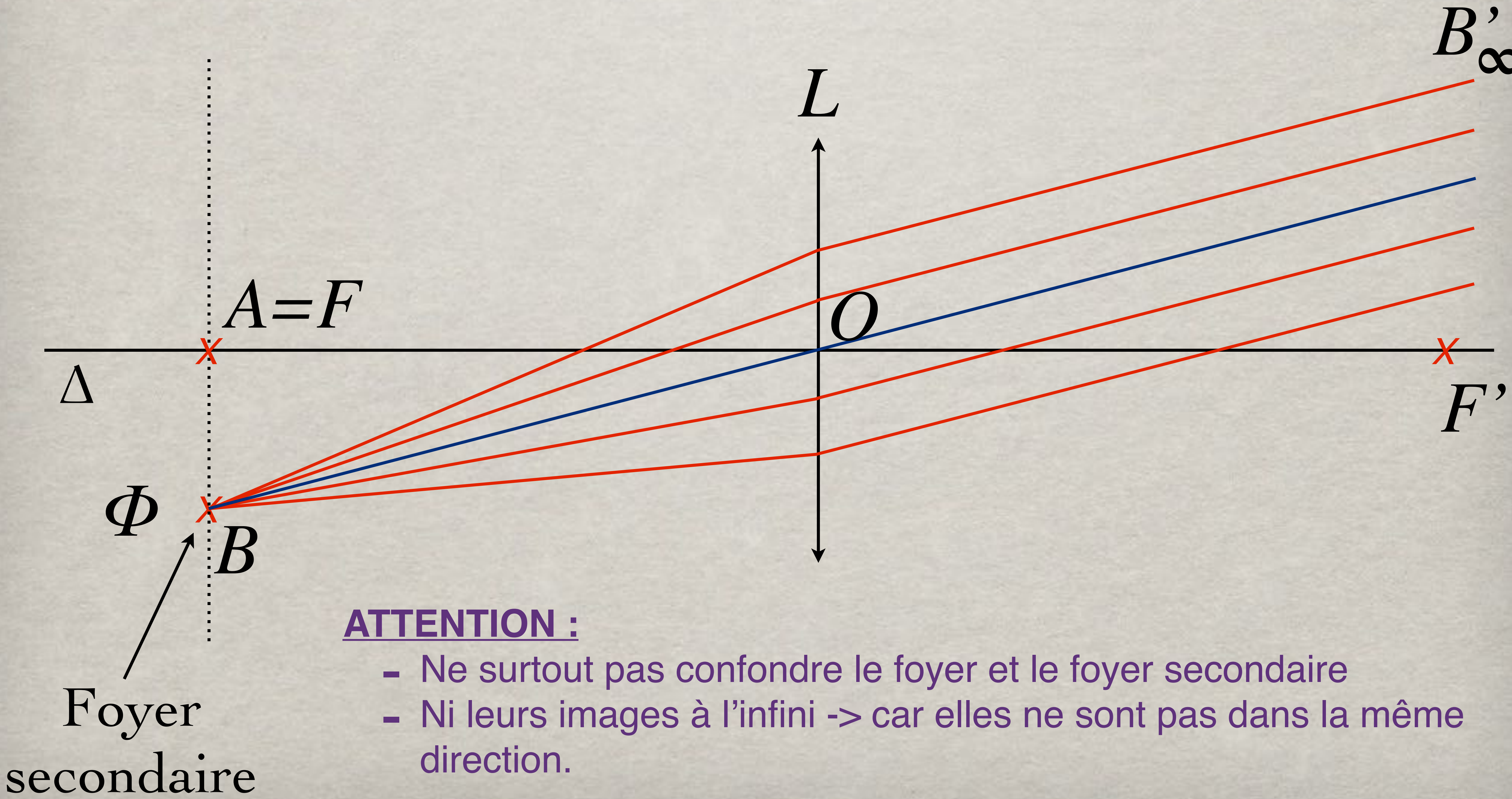


Lentille convergente
L
f < 0
F
O
F'
∞
f ≡ OF
Lentille divergente
L
f > 0
O
F'
F
∞

PLAN FOCAL OBJET

<u>Plan focal objet :</u>

Plan perpendiculaire à (Δ) passant par F

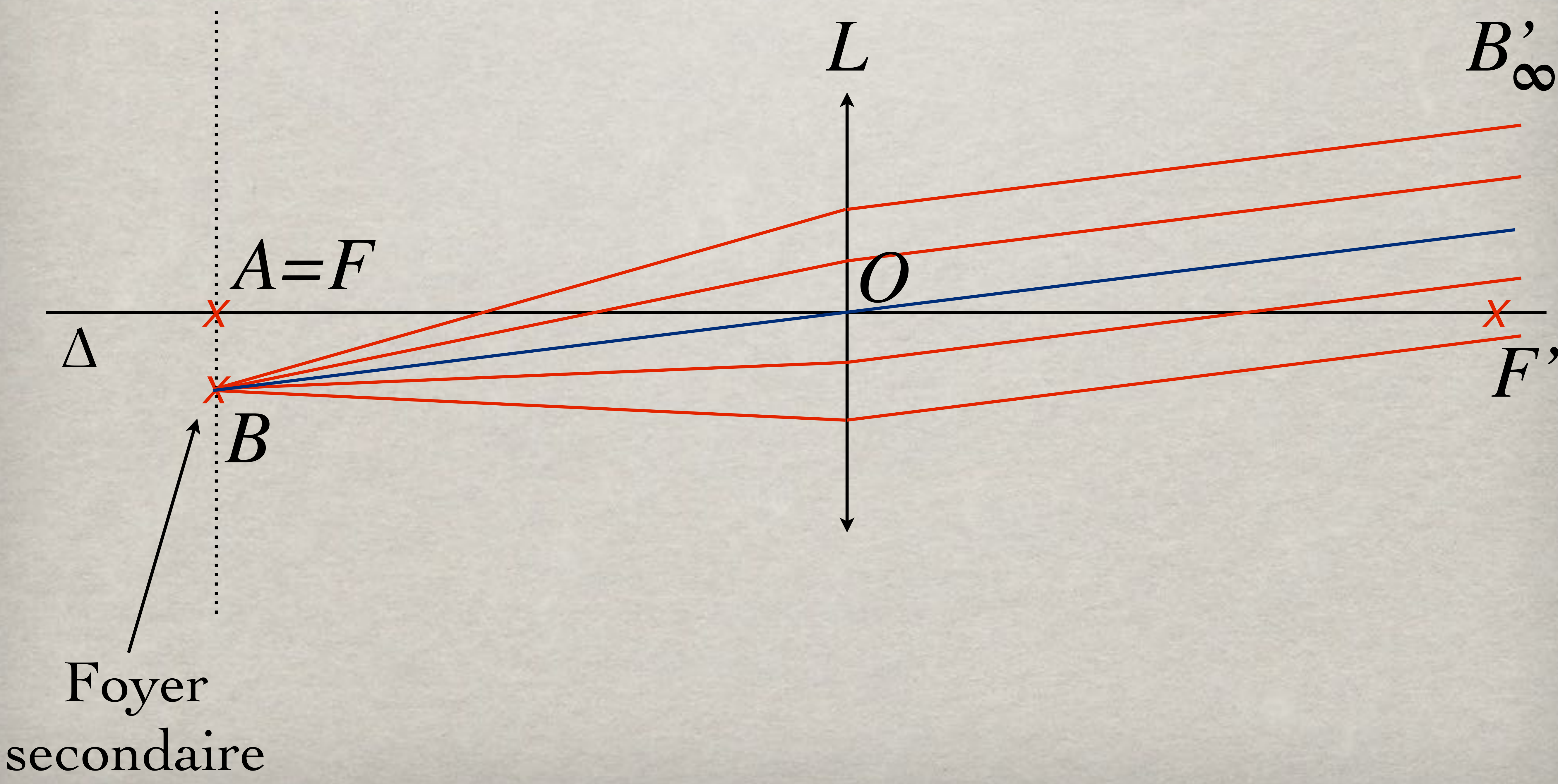


ATTENTION :

- Ne surtout pas confondre le foyer et le foyer secondaire
- Ni leurs images à l'infini -> car elles ne sont pas dans la même direction.

plan Focal objet

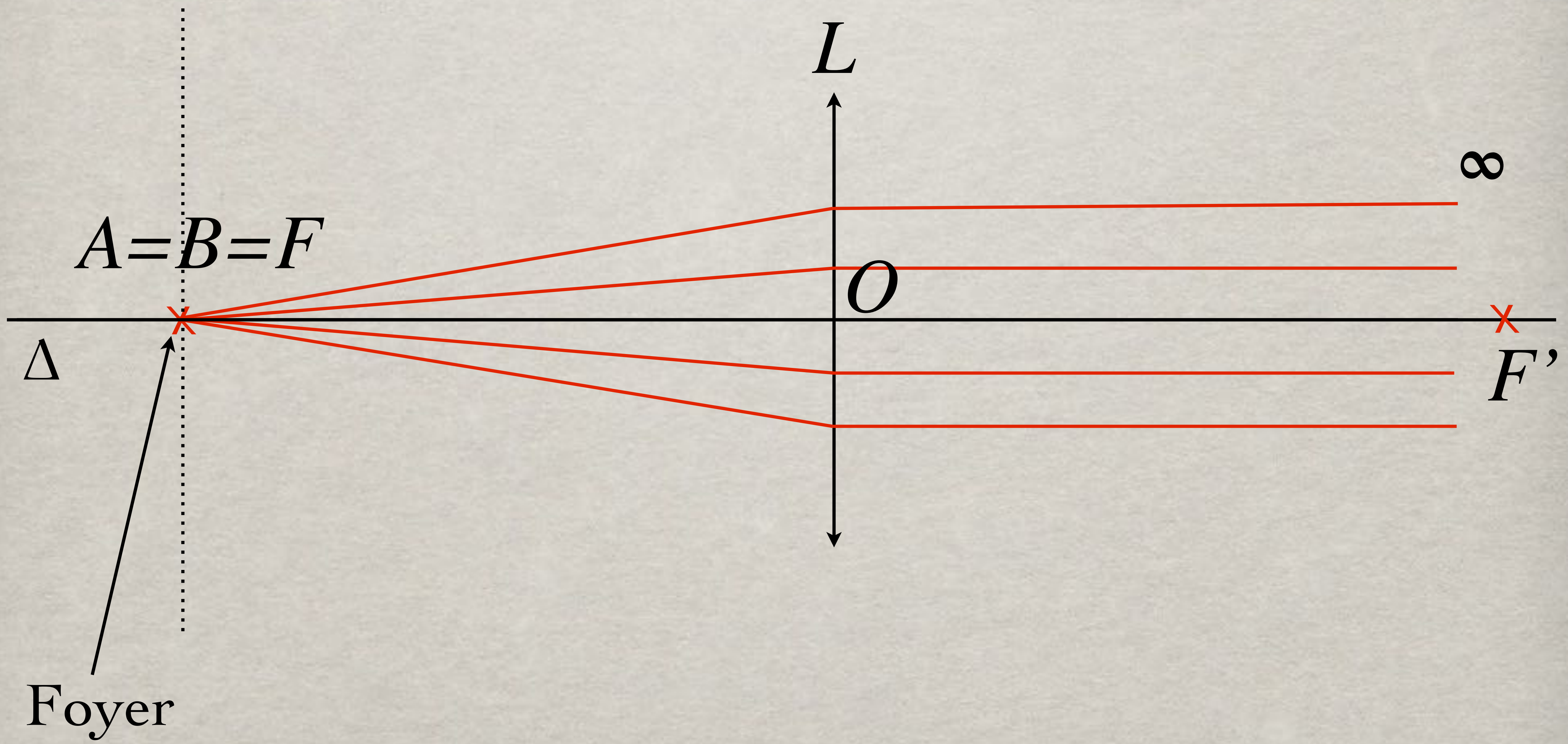
<u>Plan focal objet :</u>
Plan perpendiculaire à (Δ) passant par F



PLAN FOCAL OBJET

Plan focal objet :

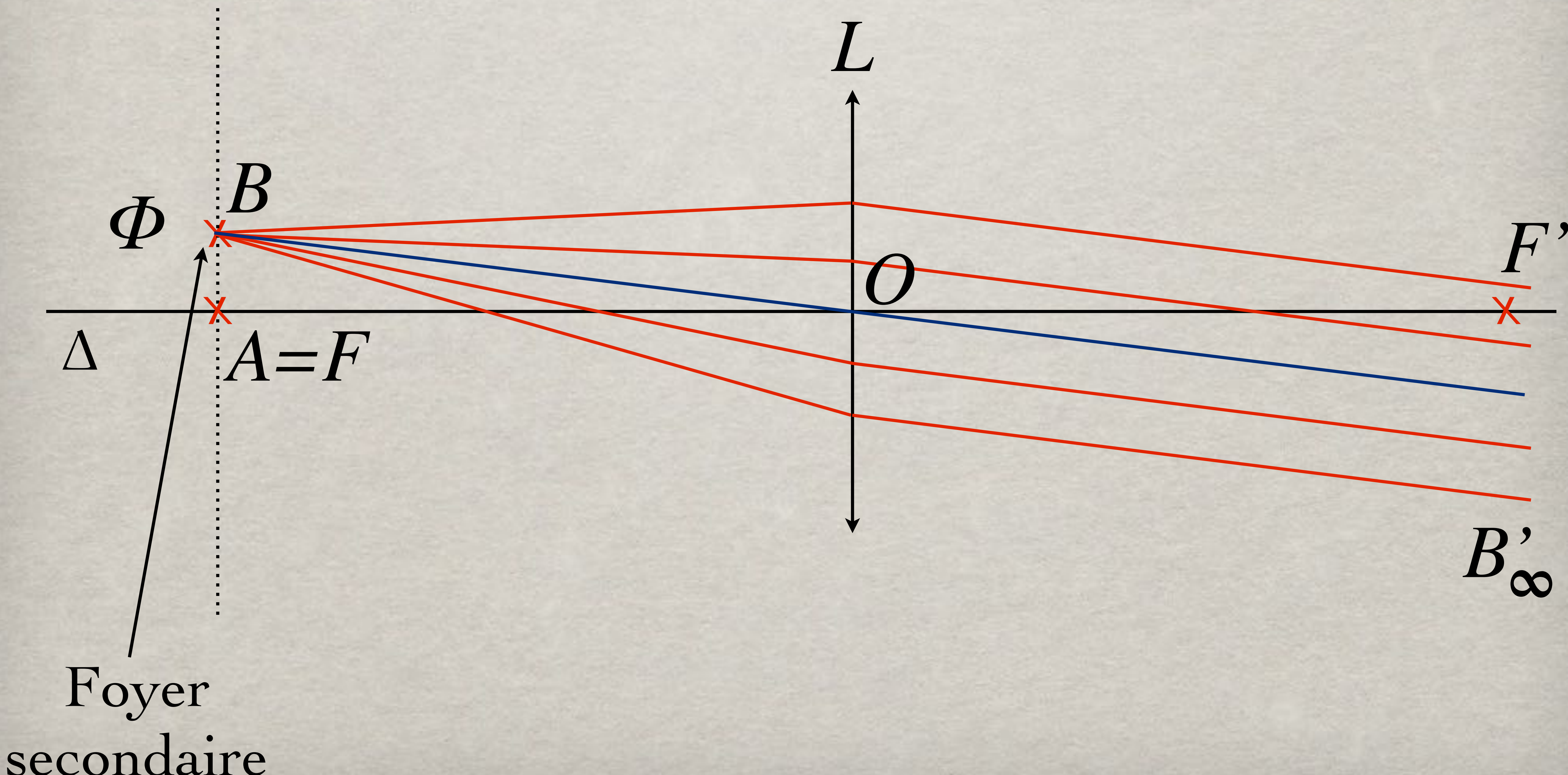
Plan perpendiculaire à (Δ) passant par F



PLAN FOCAL OBJET

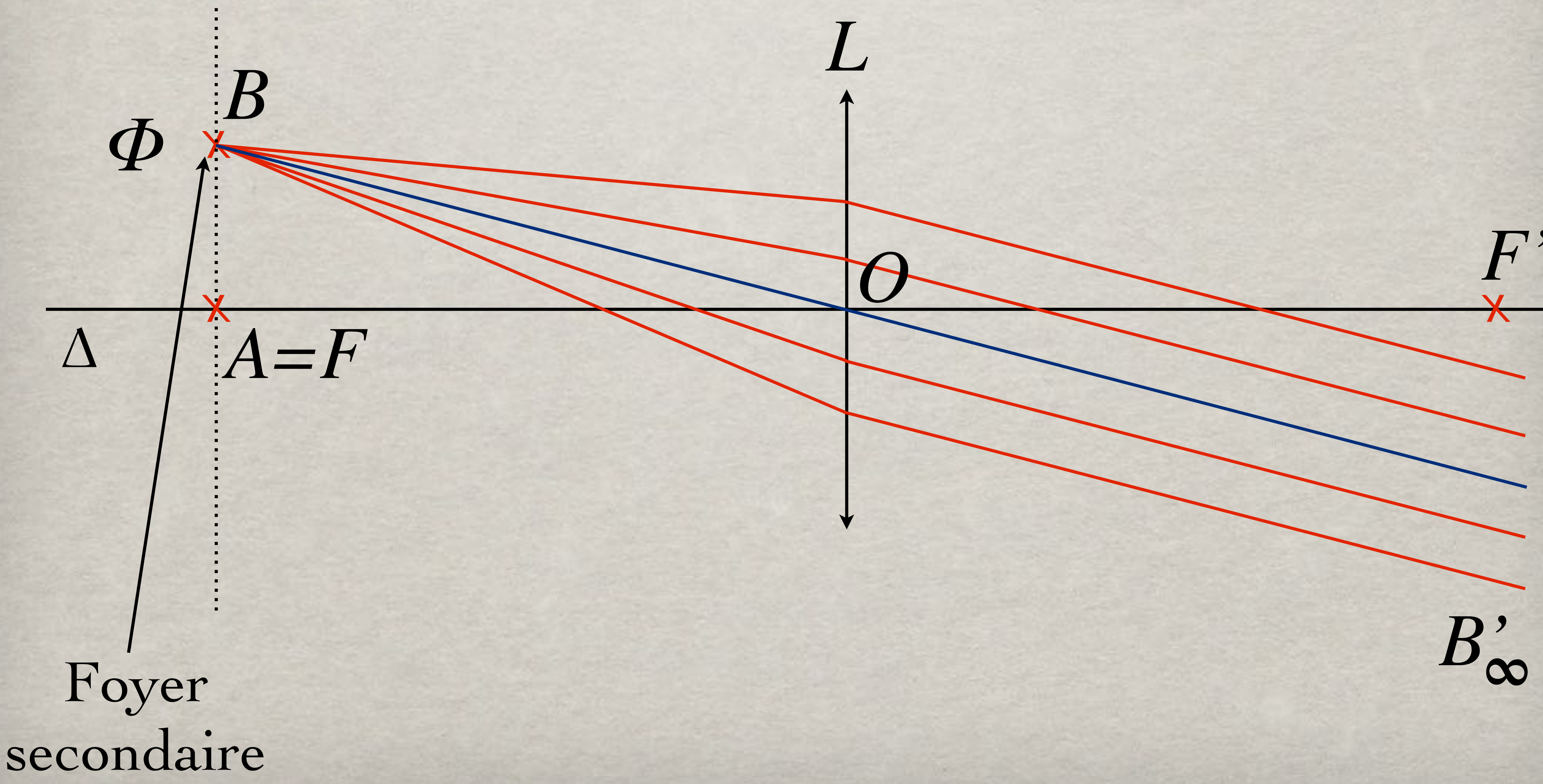
Plan focal objet :

Plan perpendiculaire à (Δ) passant par F



PLAN FOCAL OBJET

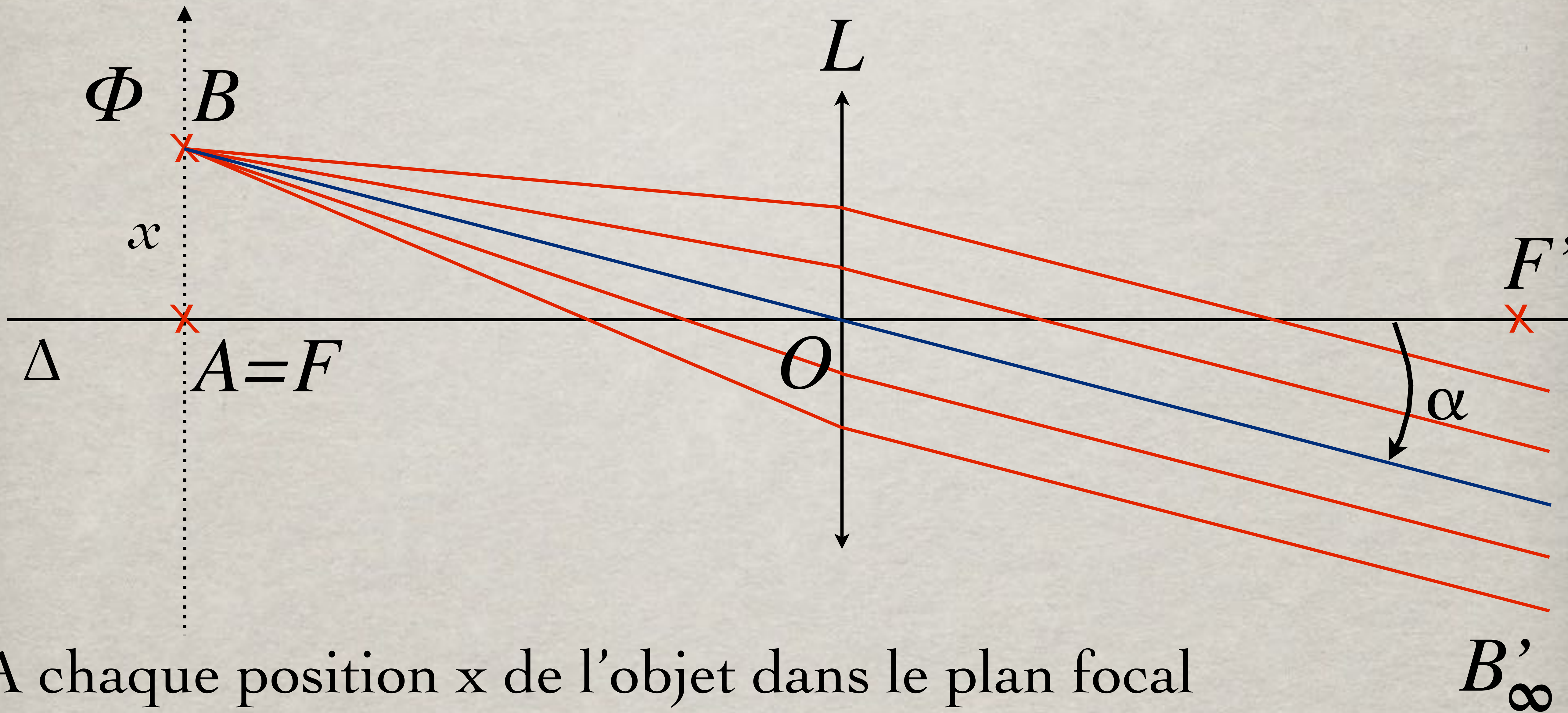
<u>Plan focal objet :</u>
Plan perpendiculaire à (Δ) passant par F



Plan focal objet :

Plan perpendiculaire à (Δ) passant par F

Cas d'une lentille convergente



A chaque position x de l'objet dans le plan focal correspond une direction de l'image à l'infini, caractérisée par son angle α (ici α < 0)

$$\boxed{x = \alpha \cdot f}$$

(approximation des petits angles)

$\tan(\alpha) \sim \alpha$

$\sin(\alpha) \sim \alpha$

Exercice d’application :

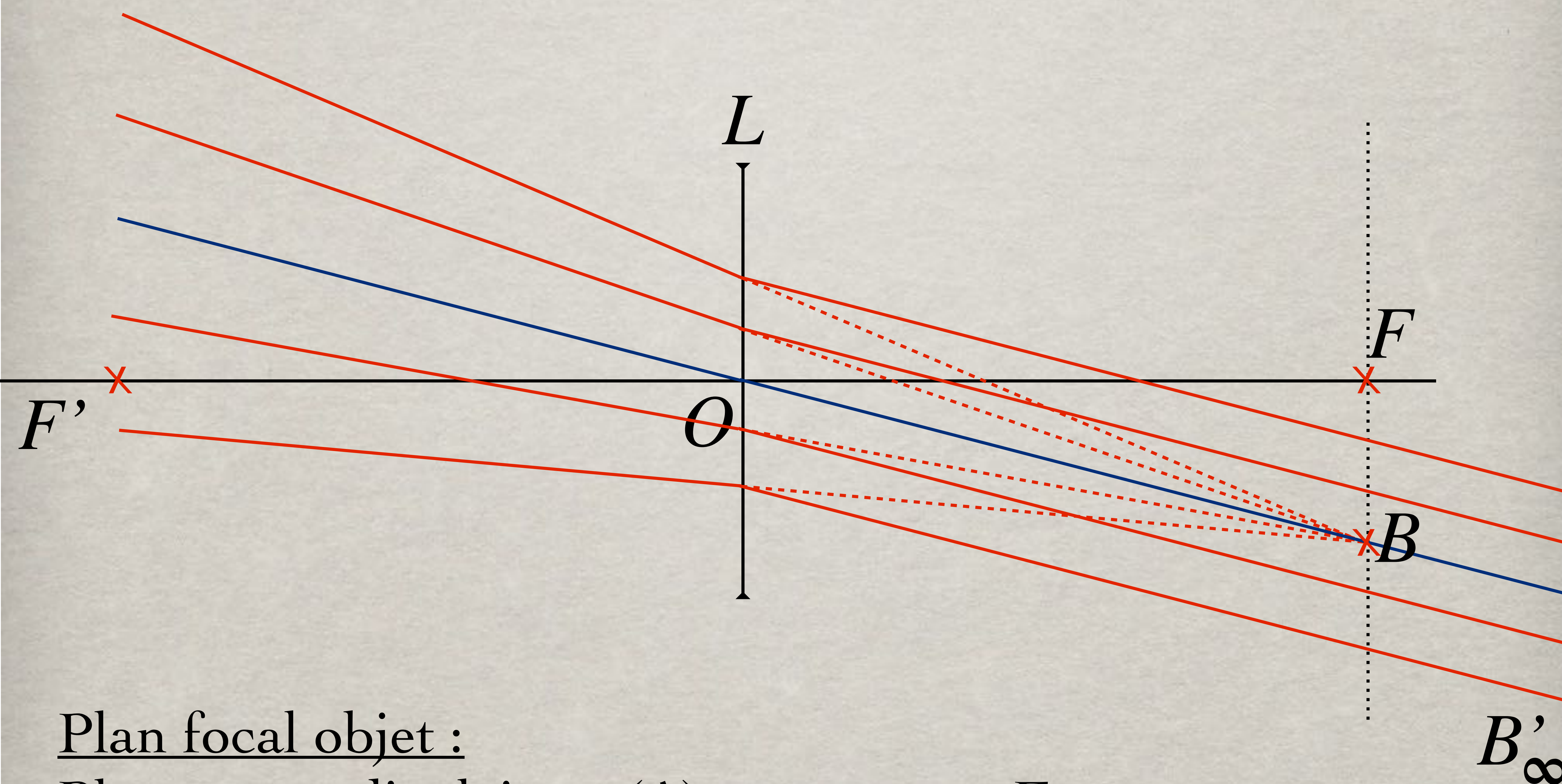
Une ampoule de lampe spectrale de hauteur h = 2cm est placée dans le plan focal objet d’un lentille de f’ = 20cm de focale :

Quelle sera l’ouverture angulaire du faisceau lumineux ?
En degrés minutes, puis en radians (On fera l’approximation des petits angles).

Réponse :

alpha ~ tan(alpha) ~ h/f’ = 2/20 =0.1 rad = 5° 44’

Cas d’une lentille divergente



<u>Plan focal objet :</u>

Plan perpendiculaire à (Δ) passant par F

β - Foyer et plan focal image

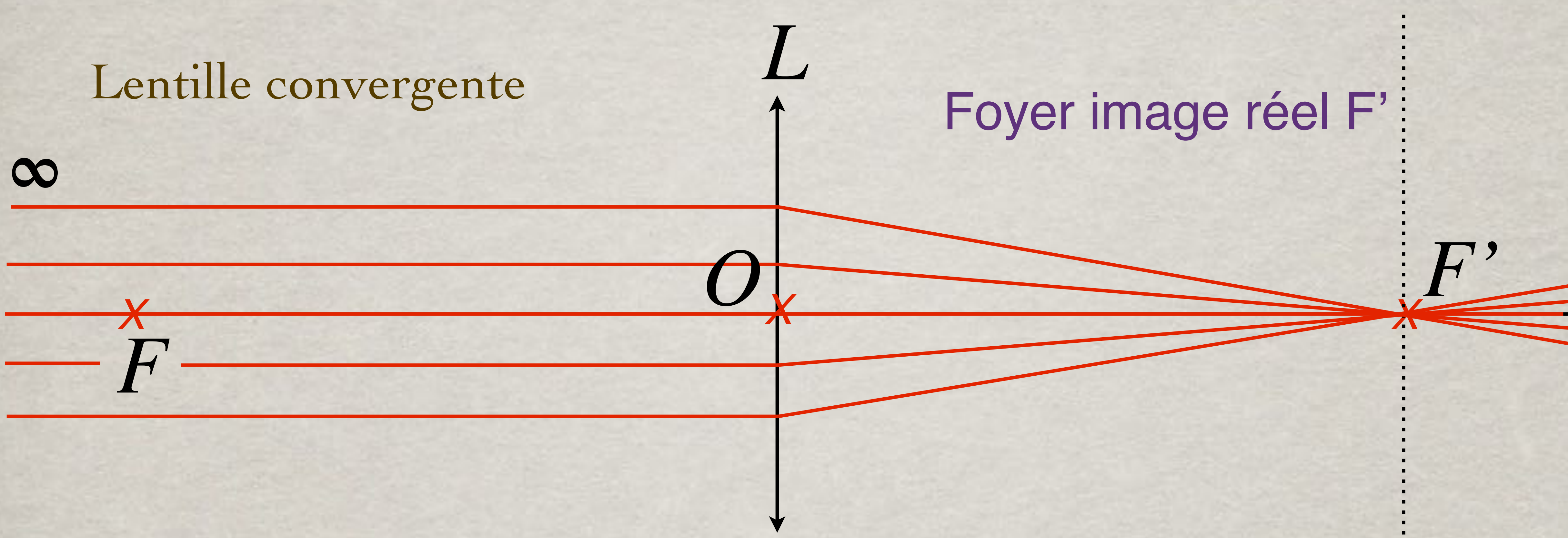
Définition du foyer image :

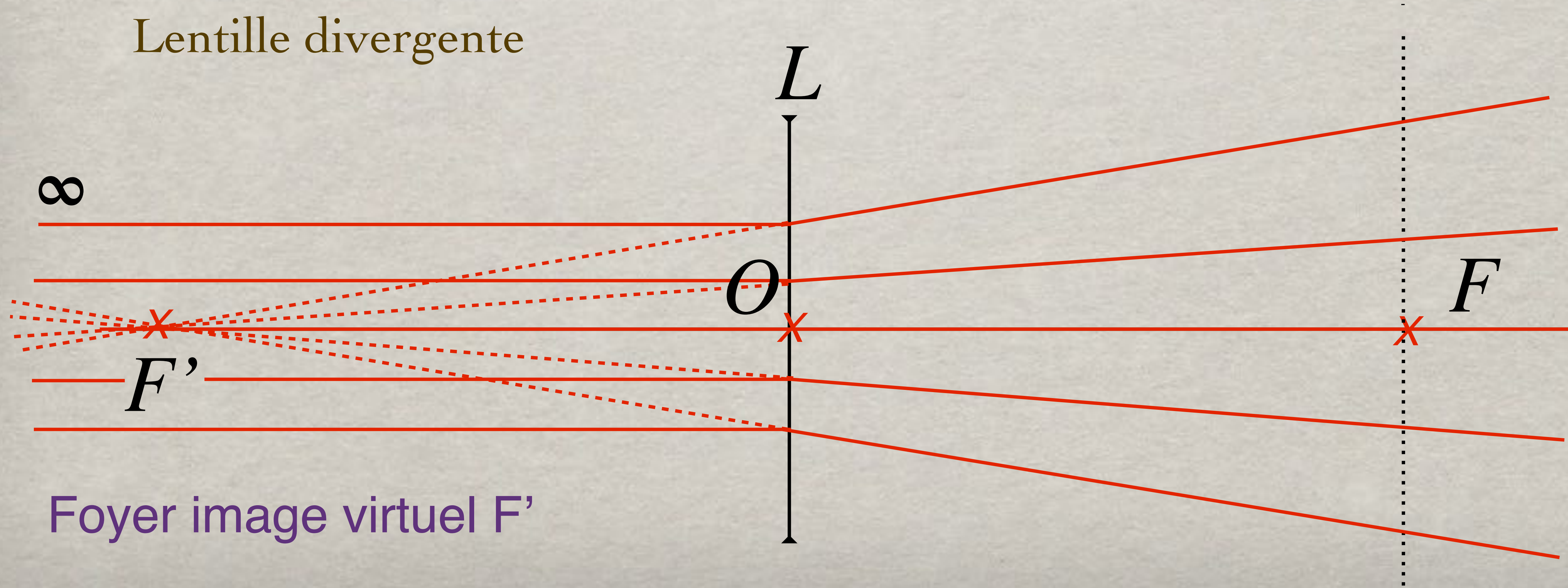
Des rayons parallèles à l'axe optique convergent au foyer image F' de la lentille

Définition du plan focal image :

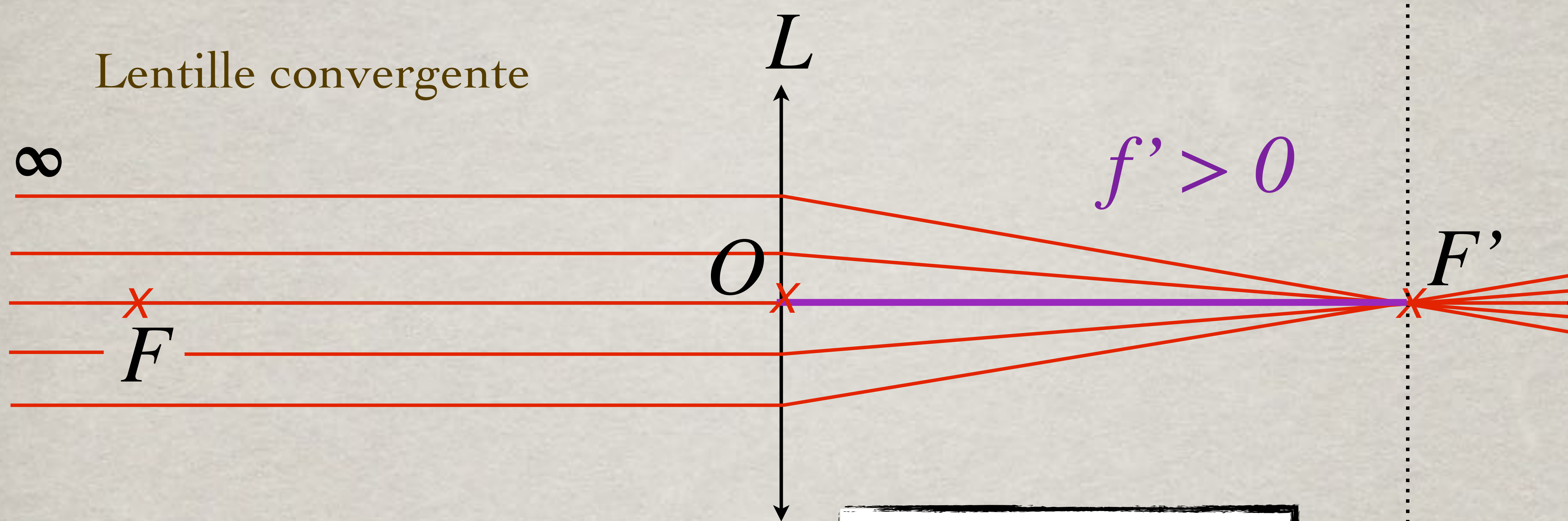
Des rayons parallèles, sous incidence non nulle convergent dans le plan focal image de la lentille : perpendiculaire à (Δ) passant par F'.

Les rayons convergent à l'intersection du plan focal image avec le rayon passant par le centre optique.


Lentille convergente
L
Foyer image réel F’
∞
O
F’
F

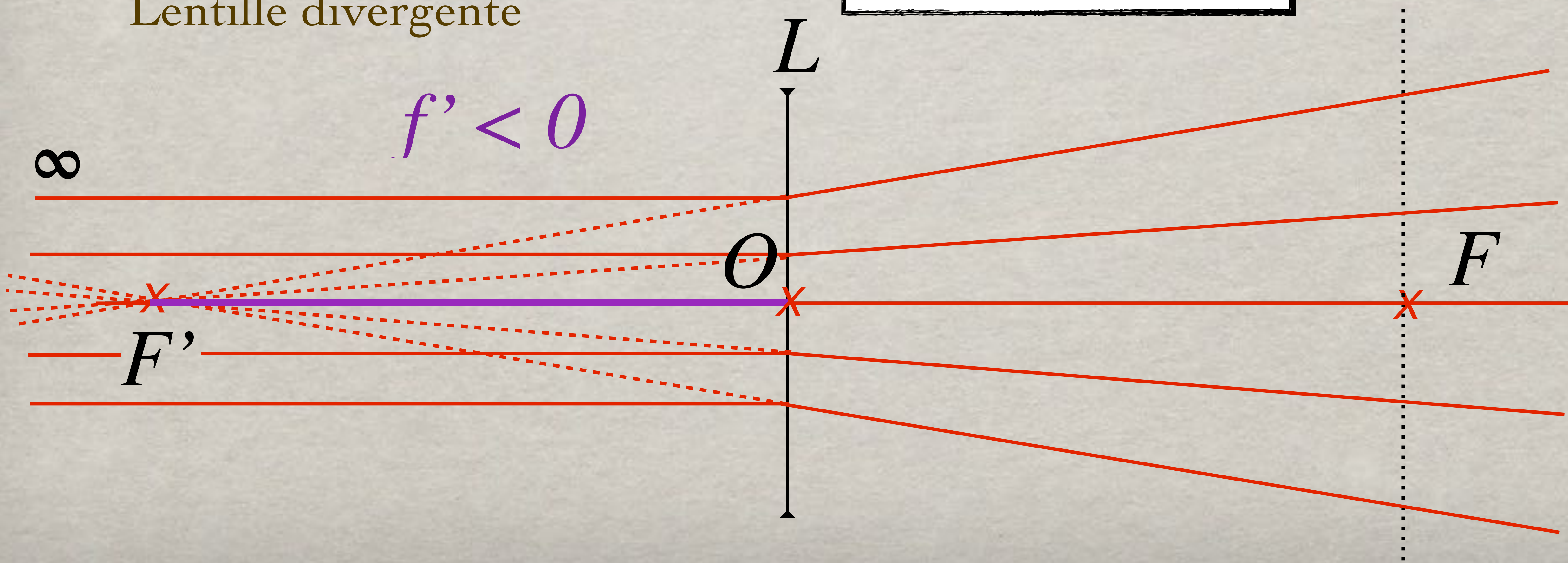

Lentille divergente
L
∞
O
F
F’
Foyer image virtuel F’

Lentille convergente



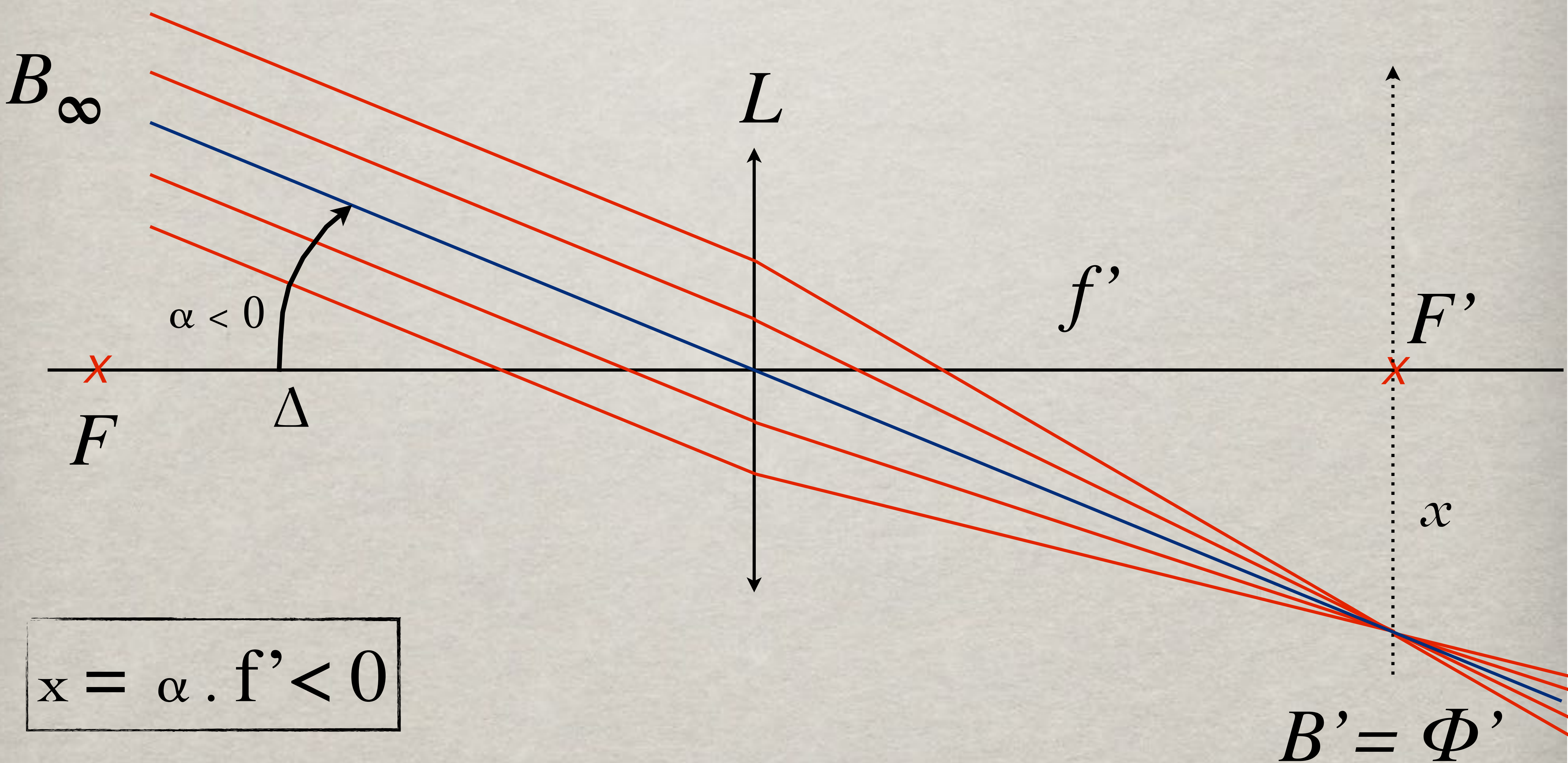
$$\boxed{f' \equiv \overline{OF'}}$$

Lentille divergente



Plan focal image

Cas d'une lentille convergente



$$\boxed{x = \alpha \,.\, f' < 0}$$

(approximation des petits angles)

$\tan(\alpha) \sim \alpha$

$\sin(\alpha) \sim \alpha$

ATTENTION :

- Ne surtout pas confondre le foyer et le foyer secondaire
- Ni leurs images à l'infini -> car elles ne sont pas dans la même direction.

Exercice d'application :

On prend une photo de la tour Eiffel de hauteur h = 327m avec un téléobjectif de focale équivalente à f' = 30 cm. Le photographe se trouve à D = 5 km de distance :

- Où se formera l'image nette de la tour Eiffel
  (on y placera la pellicule photo ou capteur CCD)

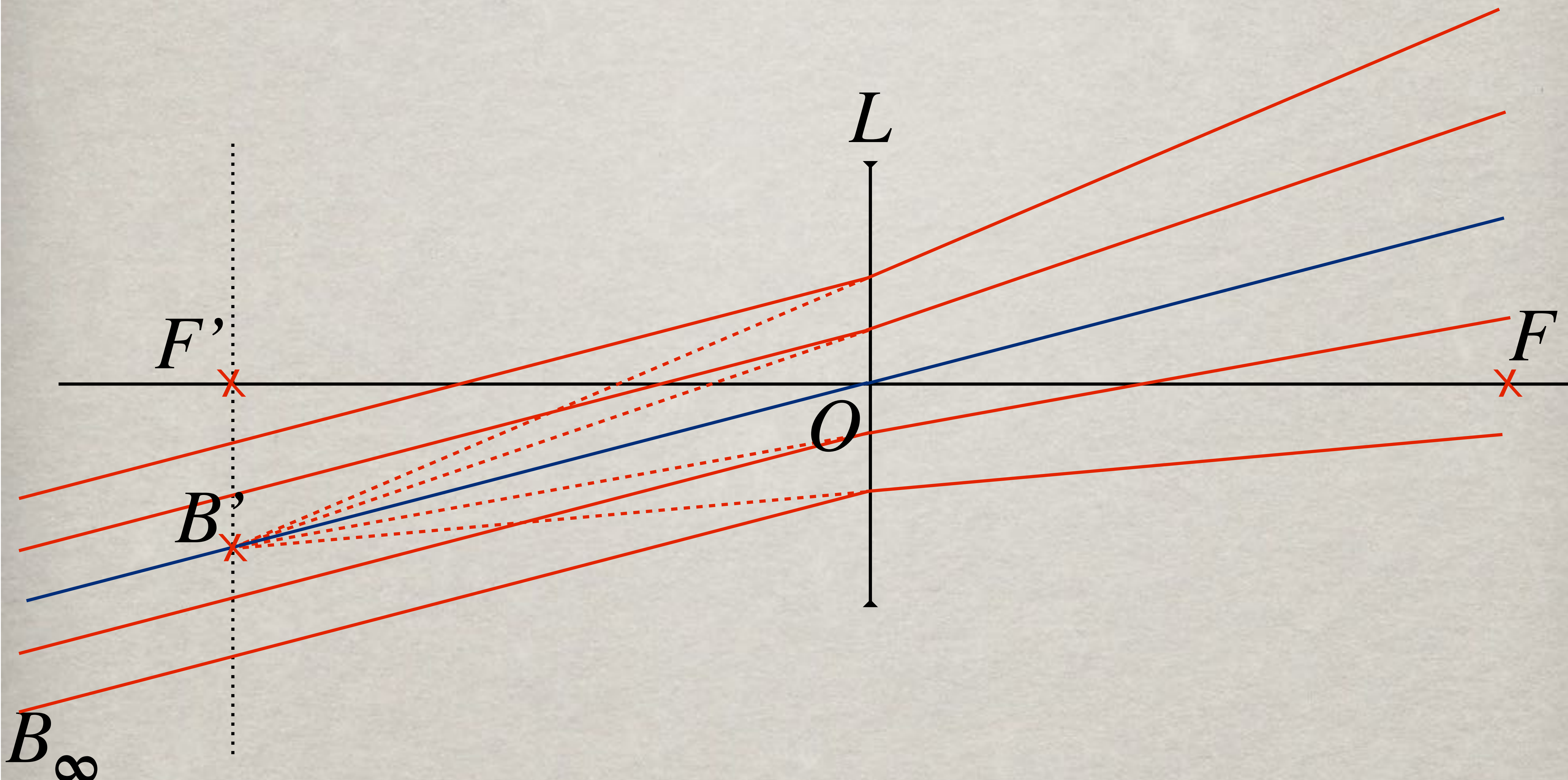
- Quelle sera la taille h' de la tour Eiffel sur la pellicule ?

Réponse :

- Au plan focal image (réel) soit à 30 cm.
- alpha ~ tan(alpha) ~ h/D = 327/5000 = 0.0654
  h' = alpha * f' = 1.962 cm

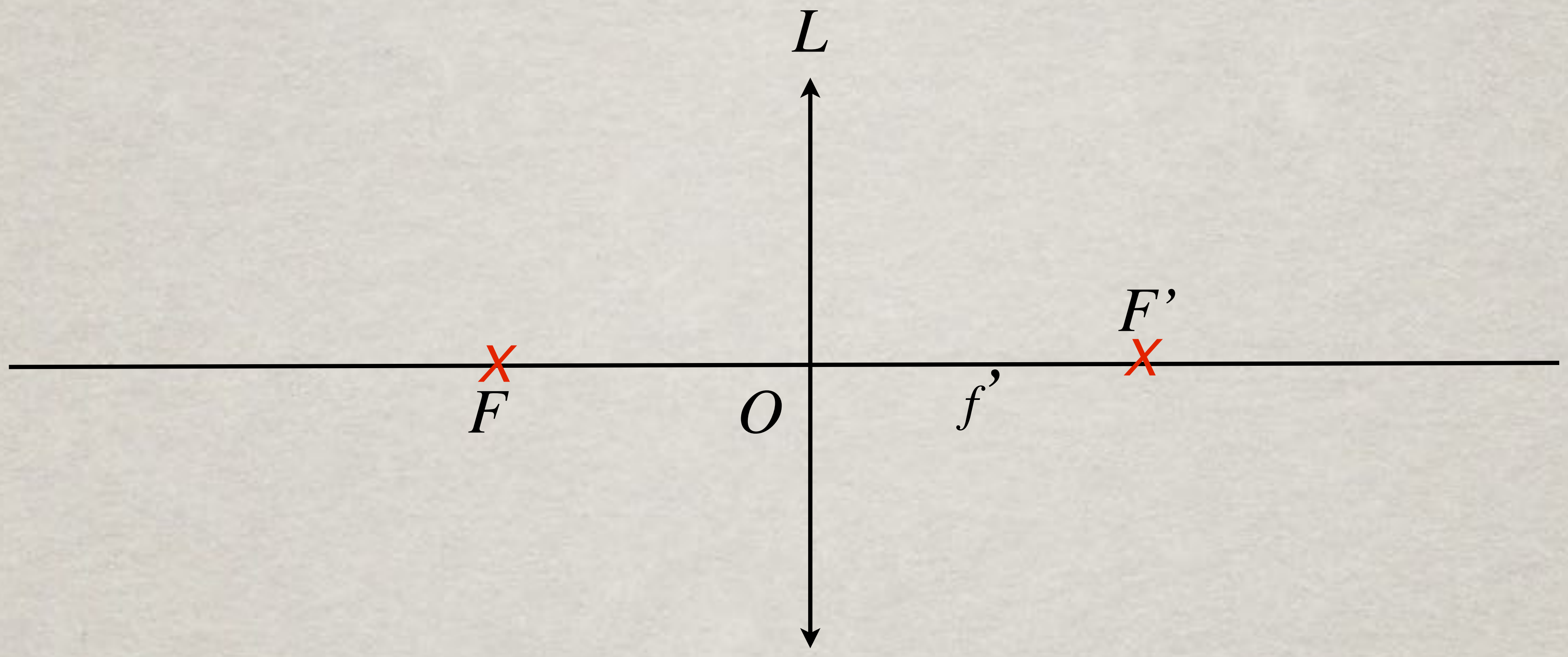
Rq : ne pas utiliser les relations de conjugaison lorsque l'objet est à l'infini.

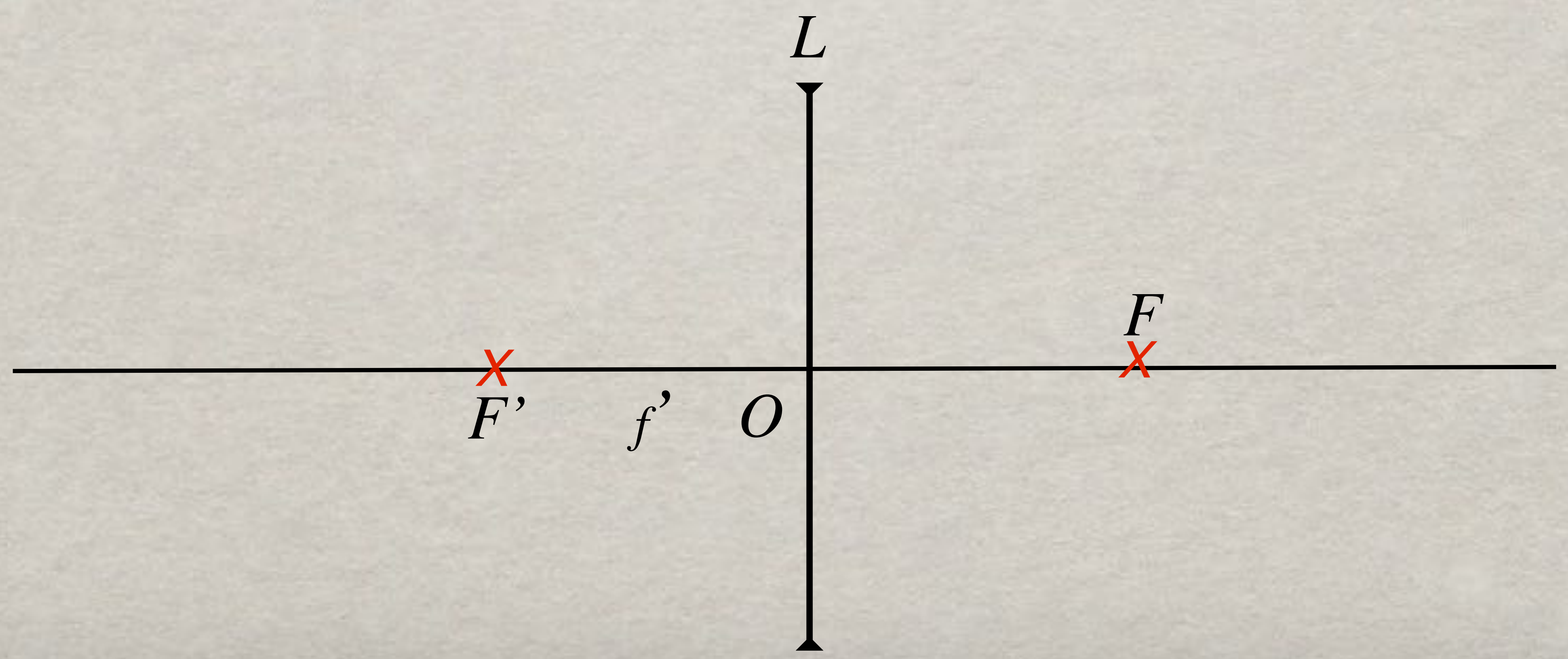
Cas d’une lentille divergente



3 - Les constructions géométriques des rayons

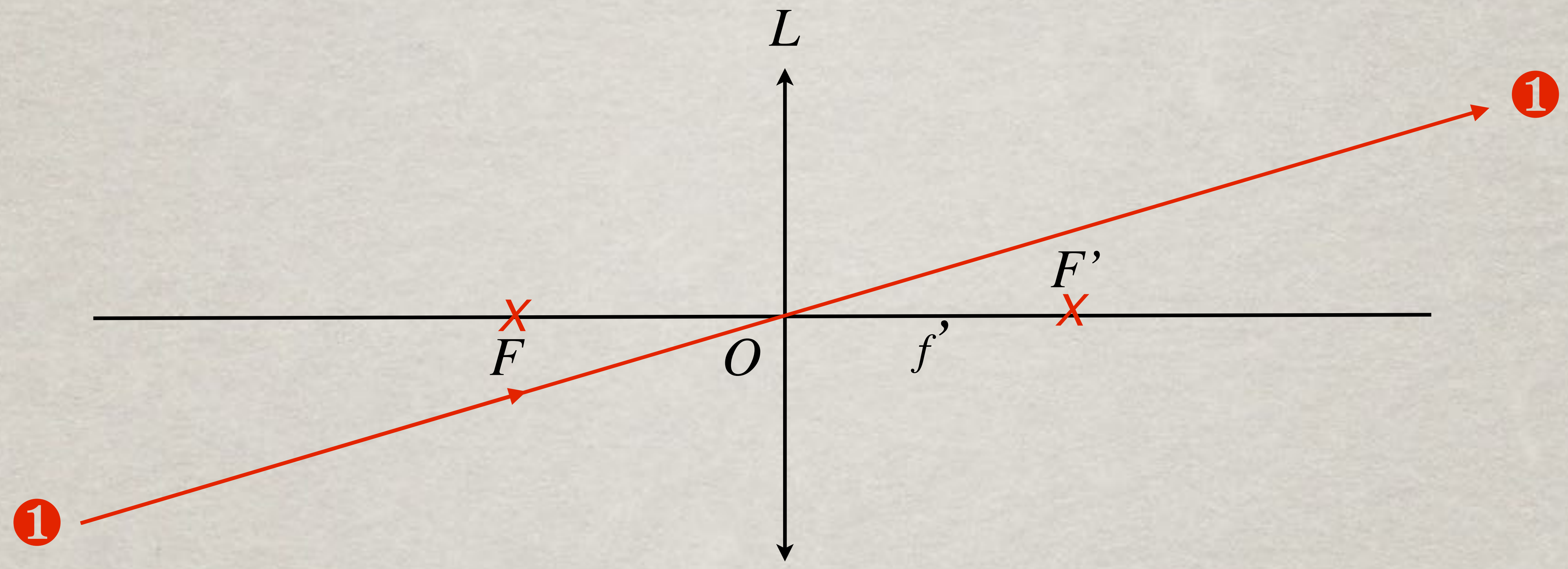
α - Règles de construction

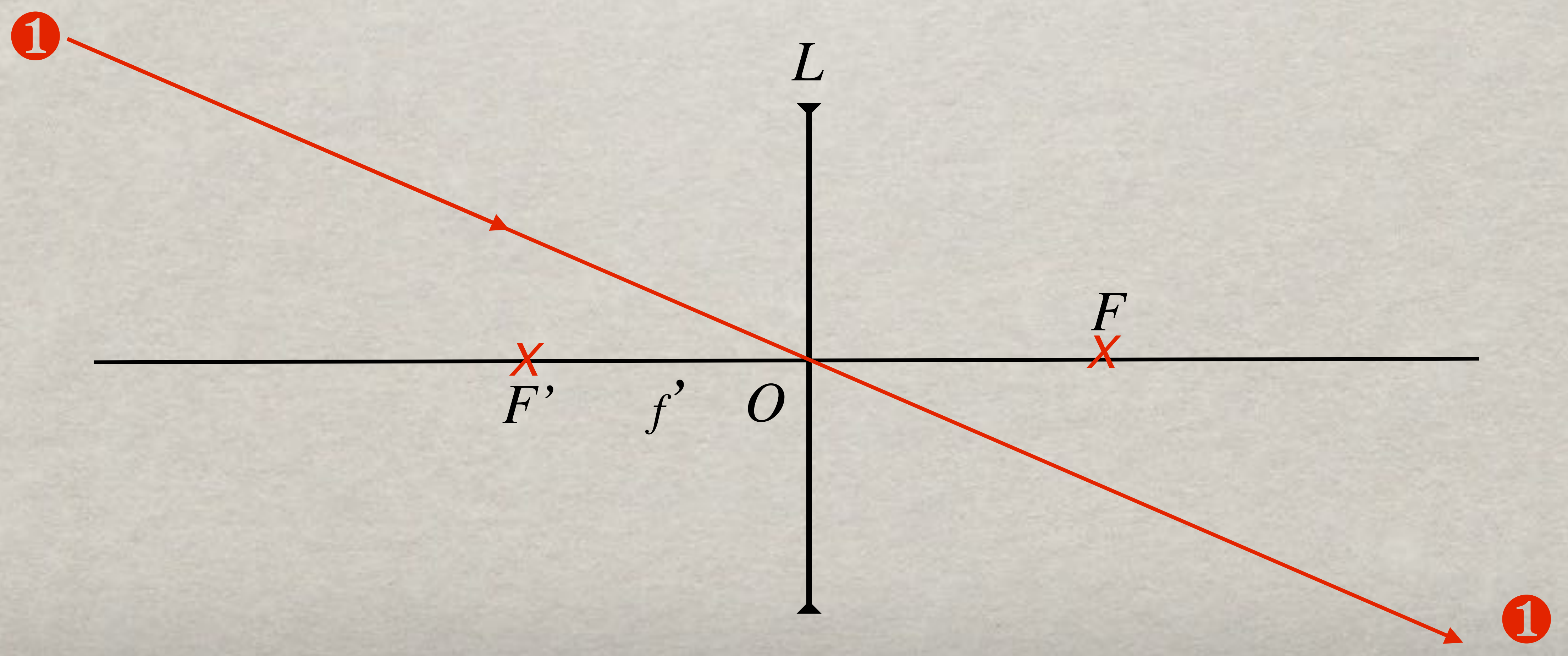


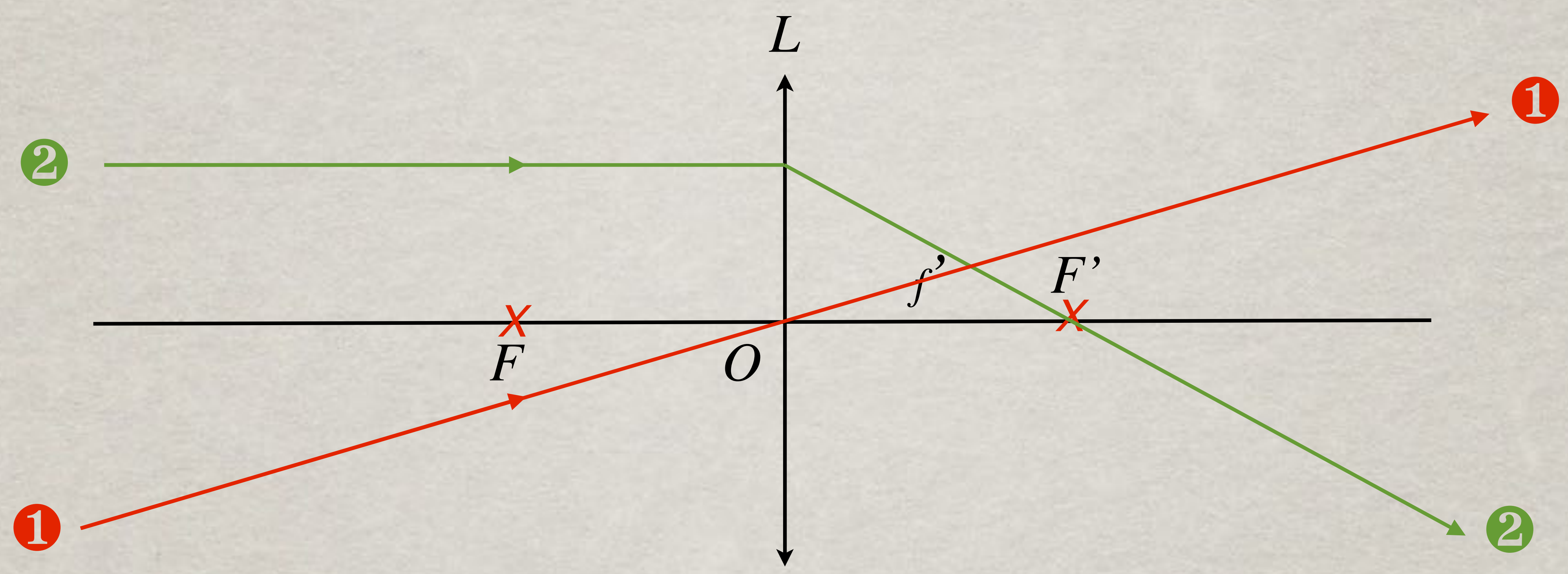
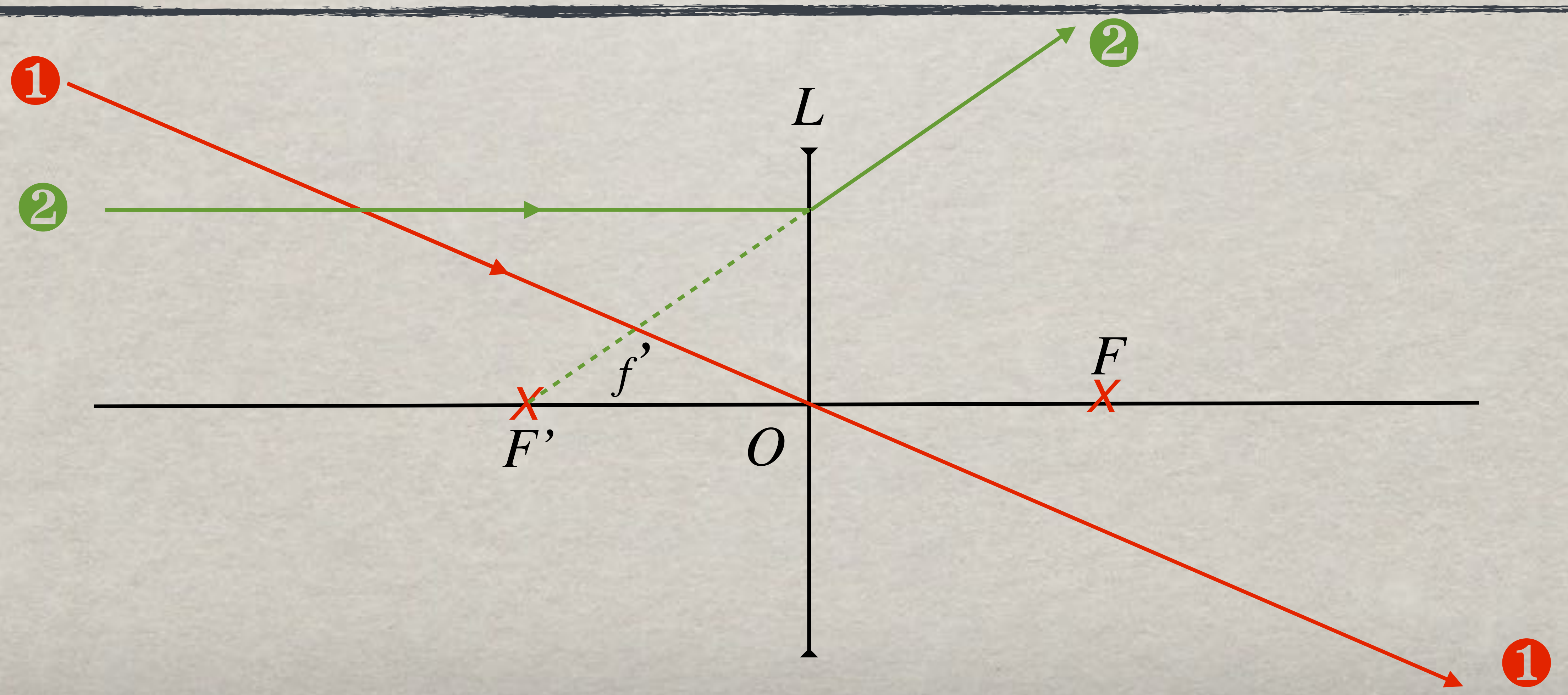


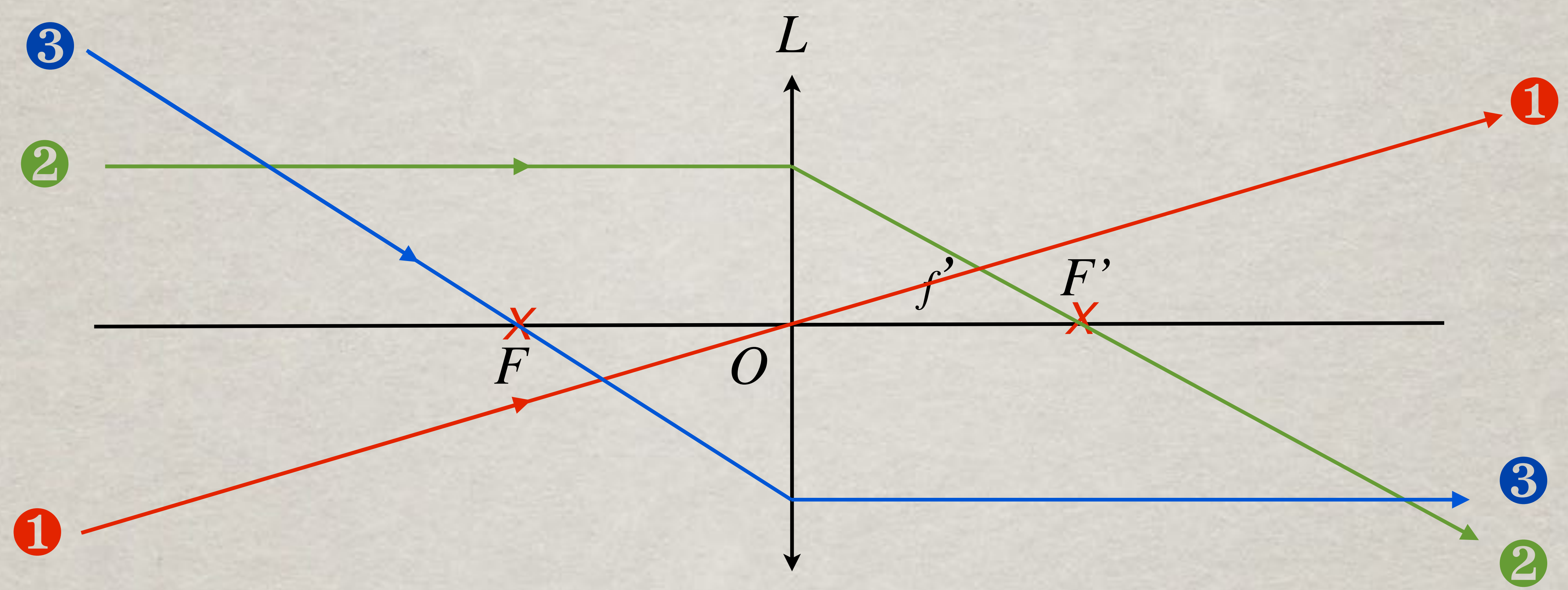
3 - Les constructions géométriques des rayons

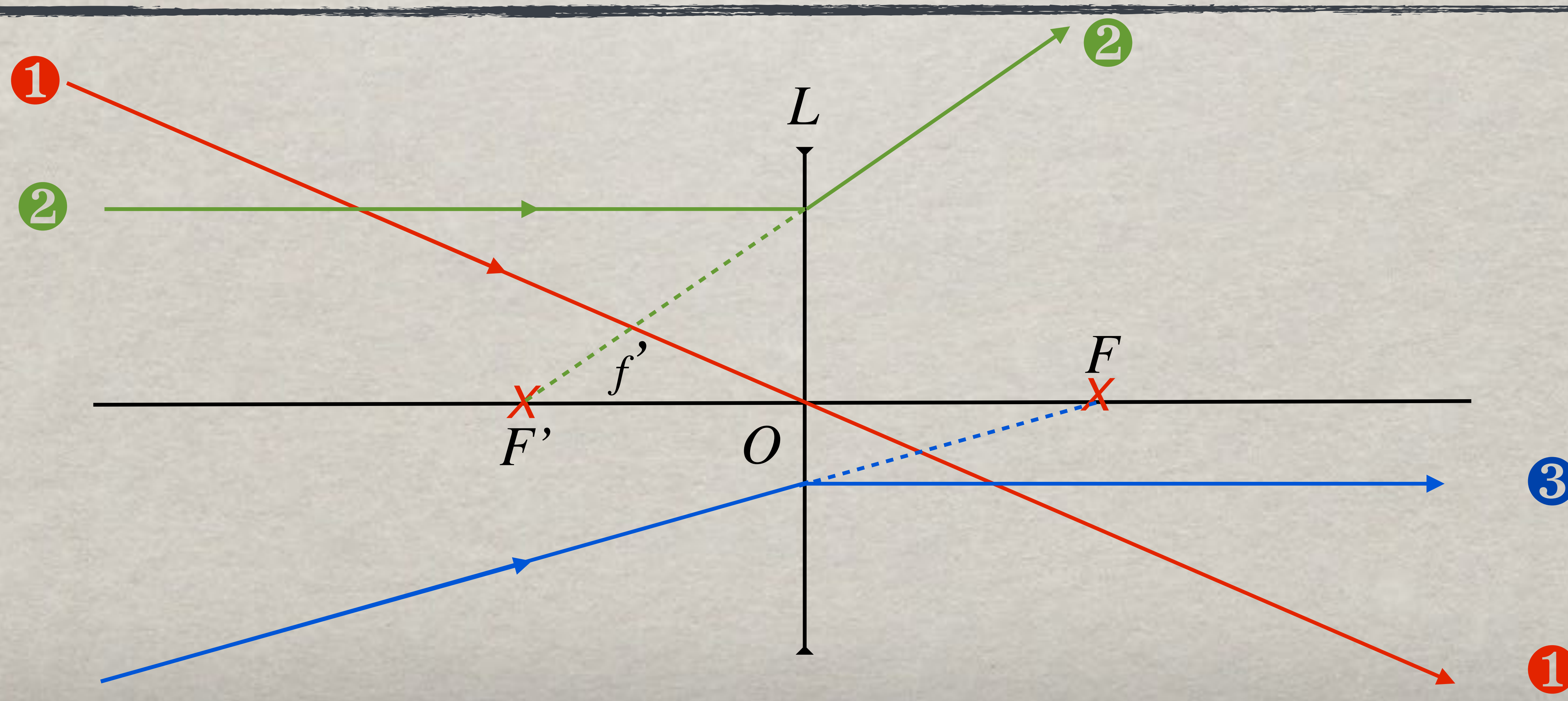
α - Règles de construction





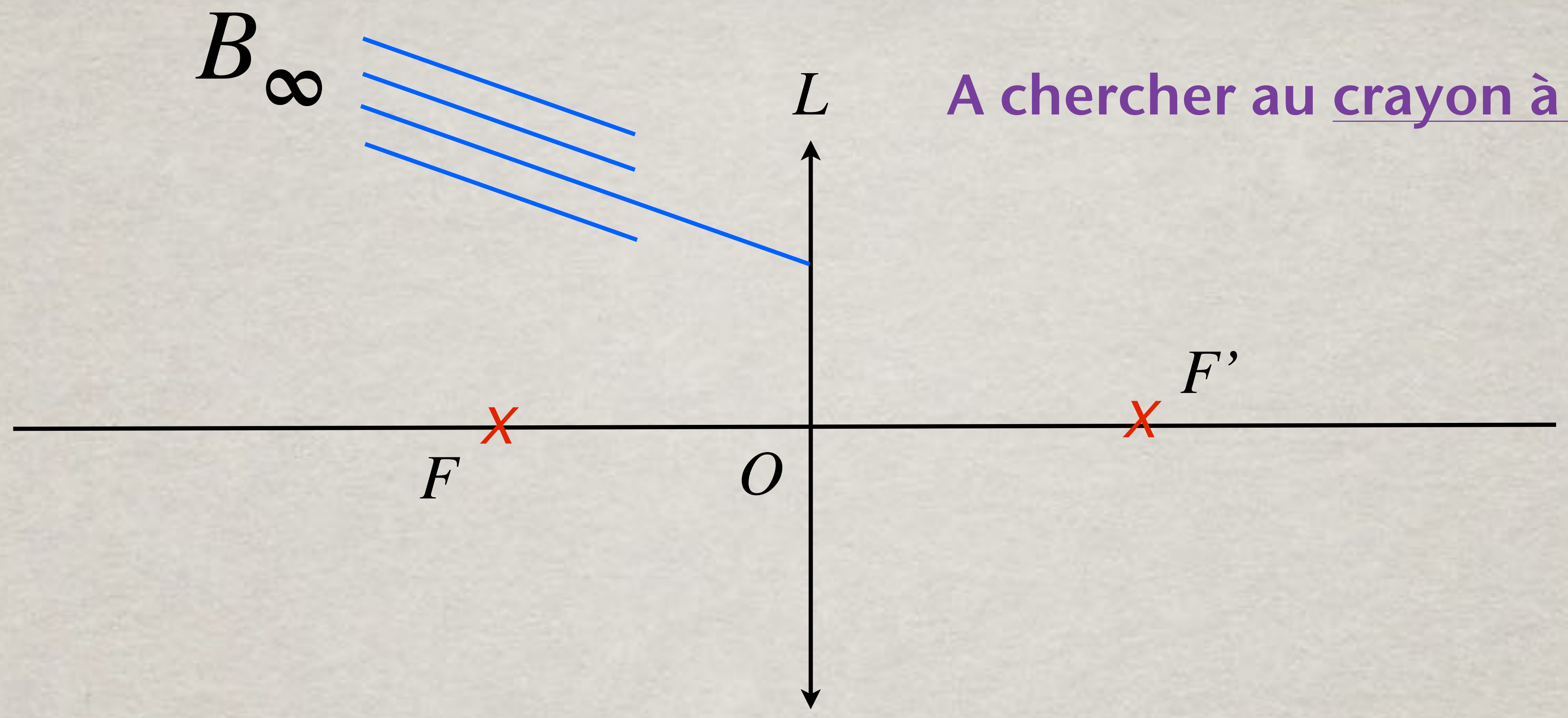

L
❶
❷
f'
F'
F
O
❶
❷

❷
❶
L
❷
f'
F
F'
O
❶

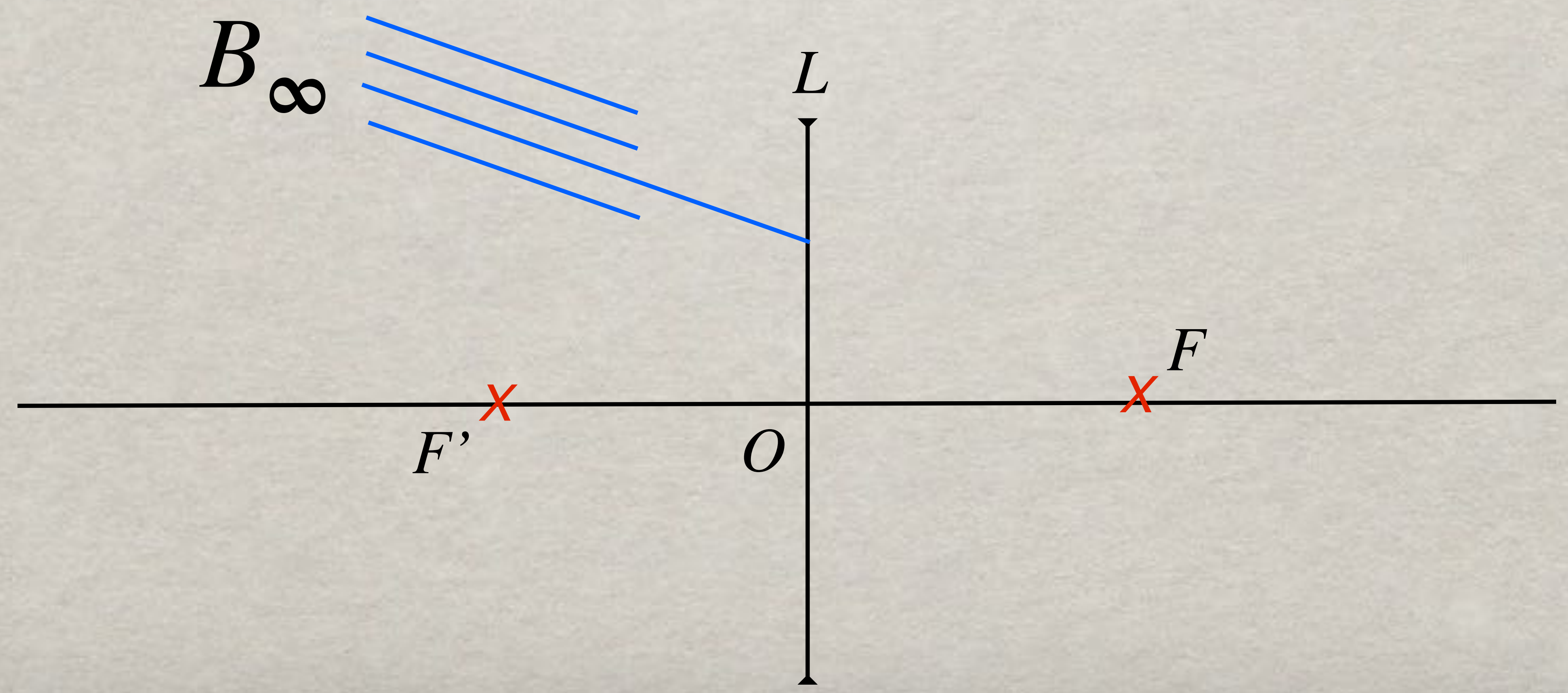

L
3
2
1
f'
F'
F
O
1
3
2

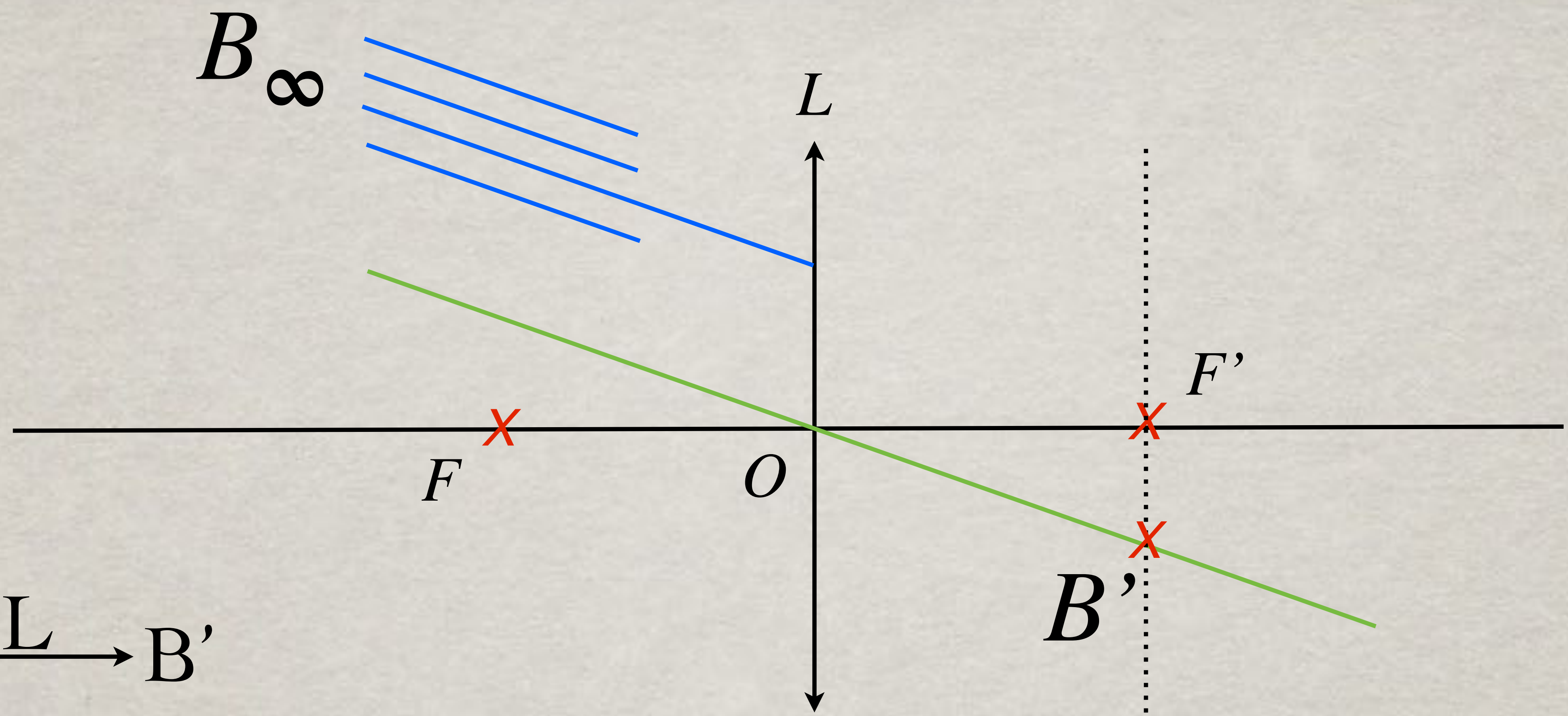

L
1
2
f'
F
F'
O
3
1

β - Construction de l'image d'un faisceau

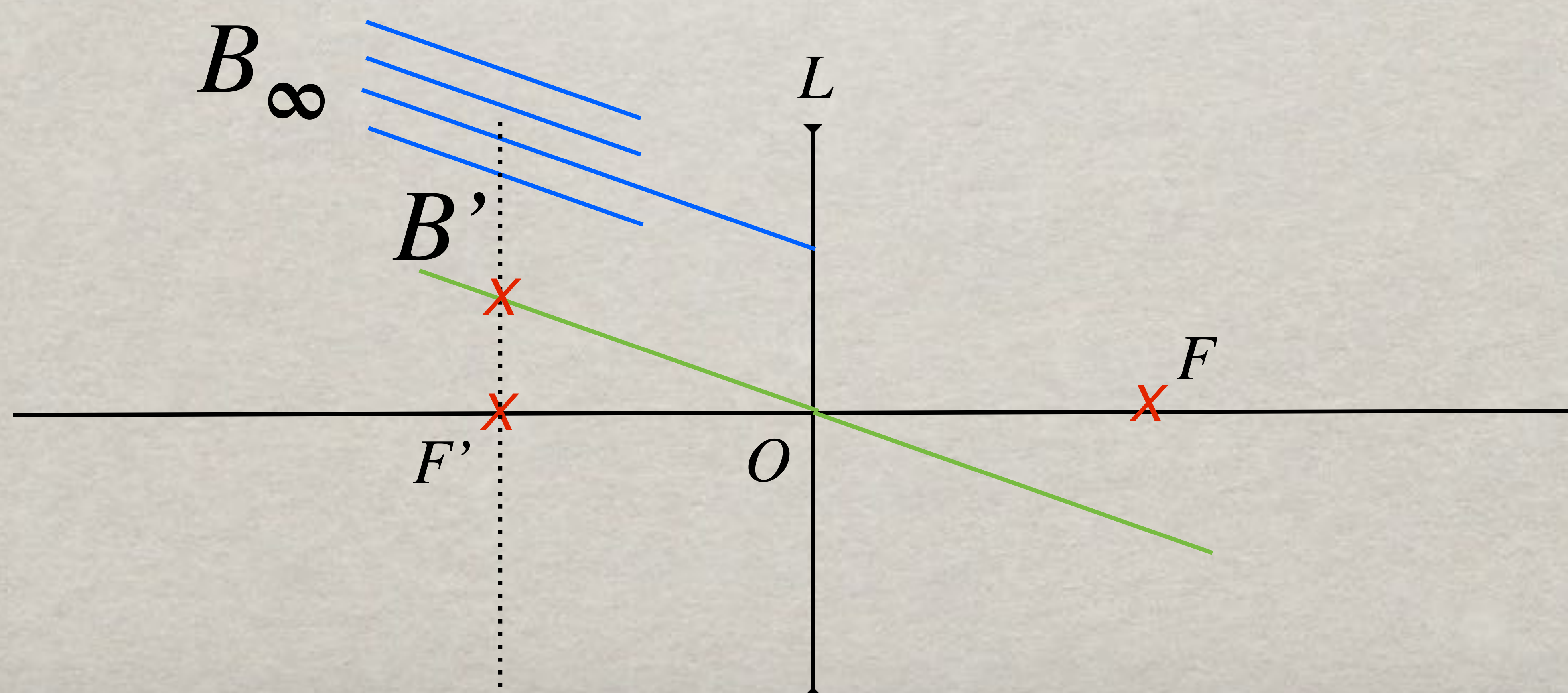
A chercher au crayon à papier !!!

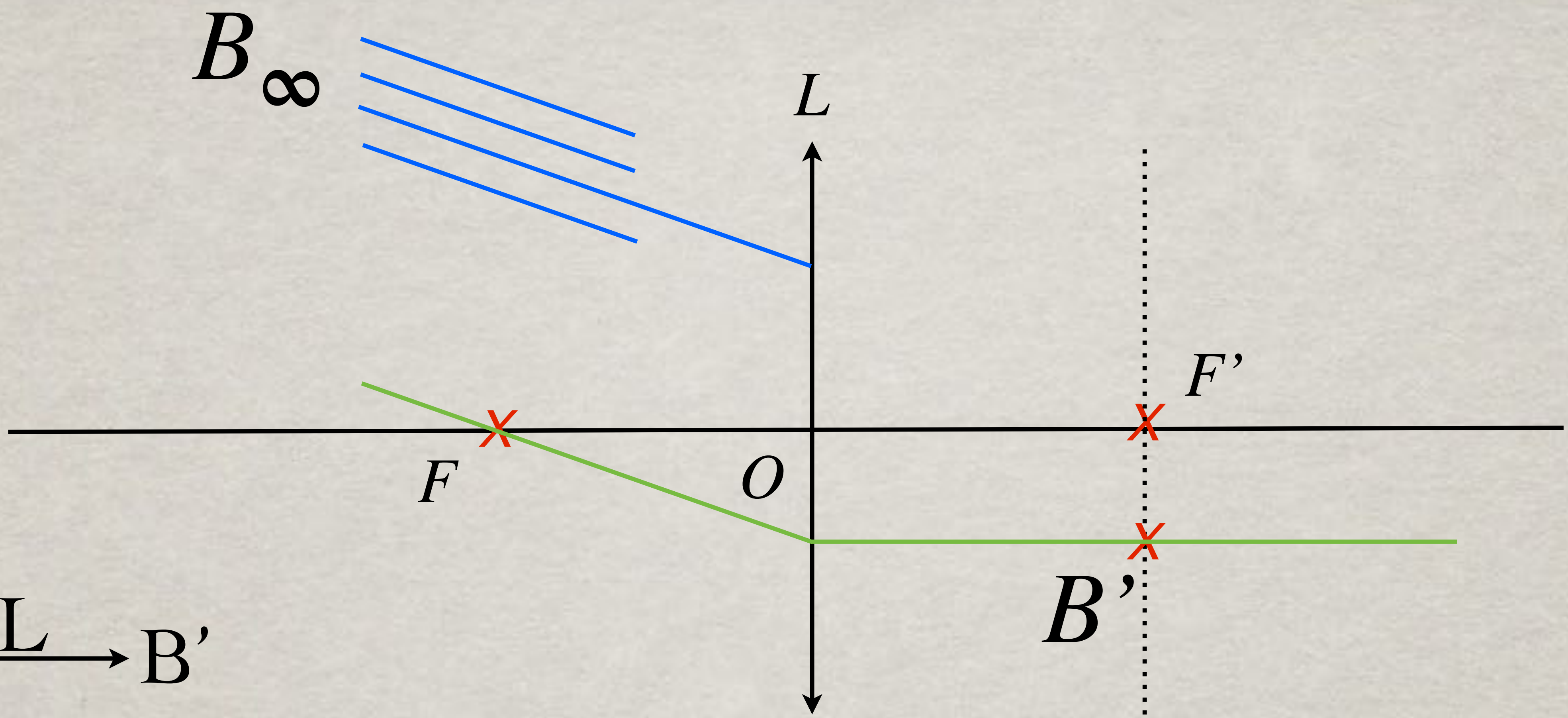




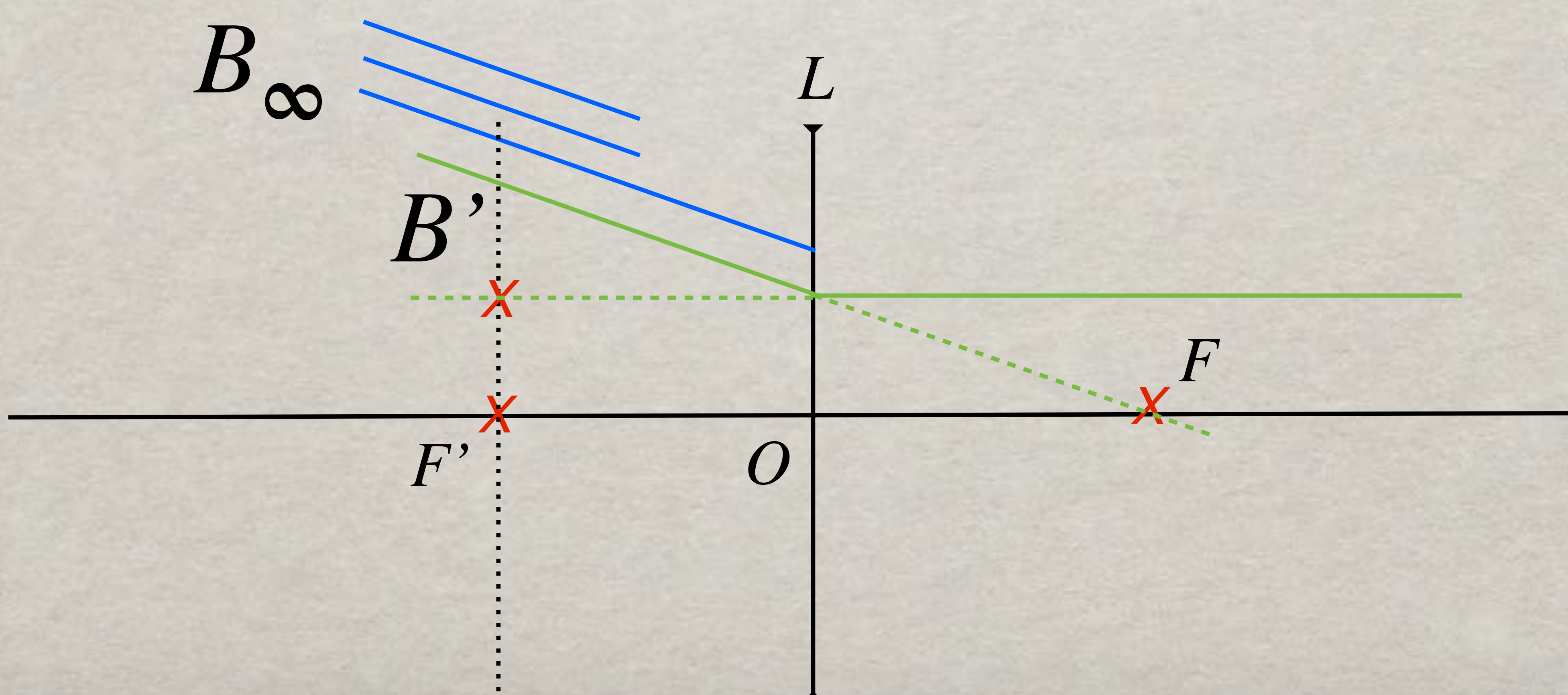


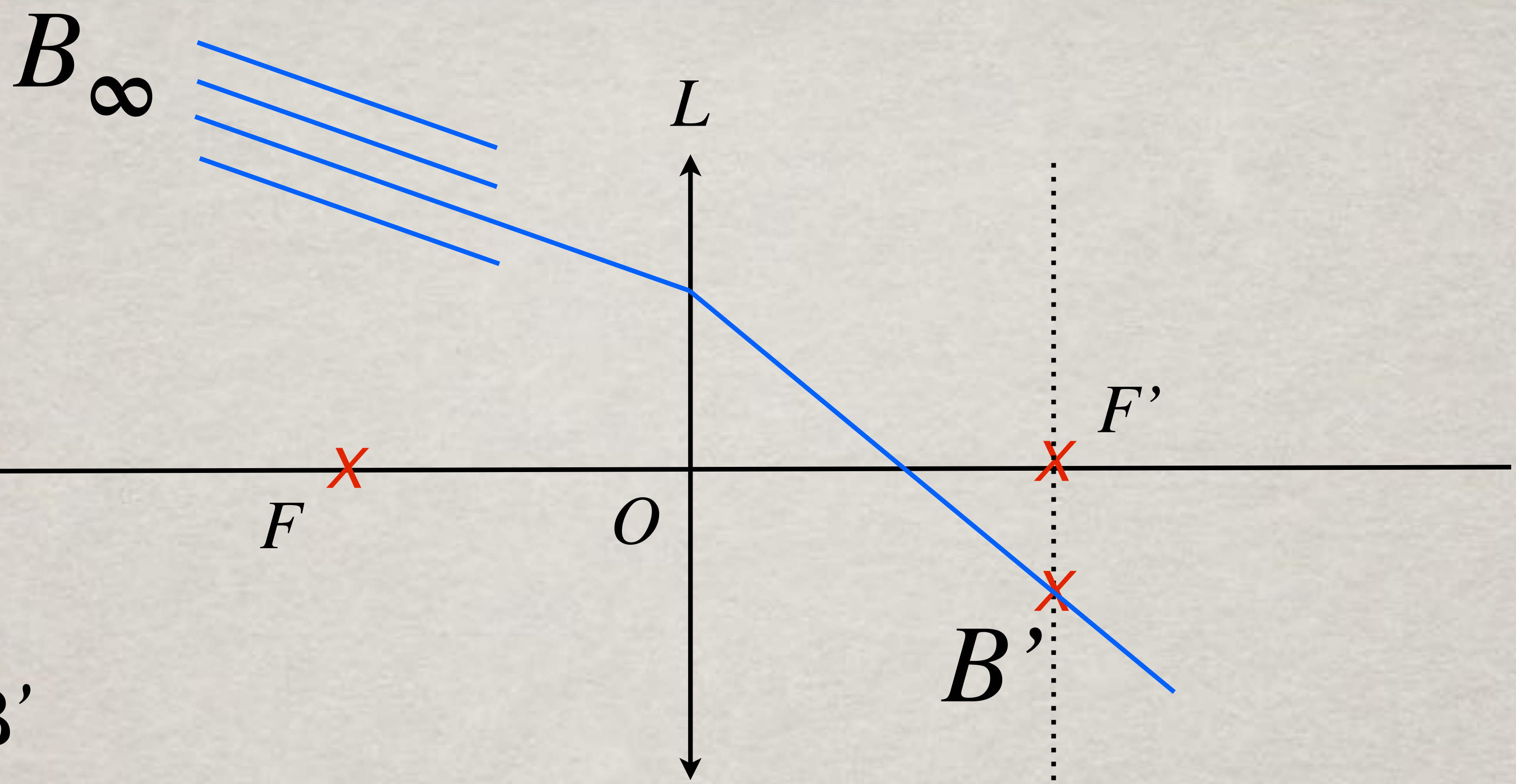
$$B_\infty \xrightarrow{L} B'$$



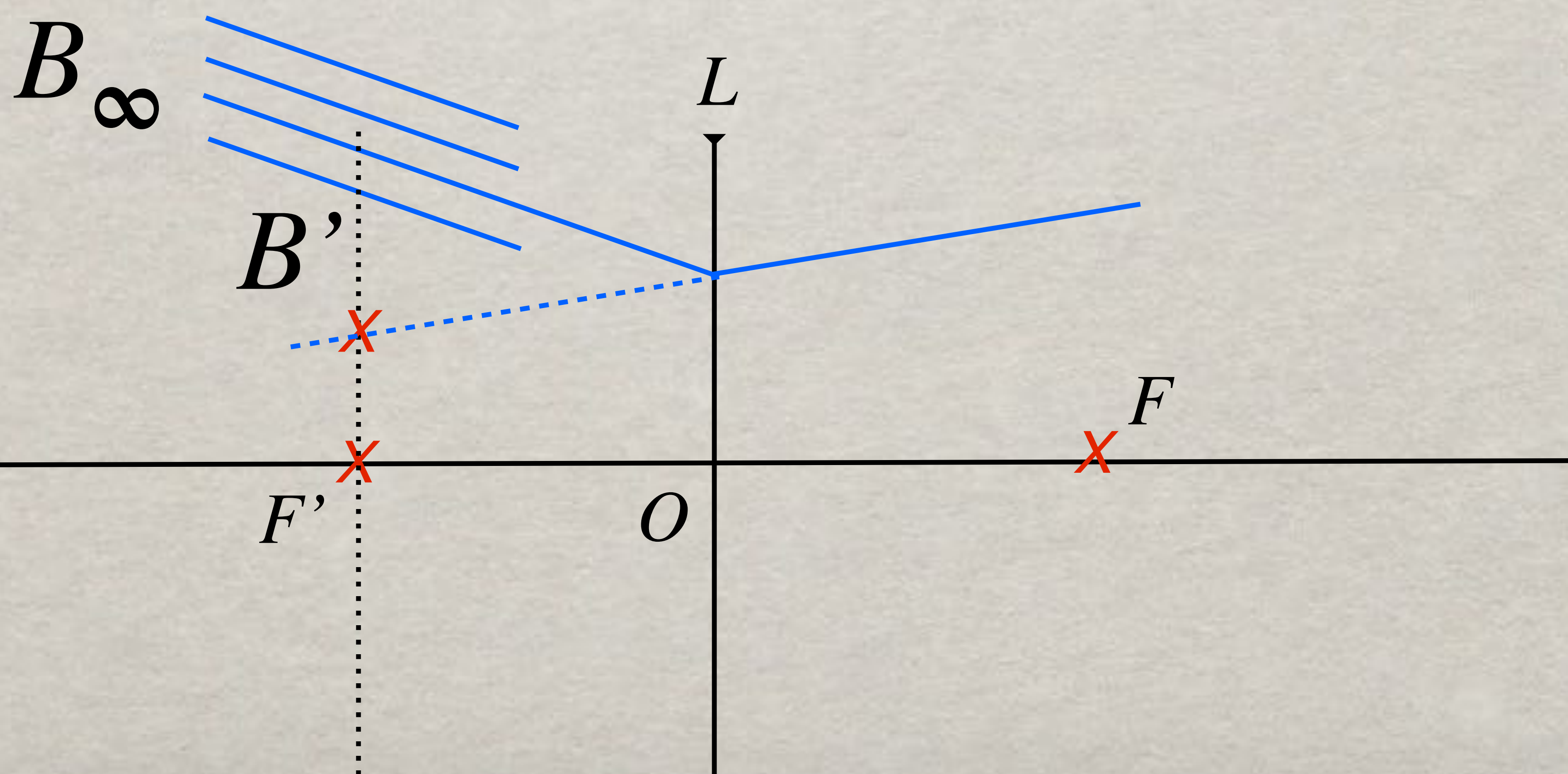


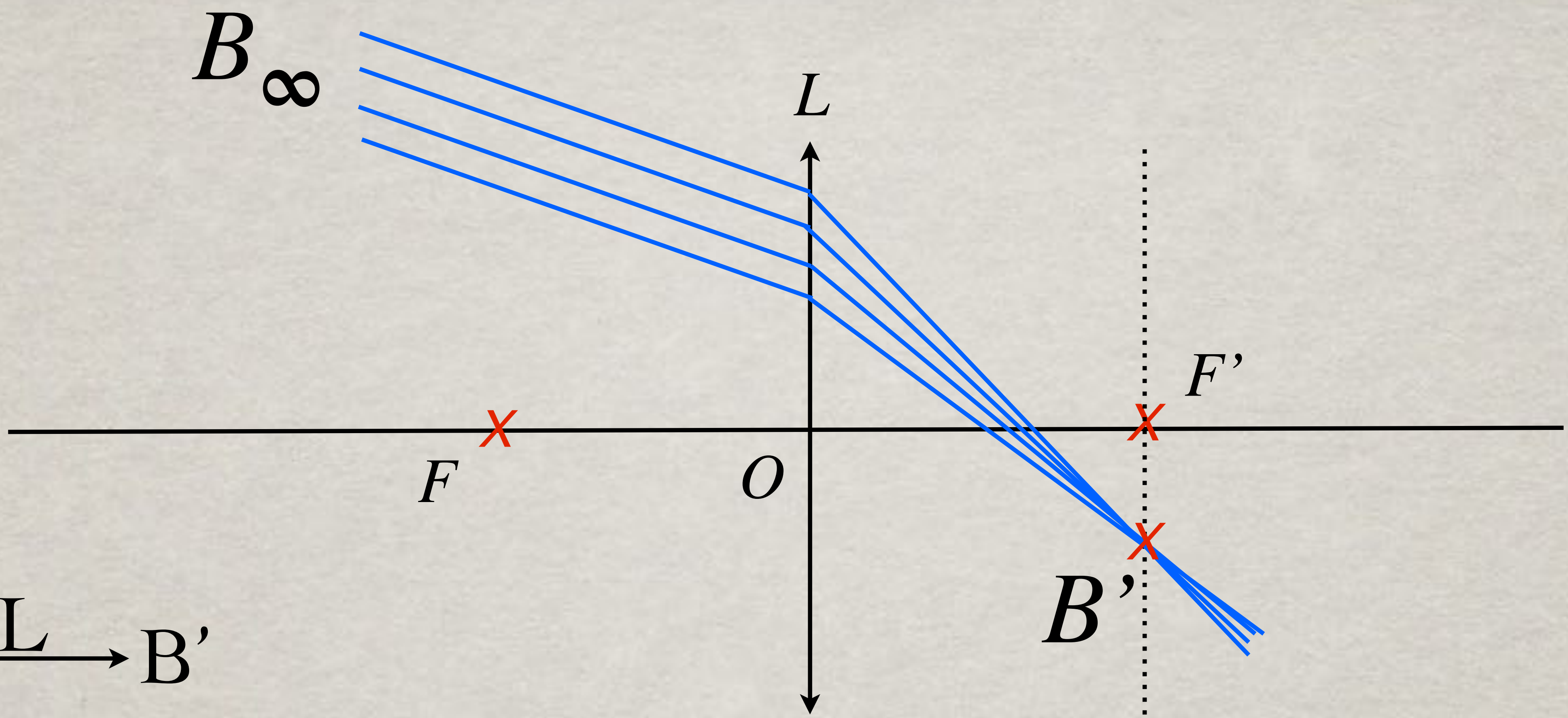
$$B_\infty \xrightarrow{L} B'$$



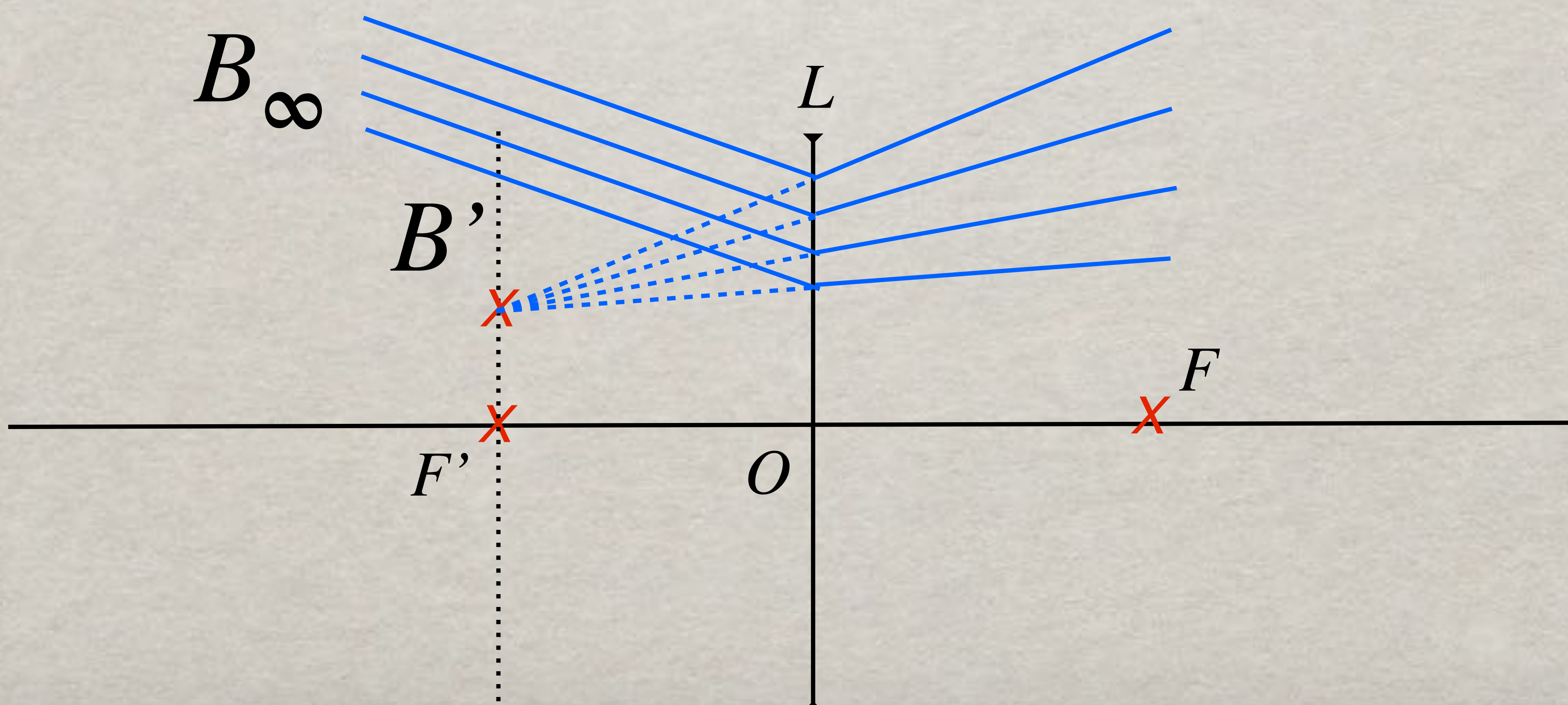


$B_\infty \xrightarrow{L} B'$





$B_\infty \xrightarrow{L} B'$



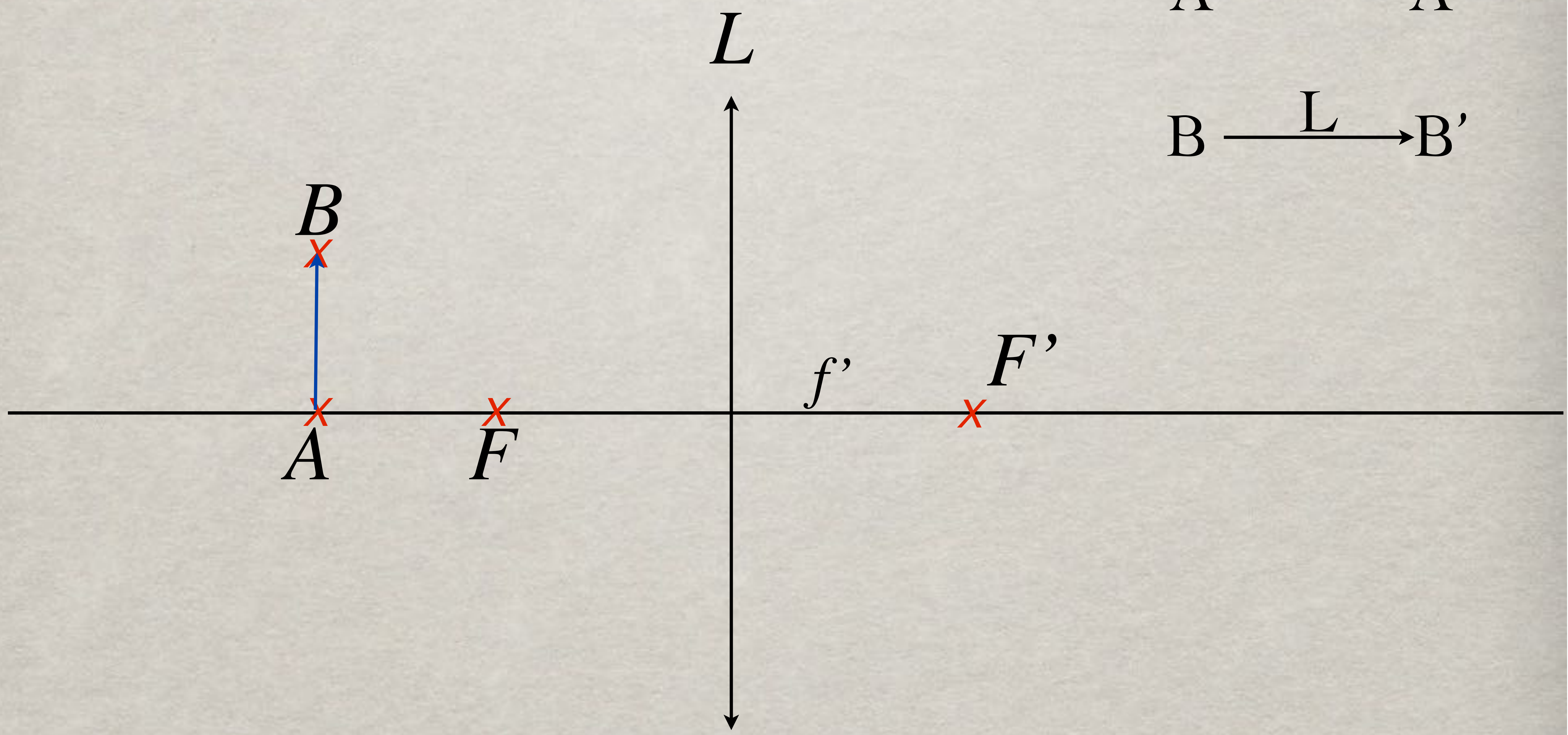
γ - Construction Géométrique

a - Lentille convergente

A chercher au <u>crayon à papier !!!</u>

$$A \xrightarrow{L} A'$$

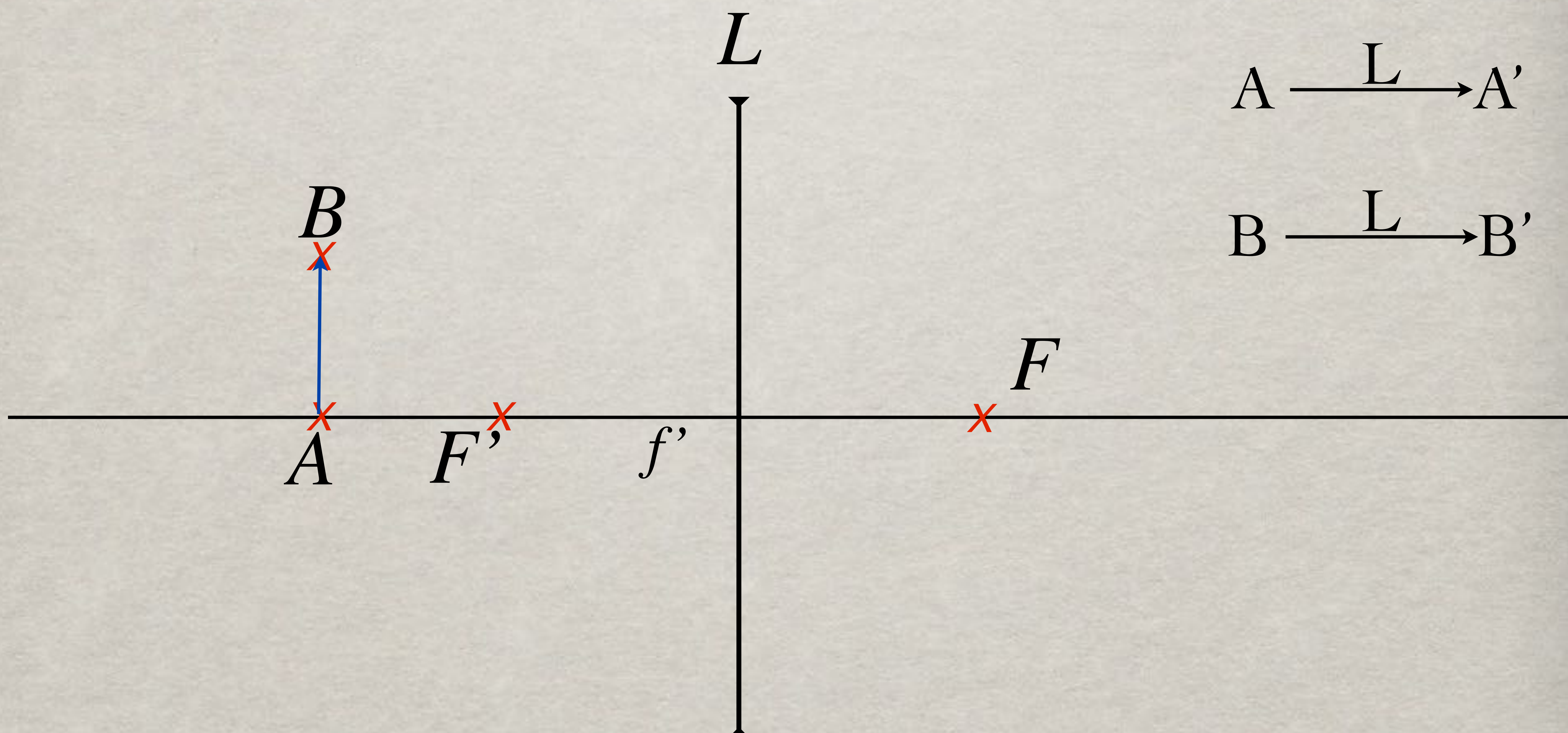
$$B \xrightarrow{L} B'$$



Trois rayons peuvent être construits pour déterminer l'image [A'B'] de [AB]

A chercher au crayon à papier !!!

Attention : $f' < 0$



$$A \xrightarrow{L} A'$$

$$B \xrightarrow{L} B'$$

Trois rayons peuvent être construits pour déterminer l'image [A'B'] de [AB]

Construction Géométrique

Conclusion

Dans tous les cas de figure :

- Quelle que soit la position des objets
- Le nombre de lentilles
- convergentes ou divergentes

la méthode de construction des rayons est <u>toujours la même</u> pour chaque lentille l'une après l'autre.

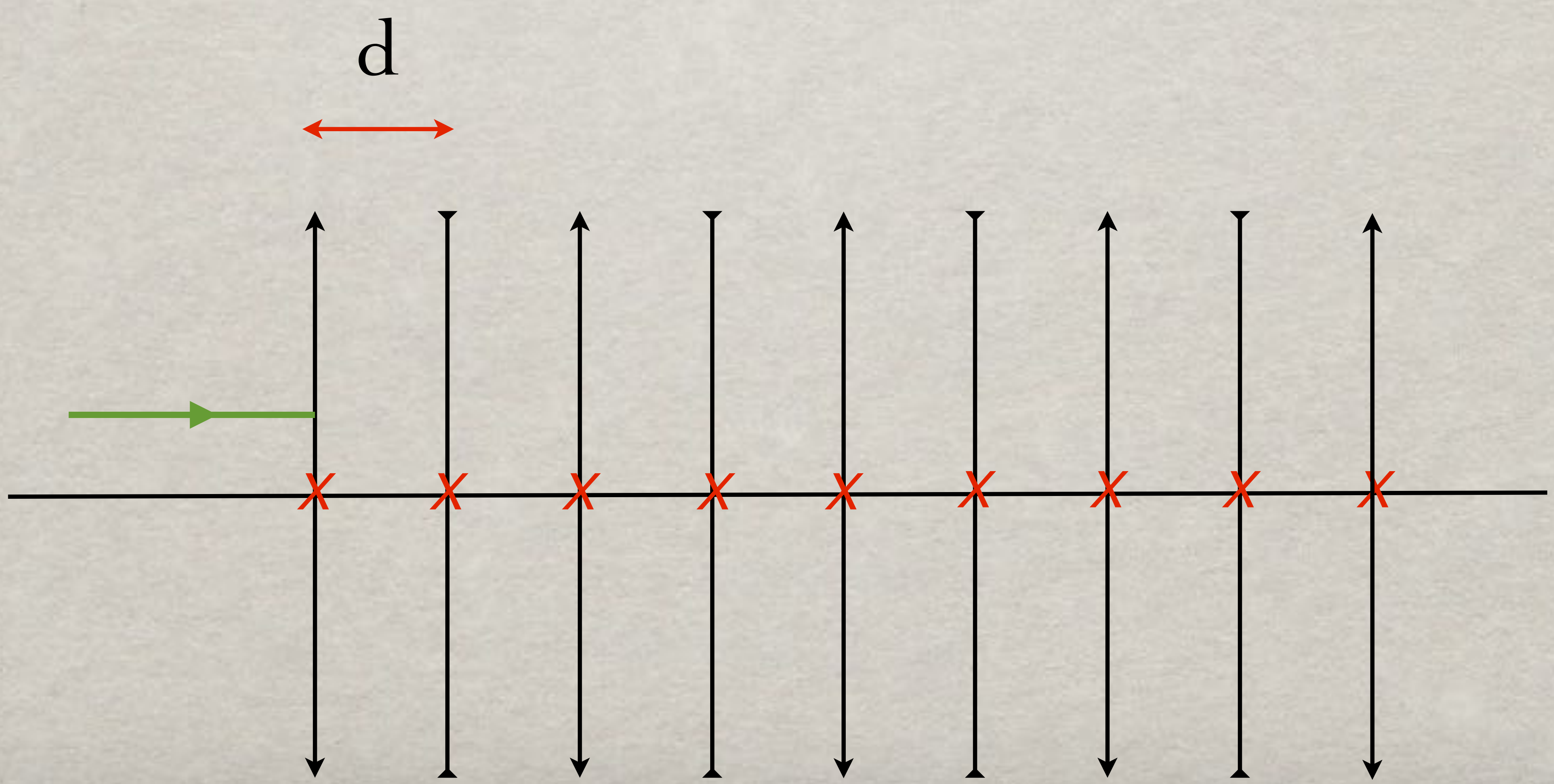
Il faut simplement être vigilant et ne pas confondre F et F'

On doit <u>toujours</u> Faire un schéma et trouver les images géométriquement avant de faire les calculs

Exo d'application

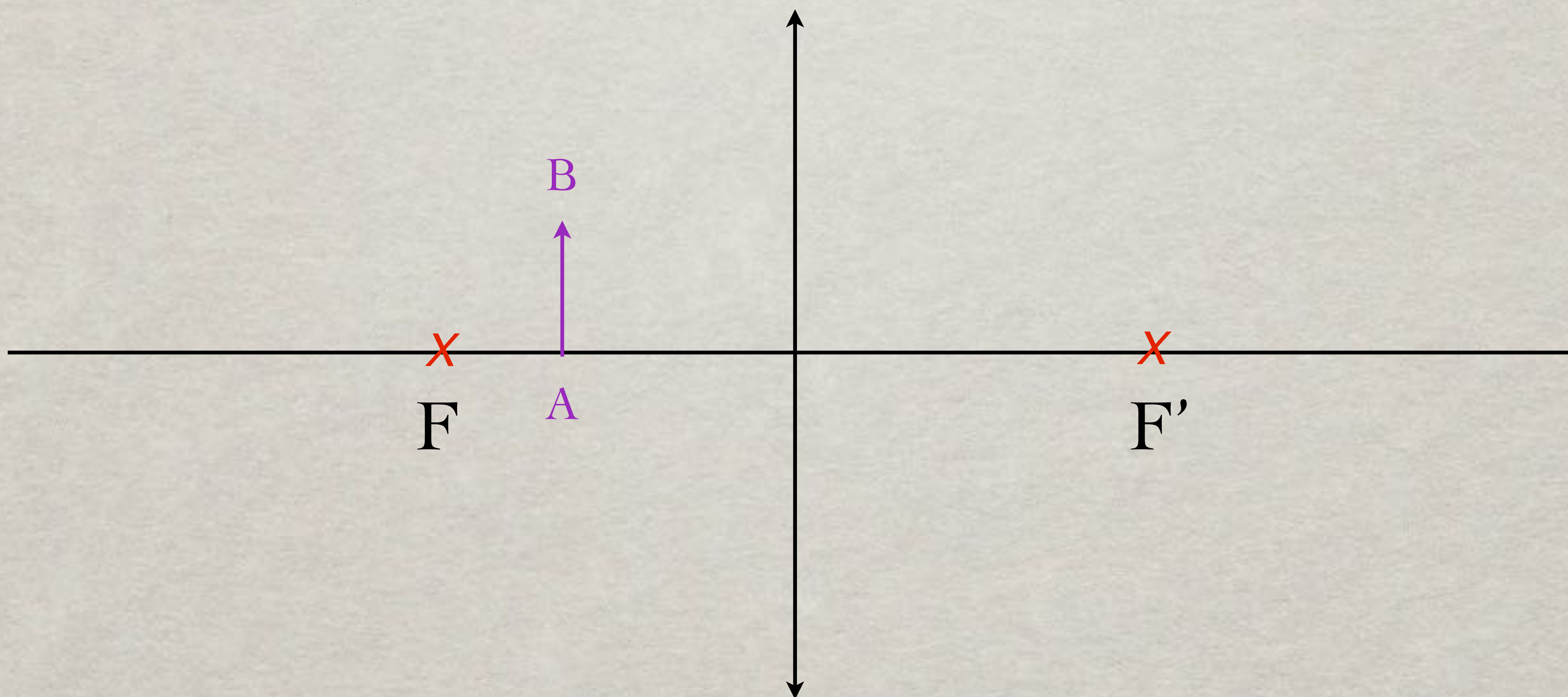
Série de neuf lentilles de «même» focale $|f'| = d$
mais alternativement convergentes ou divergentes :

A chercher au <u>crayon à papier</u> !!!



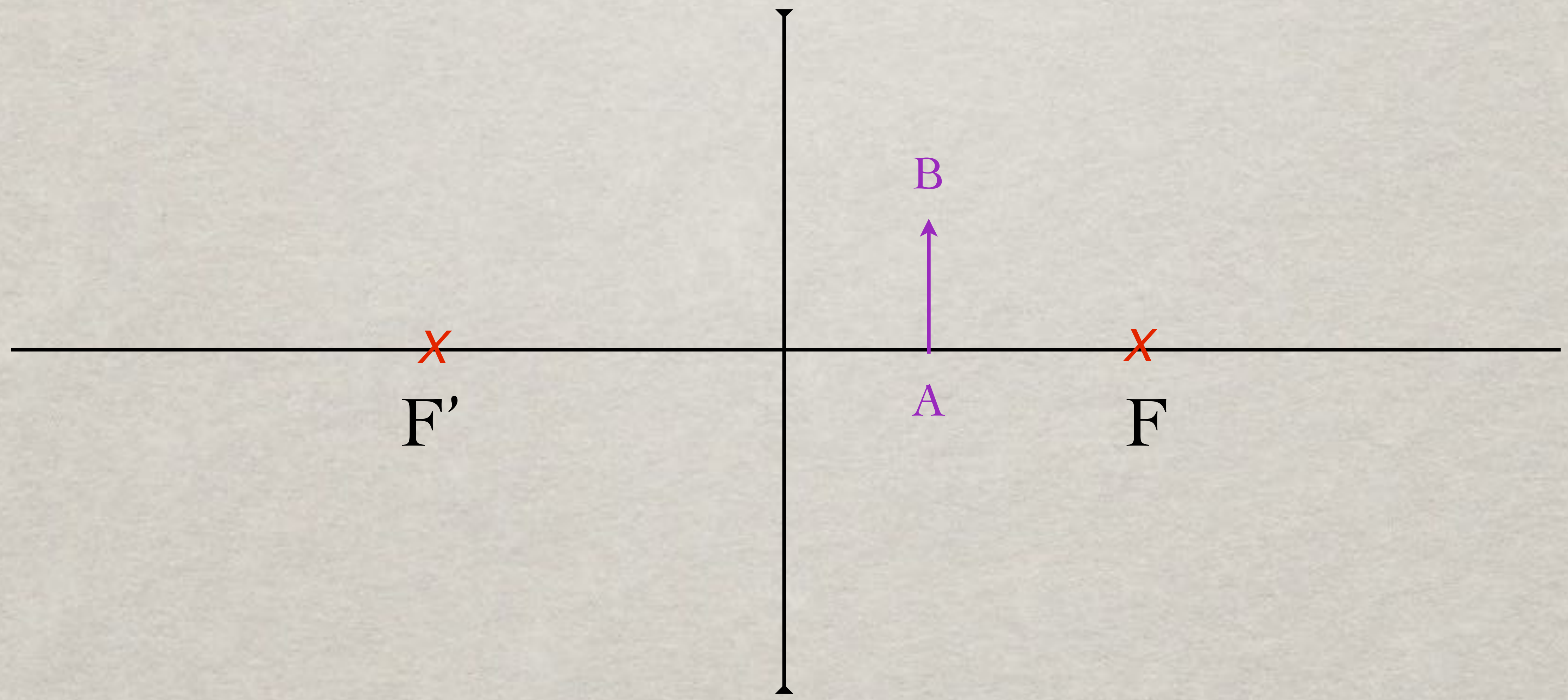
Exo d'application

A chercher au crayon à papier !!!



Exo d'application

A chercher au <u>crayon à papier</u> !!!

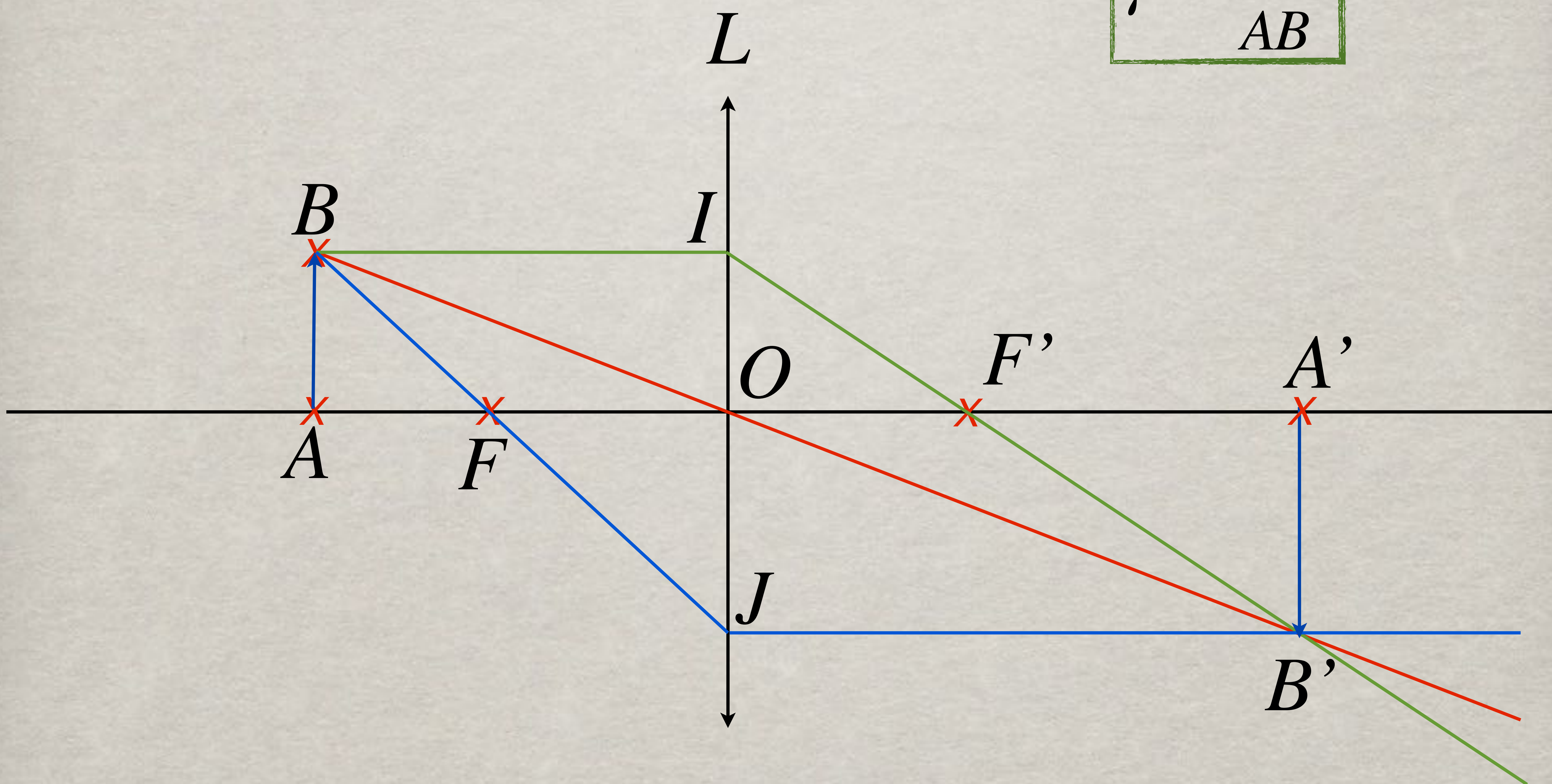


4 - Relation de conjugaison et grandissement

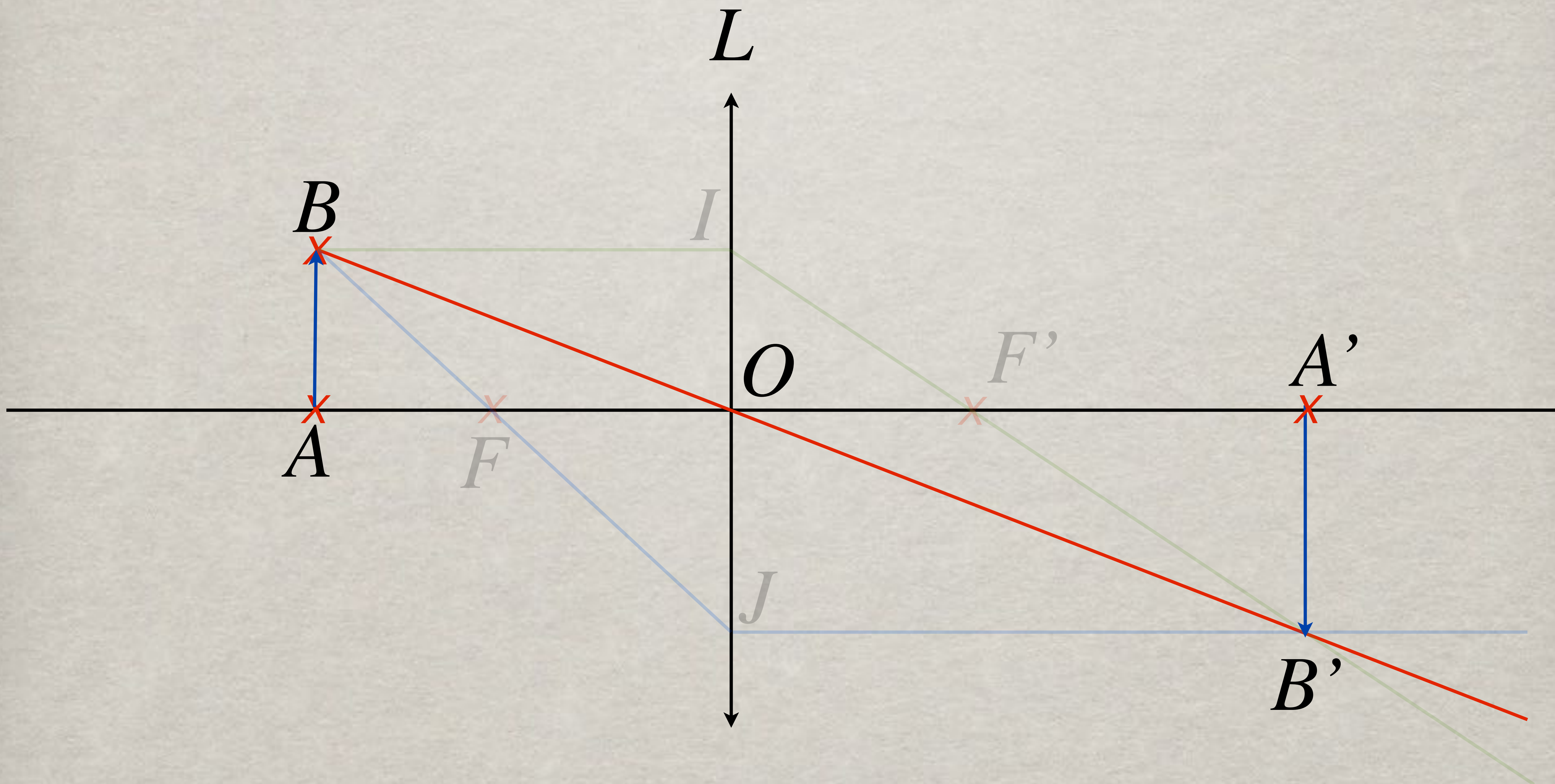
α - Grandissements :

—sera fait en classe—

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

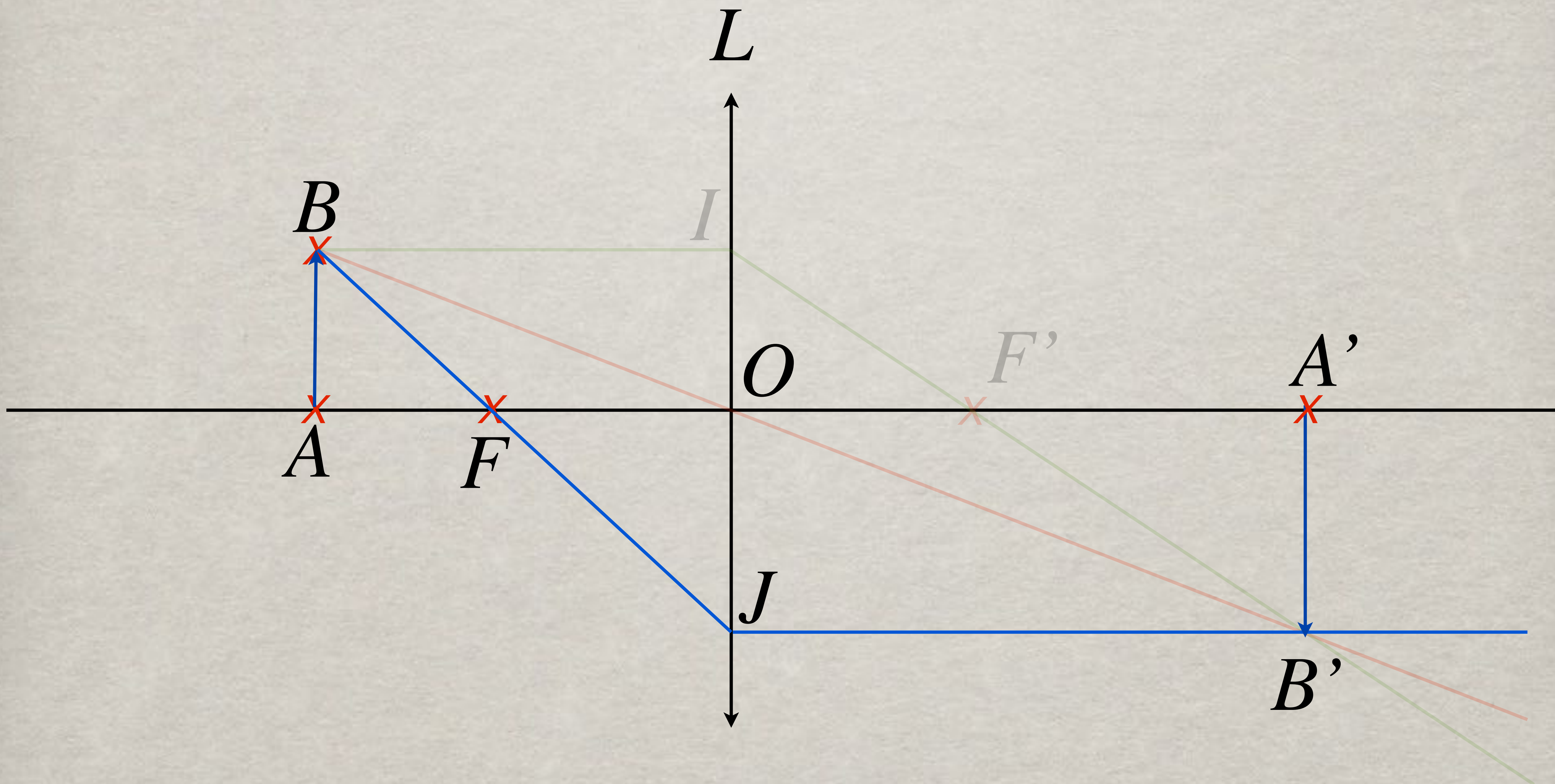


a-Relation au centre optique —sera fait en classe—



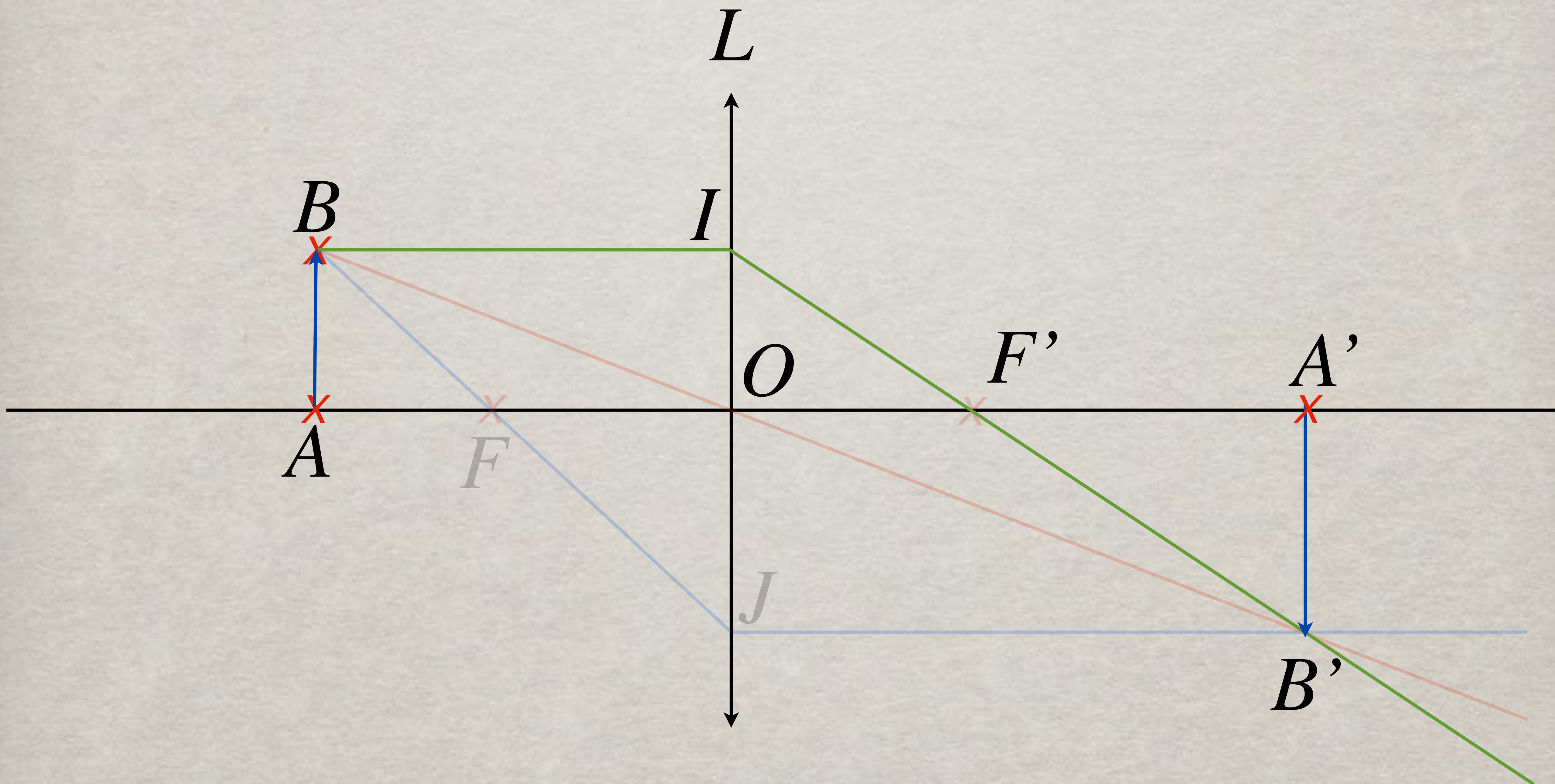
b-Relation au Foyer objet

—sera fait en classe—



c-Relation au Foyer image

—sera fait en classe—



β - Relation de conjugaison

Nous allons les construire à partir des formules de grandissement, donc à partir des règles de construction :

Relation de Descartes :

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

—sera fait en classe—

Relation de Newton :

$$\overline{FA}\;\overline{F'A'} = f\;f' = -(f')^2$$

Combinaison de deux lentilles

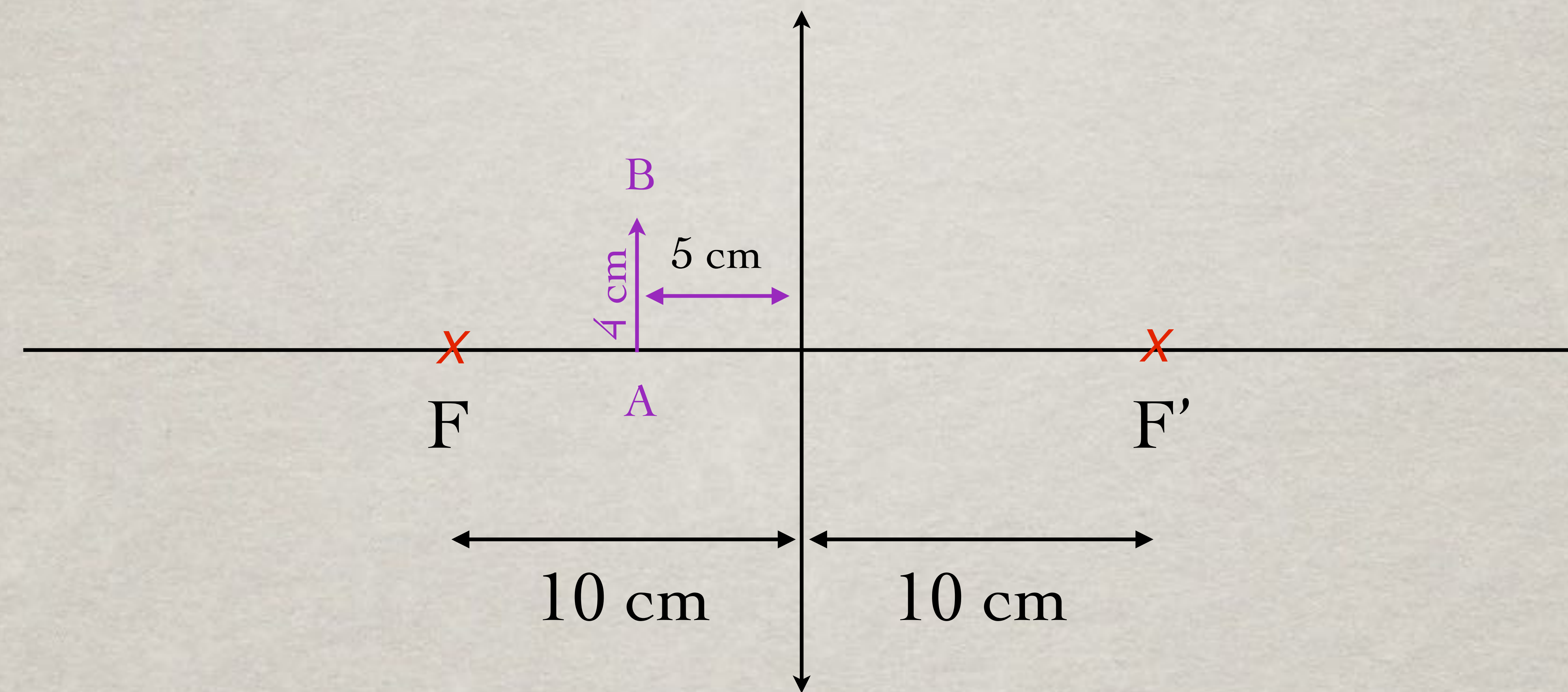
$$\boxed{A \xrightarrow{L_1} A' \xrightarrow{L_2} A''}$$

La méthode est la même, pour la construction géométrique ou le calcul :

On traite d'abord la première lentille : $A \xrightarrow{L_1} A'$ et on en déduit A'

On traite ensuite la seconde : $A' \xrightarrow{L_2} A''$ pour trouver A''

Exo d'application



A chercher au crayon à papier !!!   +   CALCUL

Trouvez la position de l'image et sa taille

γ - Distance minimale de conjugaison

Lorsque l'on forme l'image d'un objet sur un écran avec une lentille simple, on constate qu'il faut un minimum de distance entre l'objet et l'écran pour que la mise au point soit possible.
Dans le cas contraire l'image est toujours floue.

a - Ecrire la relation de conjugaison, en posant :
OA = x < 0 et AA' = D
=> Exprimer OA' en fonction de x et D

b - En déduire une équation du second degré sur x
[à mettre sous la forme « réduite »]

c - Résoudre et trouver la distance D minimale entre l'objet et l'image pour qu'il existe des solutions à l'équation.