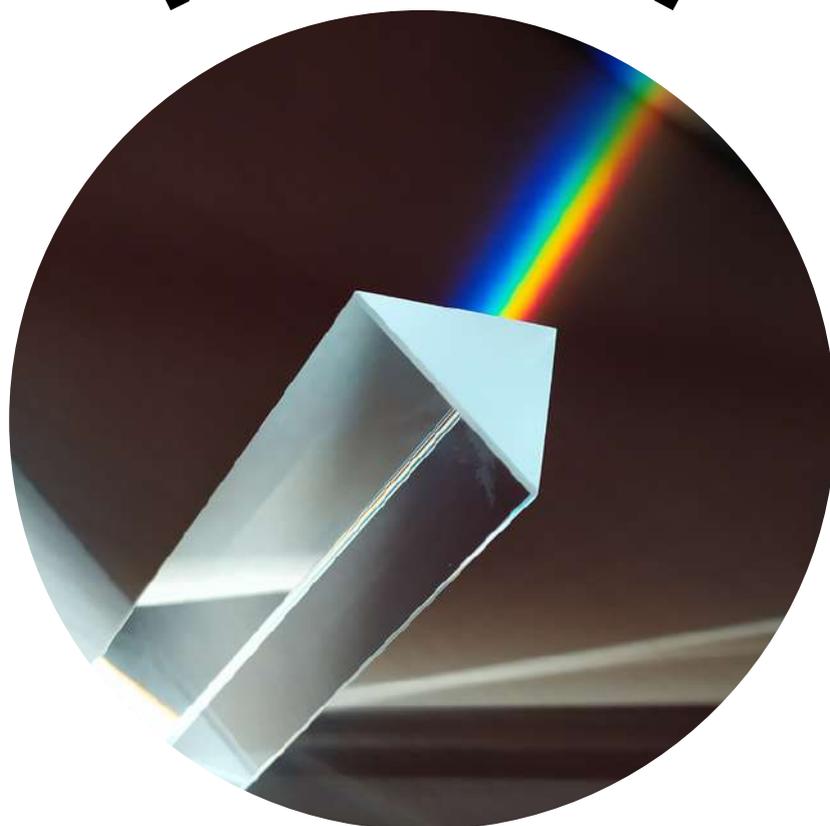


# physique I



- OPTIQUE
- PHYSIQUE NUCLÉAIRE
- THERMODYNAMIQUE



## Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



## Etudier



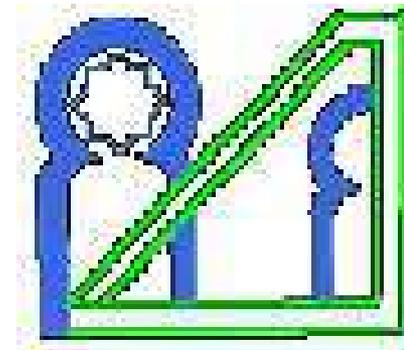
Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



## Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE



# Surface sphérique : **Miroir**, **dioptre** et **lentille**

SVT session  
d'automne 2013

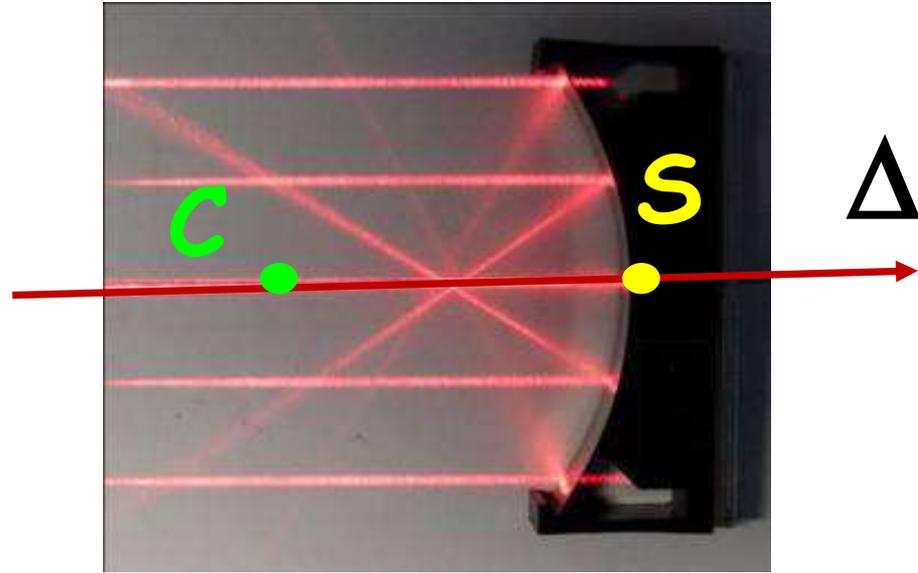
**Pr Hamid TOUMA**

Département de Physique  
Faculté des Sciences de Rabat  
Université Mohamed V

# miroirs sphériques

## Définition :

Un **miroir sphérique** est une portion de sphère réfléchissante, de **centre C** et de **sommet S**. Le **rayon** du miroir sphérique est défini par la mesure algébrique :  $R = \overline{SC}$ . CS est **l'axe principal optique** ( $\Delta$ ) de ce miroir sphérique. La surface réfléchissante s'obtient par un dépôt métallique.



Il est à noter que l'origine de l'axe optique  $\Delta$  peut être fixée arbitrairement en C ou en S.

# Miroirs convexes



Miroirs de surveillance



Miroir de sortie d'usine

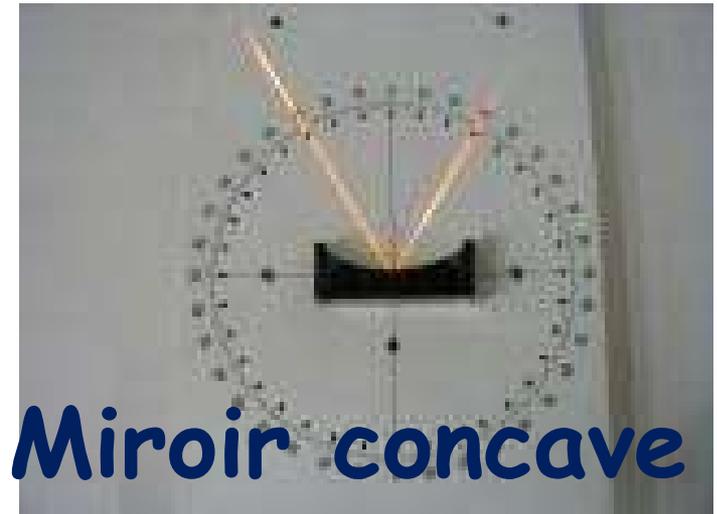


rétroviseurs de camion

# Exemples :



Miroir plan



Miroir concave

Un miroir sphérique peut être **concave** ou **convexe**.

Surface réfléchissante

Miroir concave

Sens de propagation de la Lumière



Axe optique



C

R

S

$$R = \overline{SC} < 0$$

Sens de propagation de la Lumière



R

C

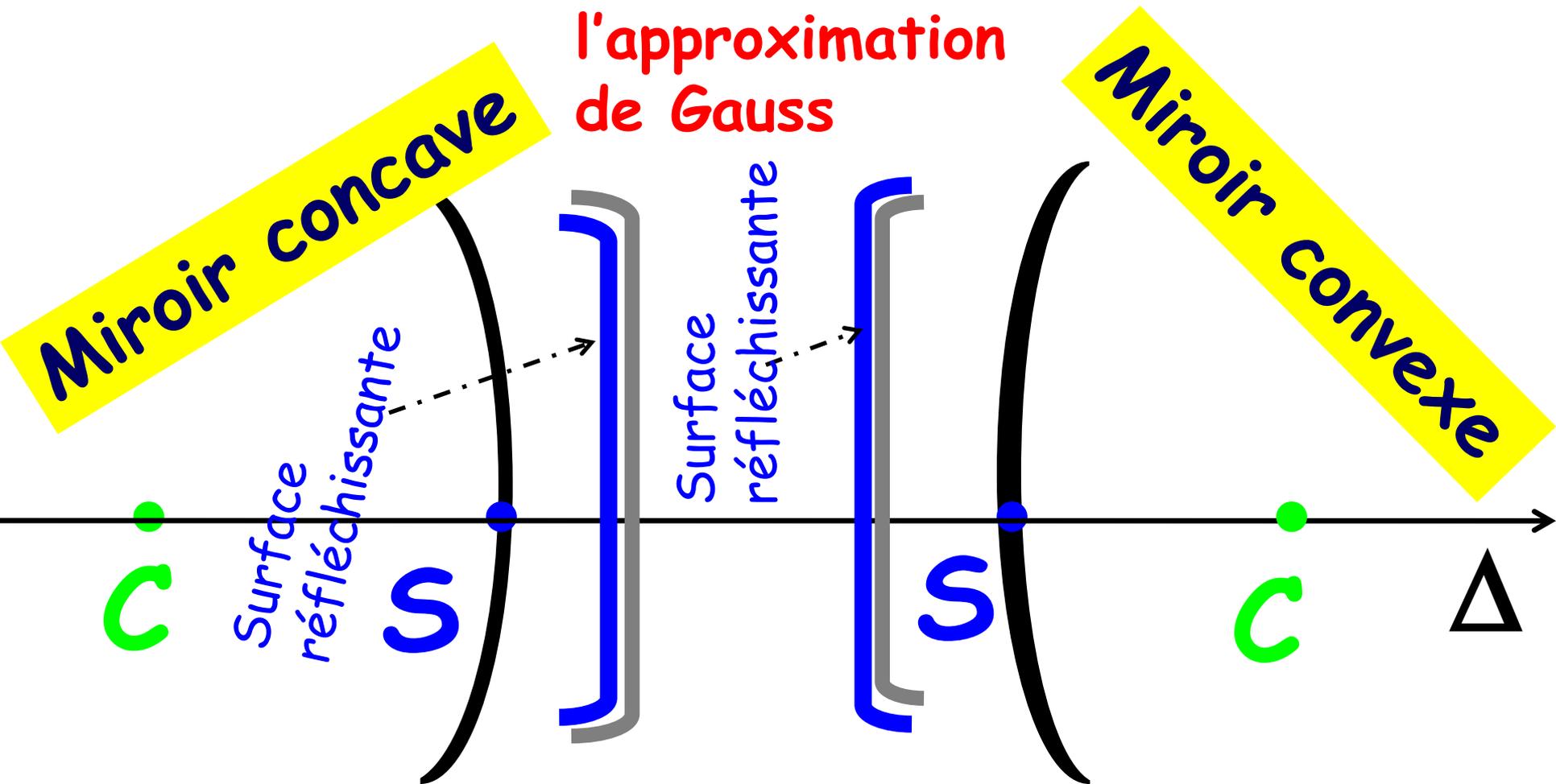
S

$$R = \overline{SC} > 0$$

Miroir convexe



Par convention, dans l'approximation de Gauss, un miroir sphérique de sommet  $S$  et de centre  $C$  est représenté par le plan tangent en  $S$  à sa surface.



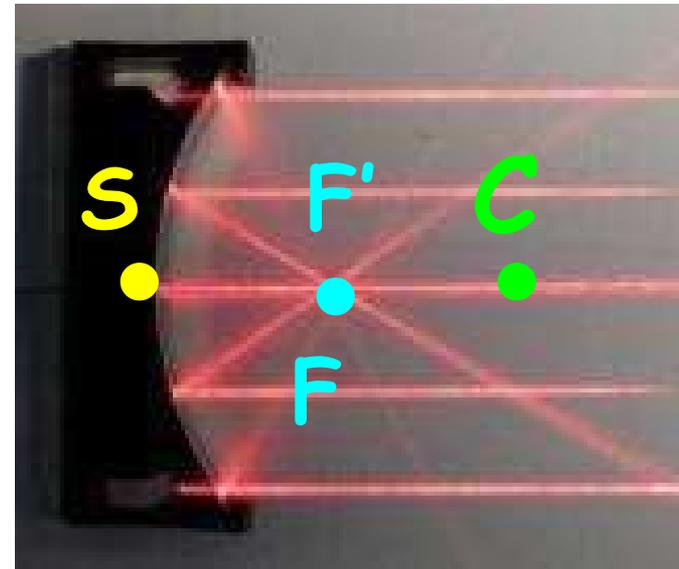
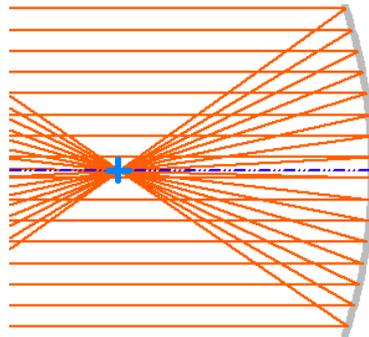
Dans l'approximation de Gauss, :

Le **foyer image  $F'$**  est à la moitié du rayon du miroir sphérique

$$\overline{CF'} = \overline{CF} = -\frac{\overline{SC}}{2}$$

$$f' = \overline{SF'} = \overline{SF} = \frac{\overline{SC}}{2}$$

Le foyer image  **$F'$**  est et le foyer objet  **$F$**  sont confondus avec le milieu du segment  $SC$  du miroir sphérique.



**Foyer image F' :**

objet A à l'infini image A' au foyer

$$f' = \overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2}$$

f' : distance focale image  
F' : foyer principal image

**Foyer objet F :**

objet A au foyer image A' à l'infini

$$f = \overline{SF} = \frac{\overline{SC}}{2}$$

f : distance focale objet  
F : foyer principal objet

# Vergence d'un miroir sphérique

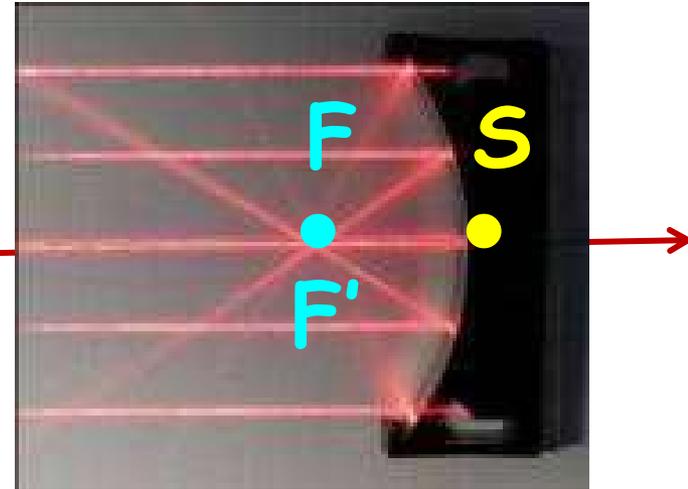
La **vergence** d'un miroir sphérique de sommet **S** et de centre **C** est définie comme l'inverse de sa distance focale. C'est une expression algébrique. L'unité de la **vergence** est donc le **mètre<sup>-1</sup>**,  $m^{-1}$ , appelé dioptrie et notée  $\delta$ .

$$V = \frac{1}{f'} = \frac{1}{SF'} = \frac{2}{SC} = \frac{1}{f} = \frac{1}{SF}$$

Miroir concave est **convergent** avec une vergence négative, ses foyers sont réels.

$$V = \frac{1}{SF'} < 0$$

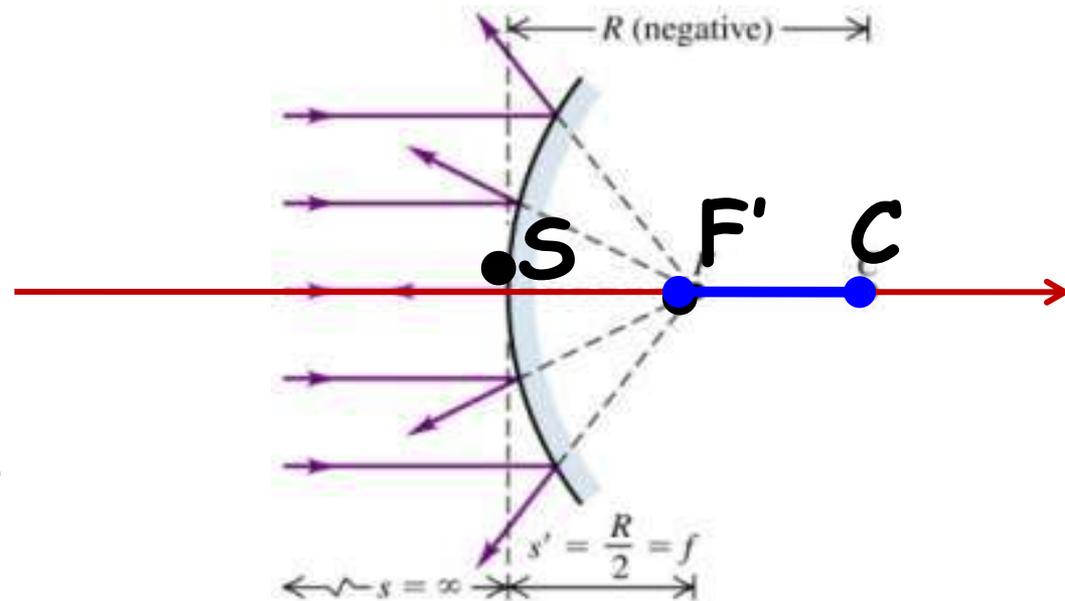
Foyers réels



• Miroir convexe est **divergent** avec une vergence positive, ses foyers sont virtuels.

$$V = \frac{1}{SF'} > 0$$

Foyers imaginaires



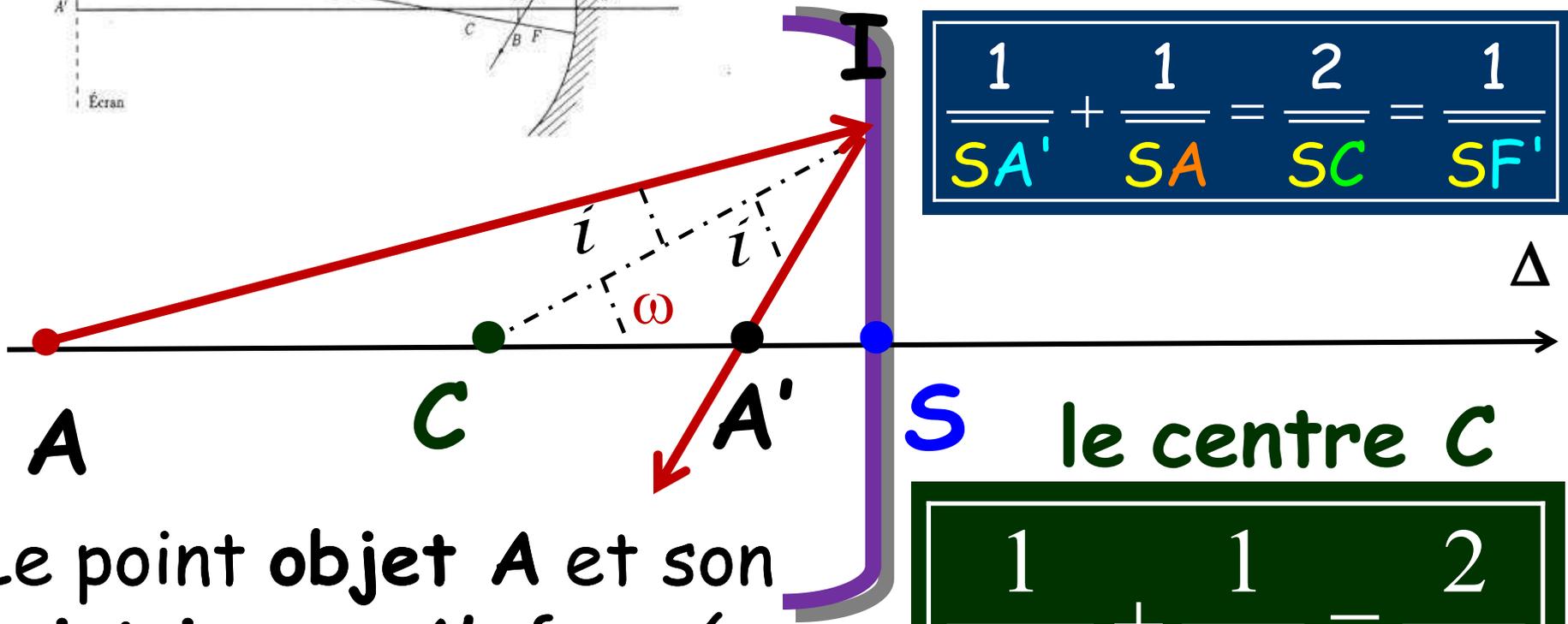
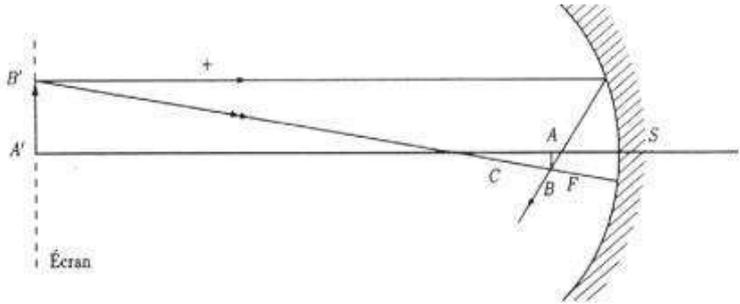
Il est à noter que ces formules sont des relations entre les **positions** et les **dimensions** de l'objet AB et de son image A'B'.

Elles sont établies et valables dans les conditions de l'approximation de Gauss.

Pour obtenir la **relation de conjugaison**, il suffit de considérer les points situés sur l'axe principal optique  $\Delta$  du miroir.

# Relation de conjugaison de A et A' :

Au point I :  $i = i'$  (1<sup>ère</sup> loi de Snell-Descartes)



le sommet S

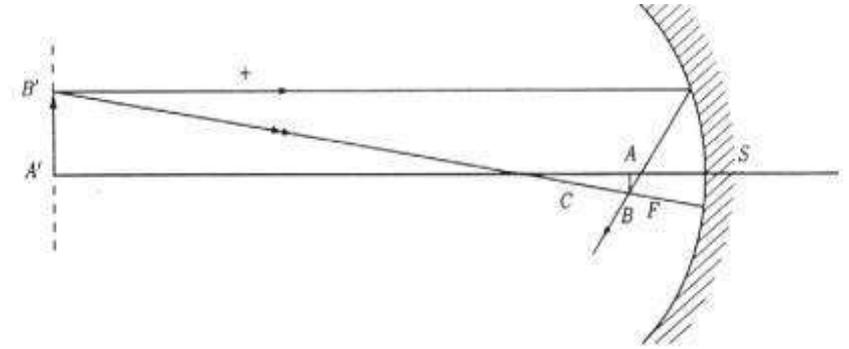
$$\frac{1}{SA'} + \frac{1}{SA} = \frac{2}{SC} = \frac{1}{SF'}$$

le centre C

$$\frac{1}{CA'} + \frac{1}{CA} = \frac{2}{CS}$$

Le point objet A et son point image A', formée par le miroir M :

On appelle grandissement linéaire d'un miroir sphérique pour une position de l'objet  $AB$ , le rapport entre une dimension linéaire de l'image  $A'B'$  et celle de l'objet  $AB$ .



$$\gamma_t = \frac{A'B'}{AB} = -\frac{SA'}{SA}$$

# construction d'image

utilisation au moins de 2 sur 3 rayons particuliers

- tout rayon passant par le centre du dioptré n'est pas dévié
- tout rayon passant par F ressort // à l'axe optique  $\Delta$
- tout rayon // à l'axe optique  $\Delta$  passe par F'

Objet réel

$$-\infty < \text{objet} < C$$

Cas n°1

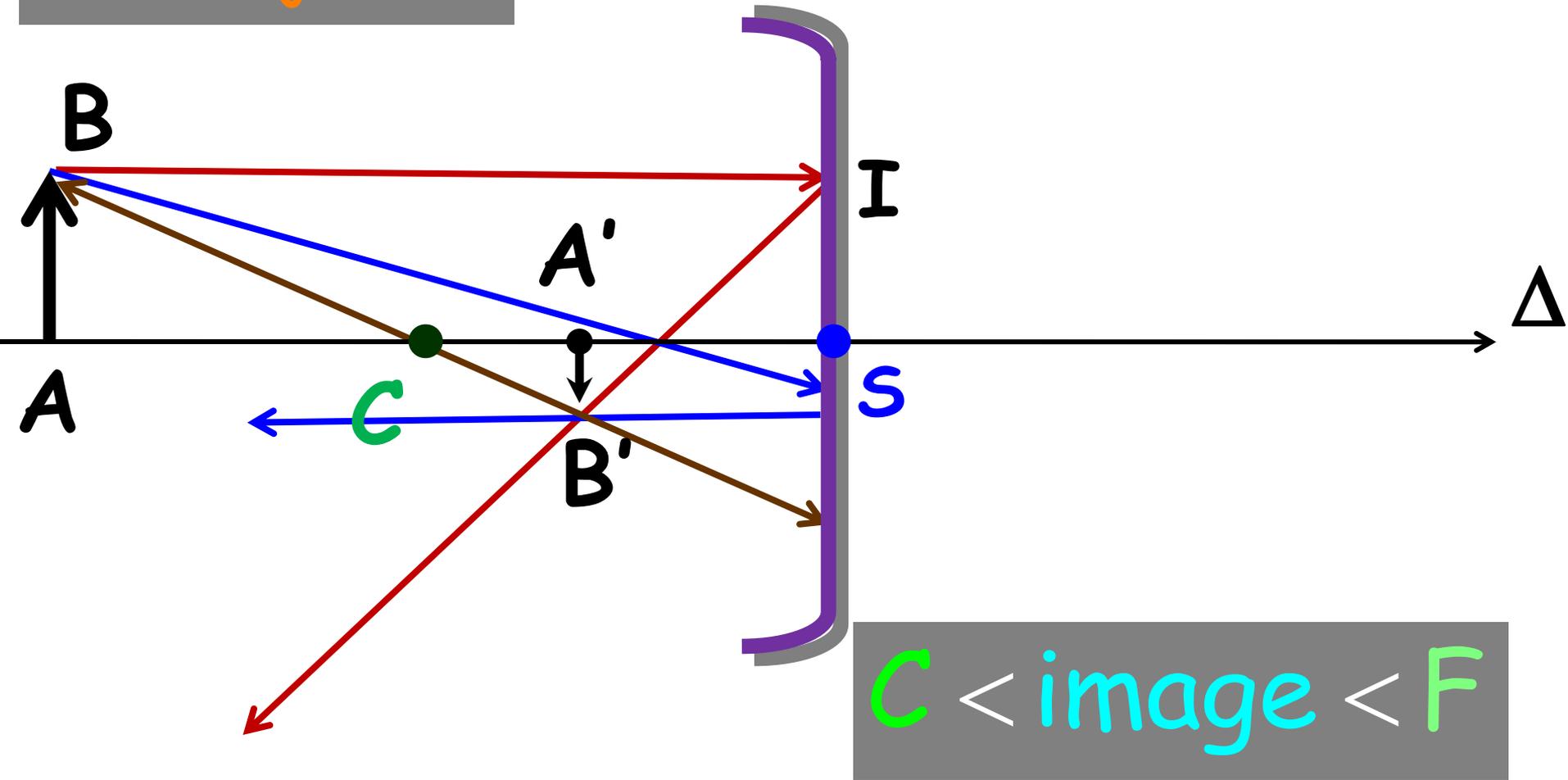


Image réelle renversée

Objet réel

Cas n°2

objet = C = image

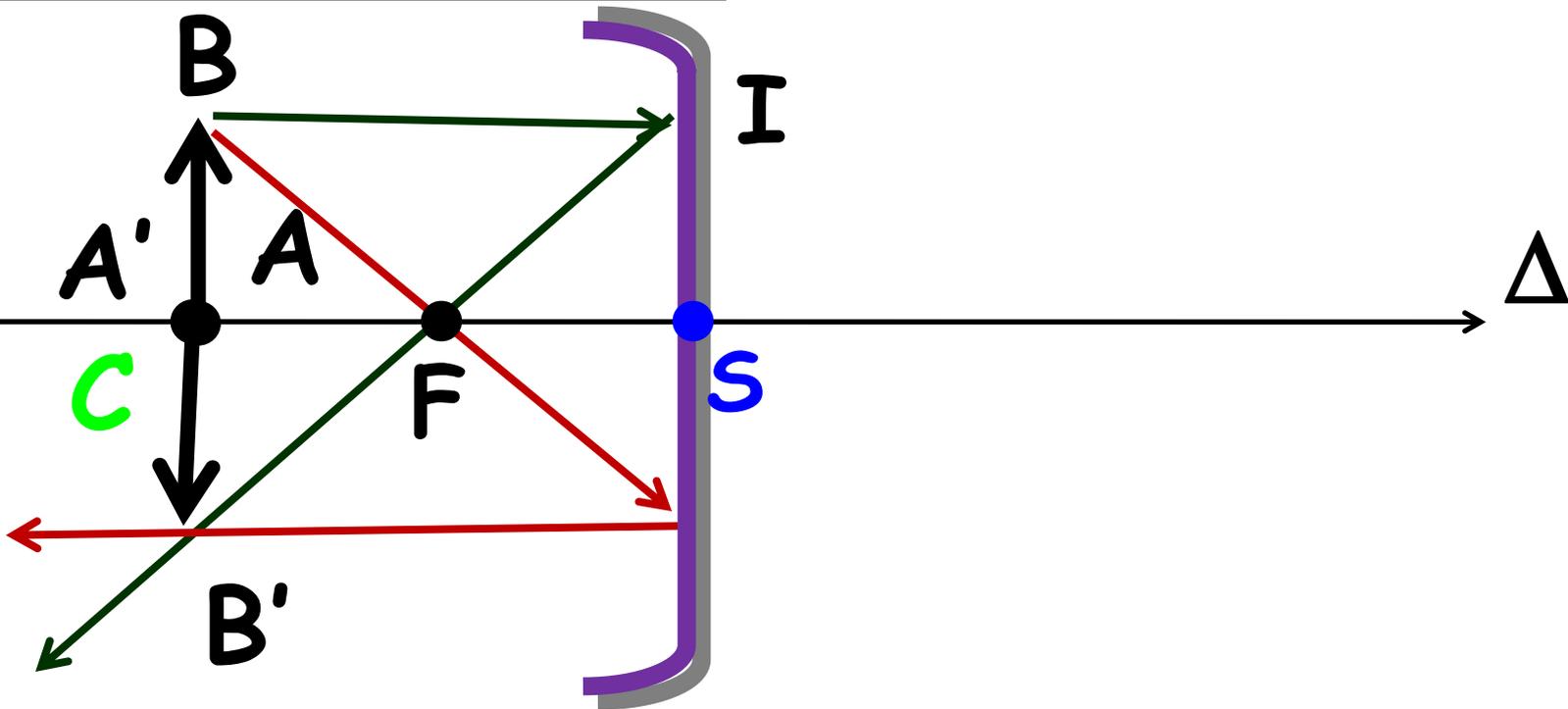
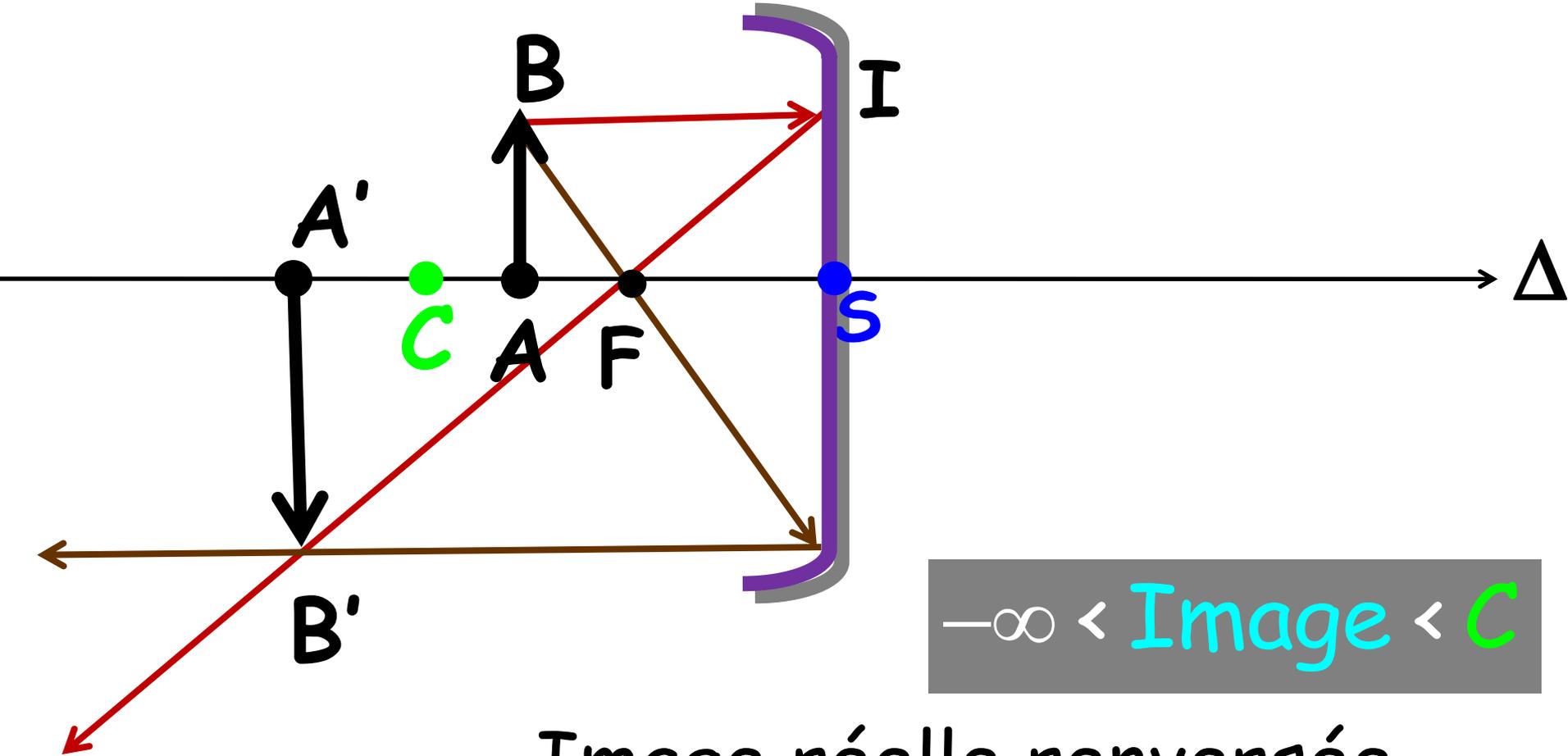


Image réelle renversée

Objet réel

$$C < \text{Objet} < F$$

Cas n°3



$$-\infty < \text{Image} < C$$

Image réelle renversée

Objet réel

Objet = F

Cas n°4

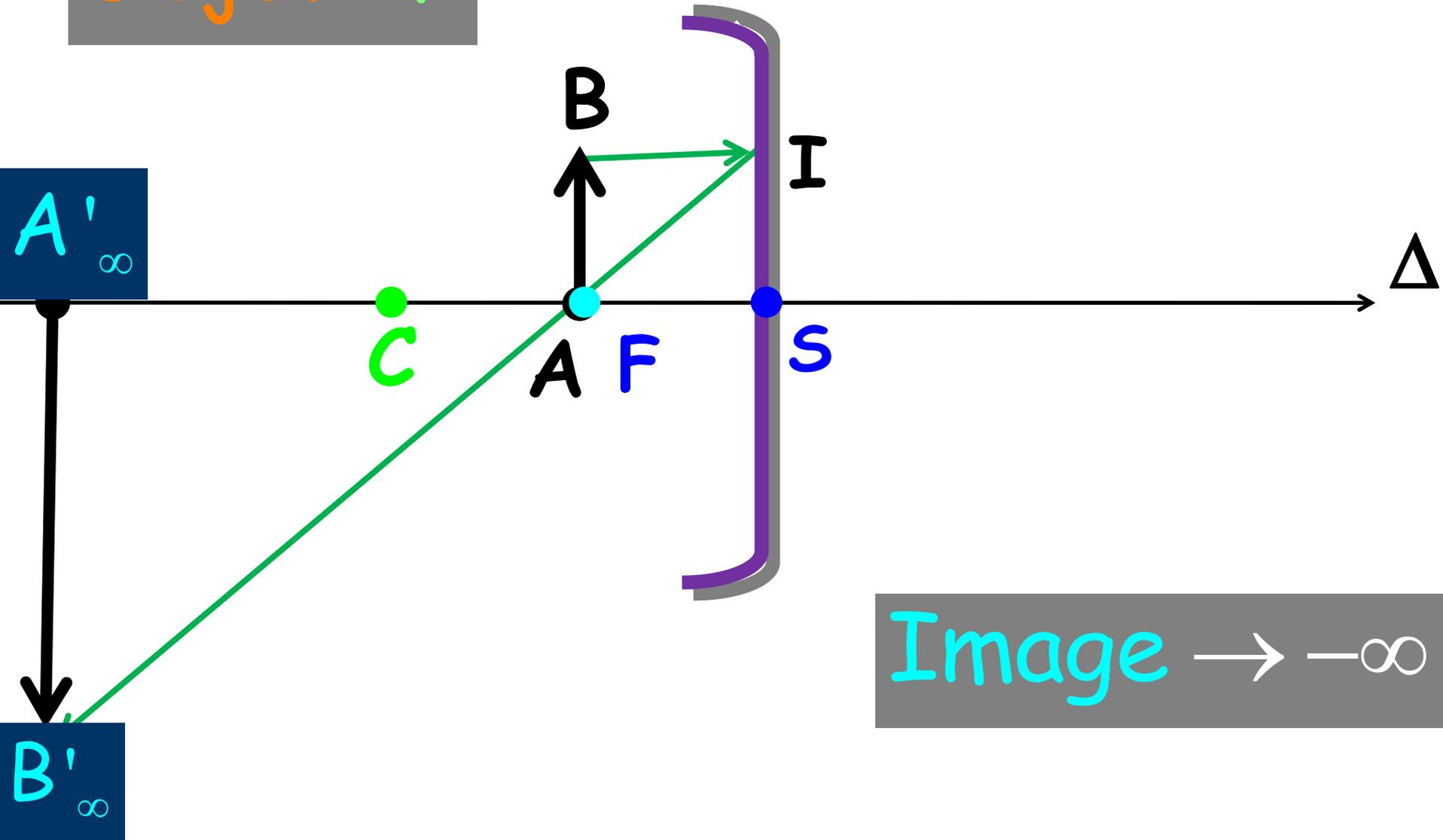
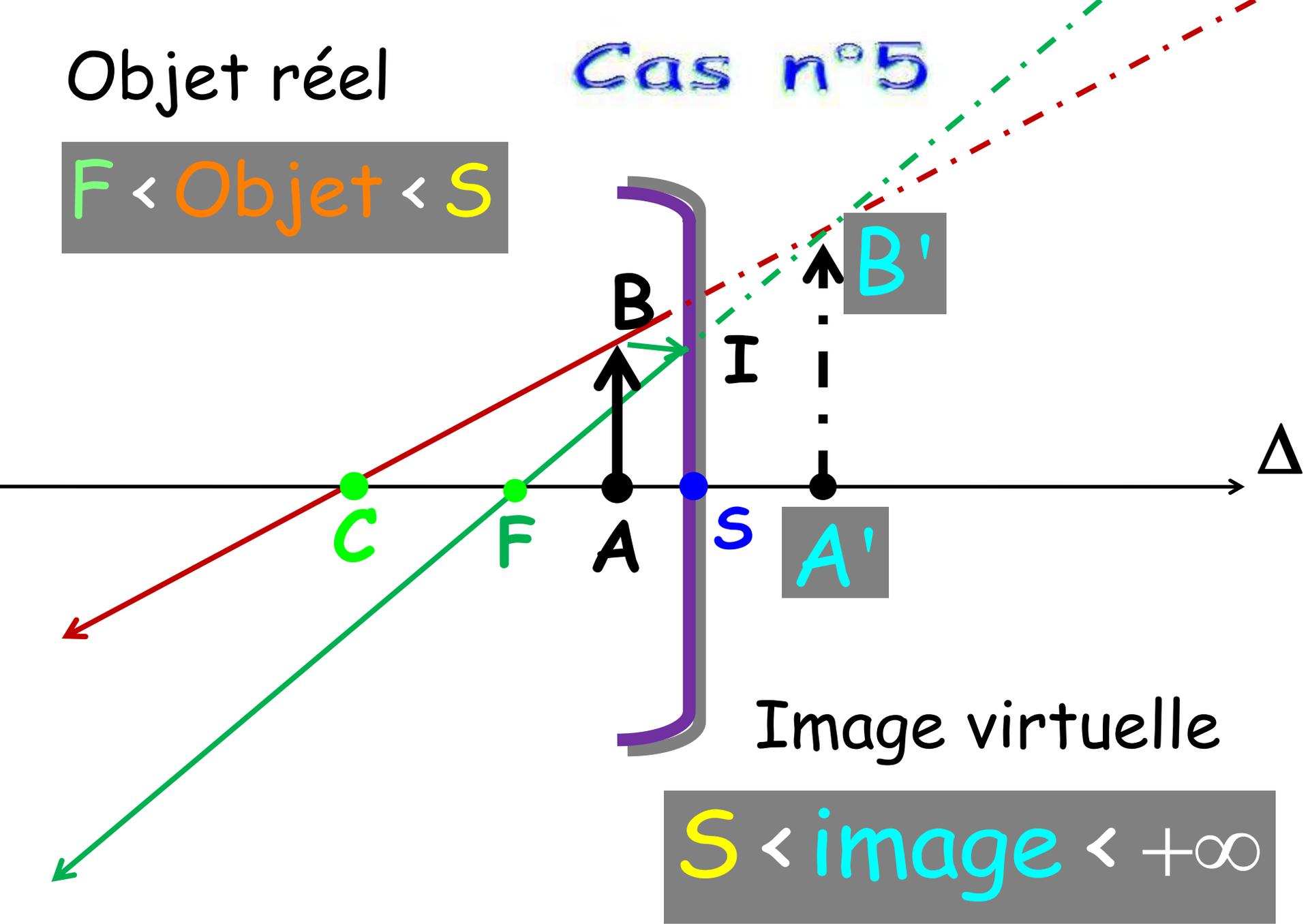


Image  $\rightarrow -\infty$

Objet réel

Cas n°5

$$F < \text{Objet} < S$$

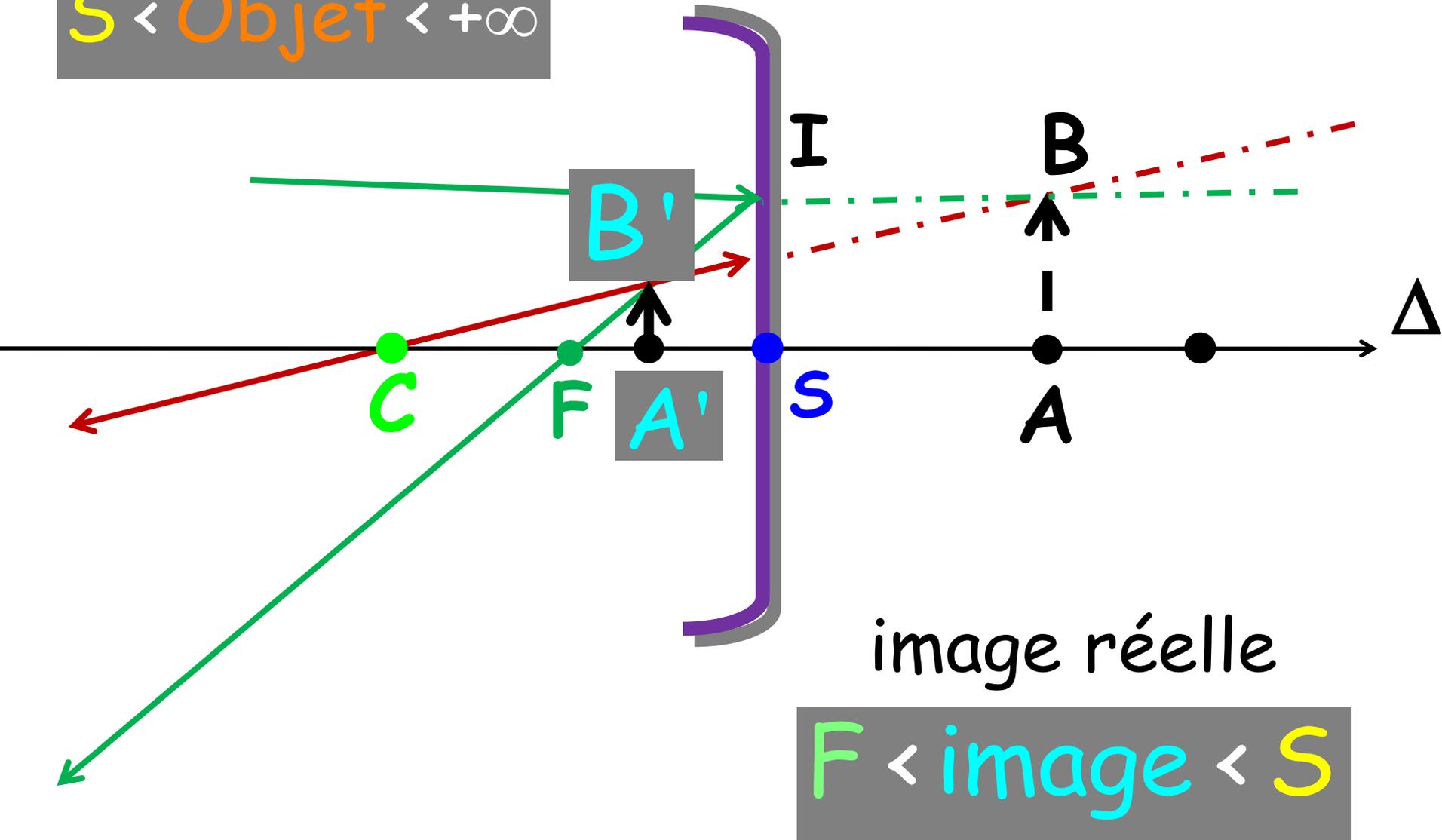


$$S < \text{image} < +\infty$$

objet virtuel

Cas n°6

$$S < \text{Objet} < +\infty$$



$$F < \text{image} < S$$

Définition : **Un dioptré sphérique** est un ensemble de deux milieux homogènes d'indices de réfraction différents  $n_1$  et  $n_2$ , séparés par une **surface sphérique**.

Milieu 1 d'indice  
de réfraction  $n_1$

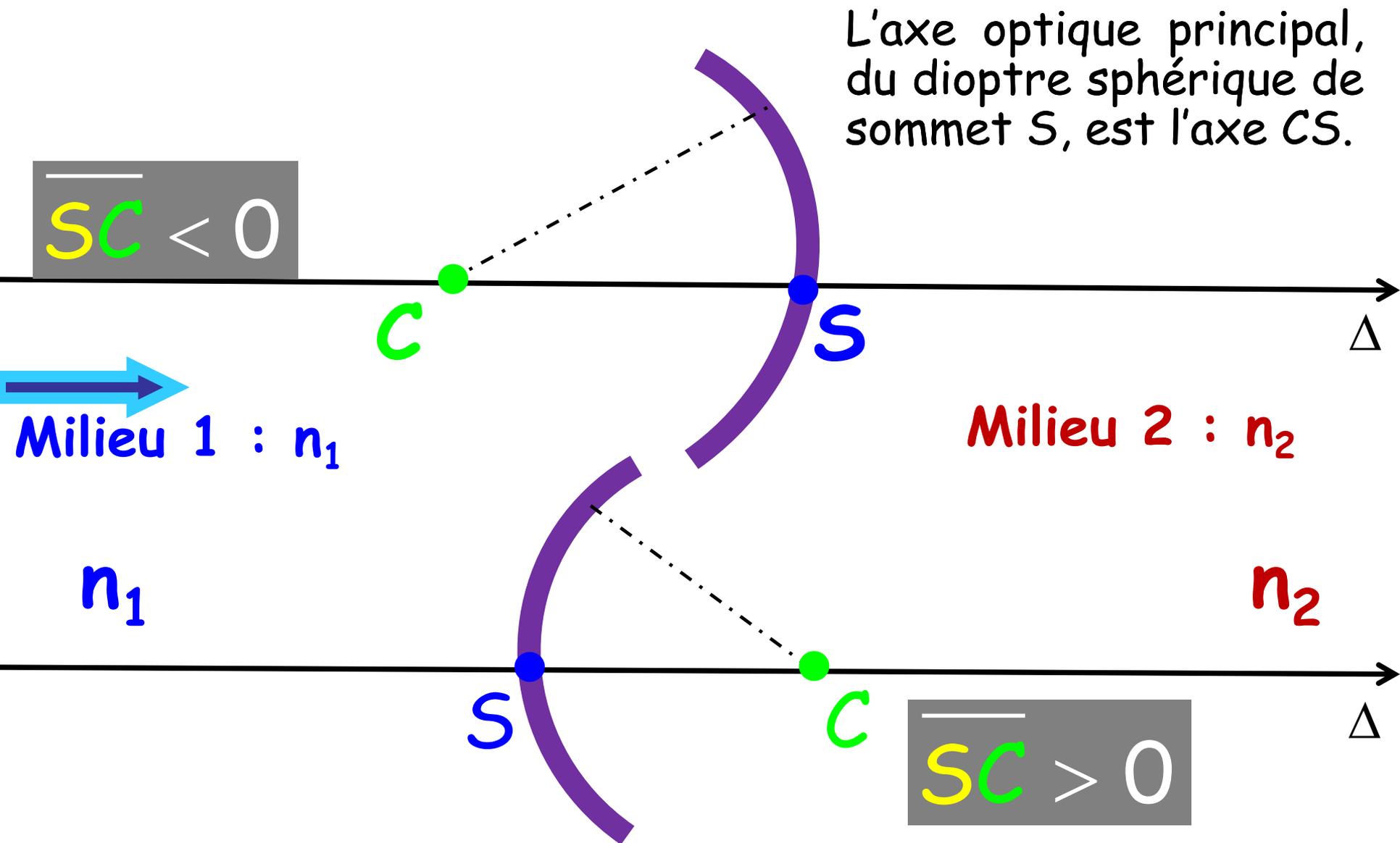
Dioptré plan

Milieu 2 d'indice  
de réfraction  $n_2$

Dioptré sphérique

# 4 configurations possibles

$$n_1 > n_2 \quad \text{ou} \quad n_1 < n_2$$



# Relations de conjugaison

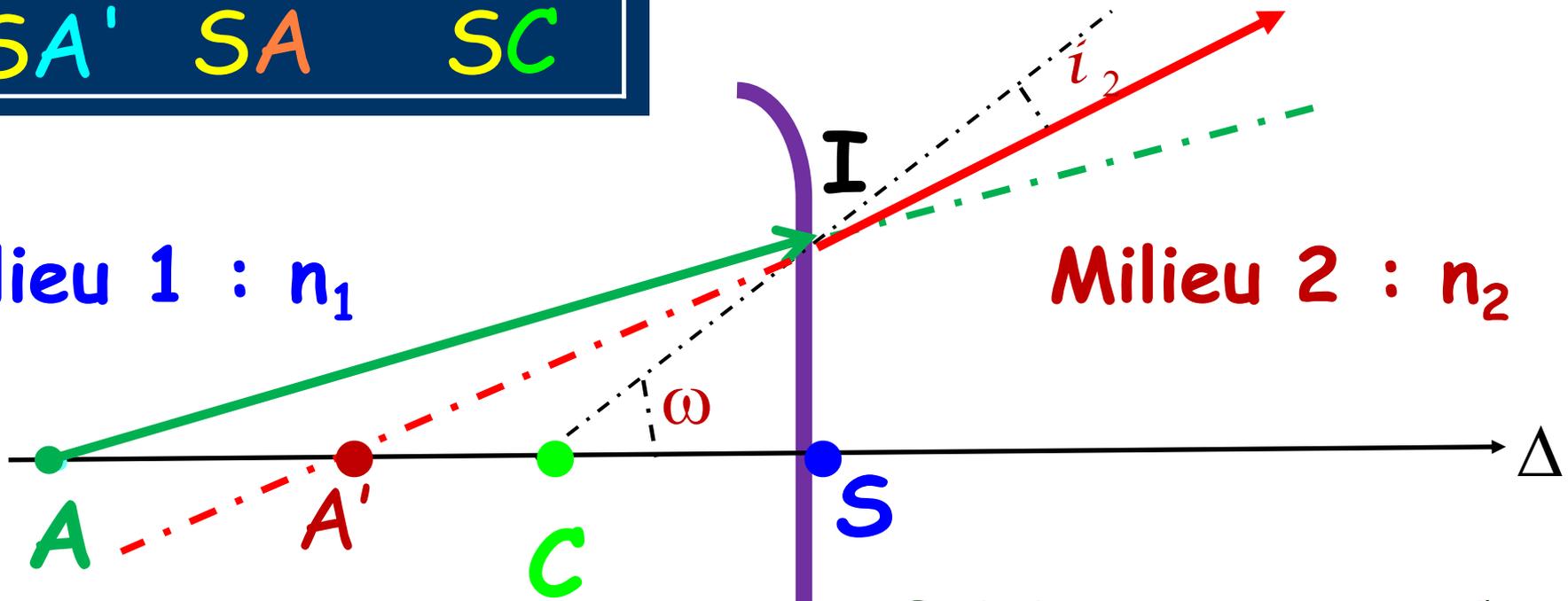
Établissons ces équations dans les conditions de **l'approximation de Gauss**. Autrement dit on ne considère qu'un pinceau lumineux dont le rayon moyen lui est normal, c'est-à-dire formé de rayons paraxiaux.

Origine au sommet S

$$\frac{n_2}{SA'} - \frac{n_1}{SA} = \frac{n_2 - n_1}{SC}$$

Milieu 1 :  $n_1$

Milieu 2 :  $n_2$



$$n_1 < n_2$$

Origine au centre C

$$\frac{n_1}{CA'} - \frac{n_2}{CA} = \frac{(n_1 - n_2)}{CS}$$

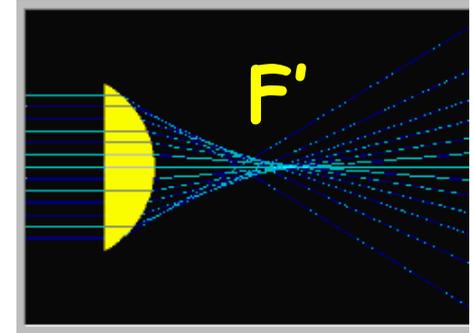
# Foyers. Convergence

FOYERS, CONVERGENCE

## Foyer image F' :

Si le point objet A s'éloigne à l'infini, son conjugué est le foyer image F' du dioptre sphérique.

$$\frac{n_2}{SA'} - \frac{n_1}{SA} = \frac{n_2 - n_1}{SC}$$



Si  $A \rightarrow \infty$ , alors  $A' \rightarrow F'$ ,  $-\left(\frac{n_2}{SF'}\right) = \frac{(n_1 - n_2)}{R}$

$$f' = SF' = \frac{-R \cdot n_2}{(n_1 - n_2)}$$

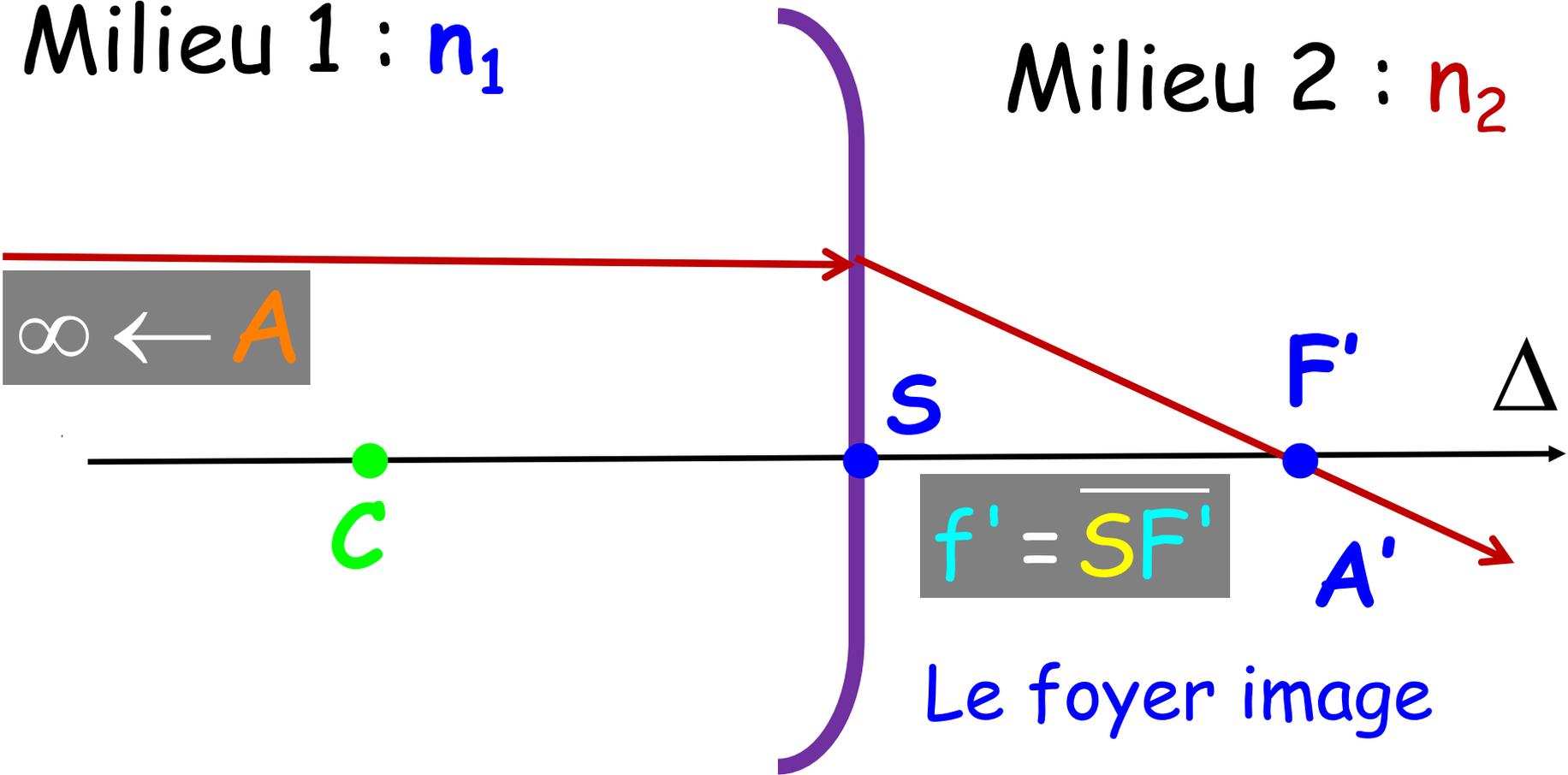
La distance focale image du dioptre sphérique ( $S, C, n_1, n_2$ ).

$$n_1 < n_2$$

Milieu 1 :  $n_1$

Milieu 2 :  $n_2$

$$\infty \leftarrow A$$



$$f' = \overline{SF'}$$

Le foyer image

Le point source  $A$ , situé à l'infini, est conjugué avec le foyer image  $F'$

## Foyer objet F :

Quand le point objet A est situé en F, l'image A' est à l'infini. Le point F est le foyer objet. la distance focal objet est alors :

$$\frac{n_2}{SA'} - \frac{n_1}{SA} = \frac{n_2 - n_1}{SC}$$

Si  $A \rightarrow F$ , alors  $A' \rightarrow \infty$ ,  $\left( \frac{n_1}{SF} \right) = \frac{(n_1 - n_2)}{R}$

$$f = \overline{SF} = \frac{R \cdot n_1}{(n_1 - n_2)}$$

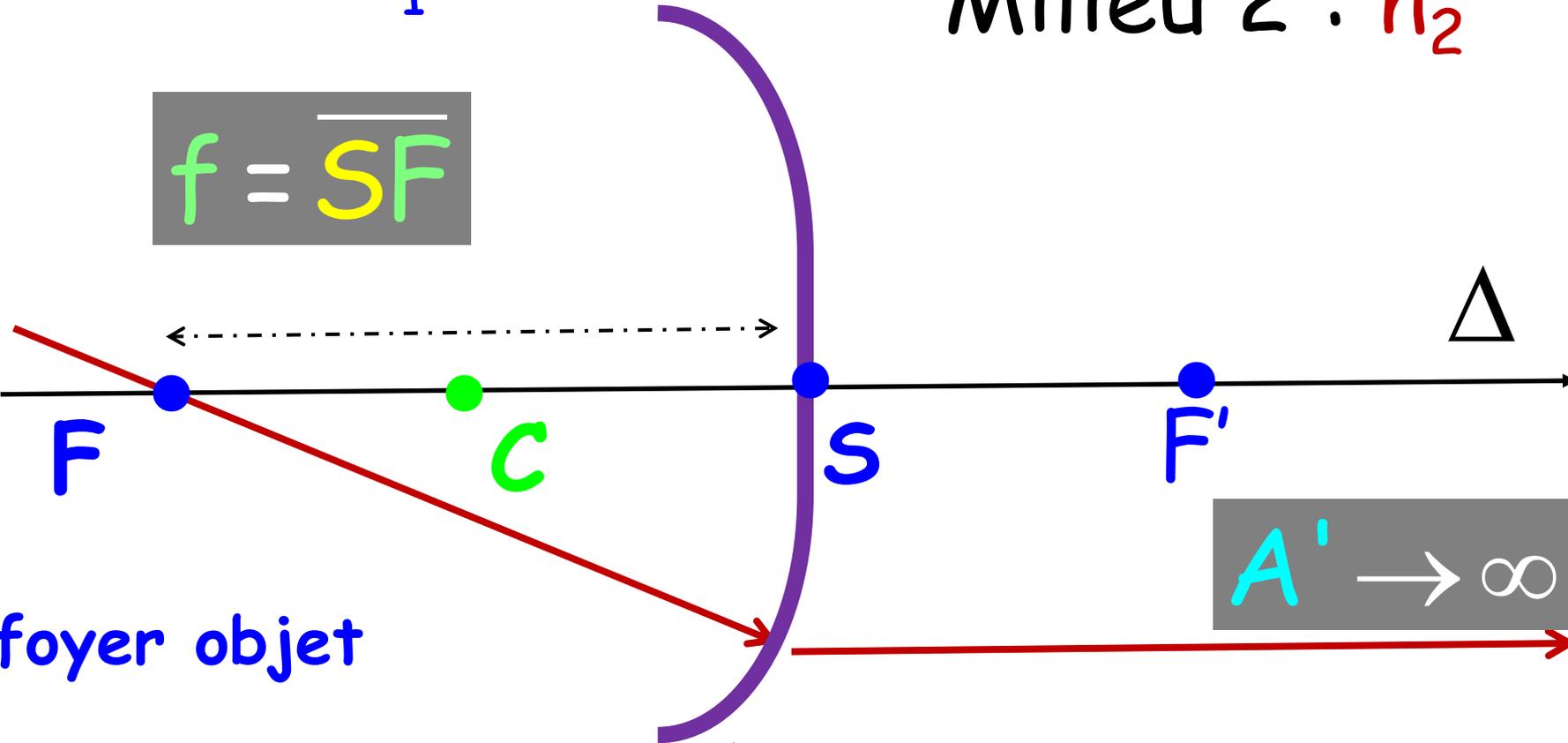
La distance focale objet du dioptré sphérique (S, C,  $n_1$ ,  $n_2$ ).

$$n_1 < n_2$$

Milieu 1 :  $n_1$

Milieu 2 :  $n_2$

$$f = \overline{SF}$$



Le foyer objet

Le point source  $A$ , situé au foyer objet  $F$ , est conjugué avec son point image  $A'$  rejeté à l'infini.

# vergence

$$f = \overline{SF} = \frac{R \cdot n_1}{(n_1 - n_2)}$$

$$f' = \overline{SF'} = \frac{-R \cdot n_2}{(n_1 - n_2)}$$

$$V = \frac{n_2}{\overline{SF'}} = - \frac{n_1}{\overline{SF}} = \frac{n_2 - n_1}{\overline{SC}}$$

$$V = \frac{n_2 - n_1}{\overline{SC}} > 0 \quad \text{alors} \quad V : \text{convergence}$$

$$V = \frac{n_2 - n_1}{\overline{SC}} < 0 \quad \text{alors} \quad V : \text{divergence}$$

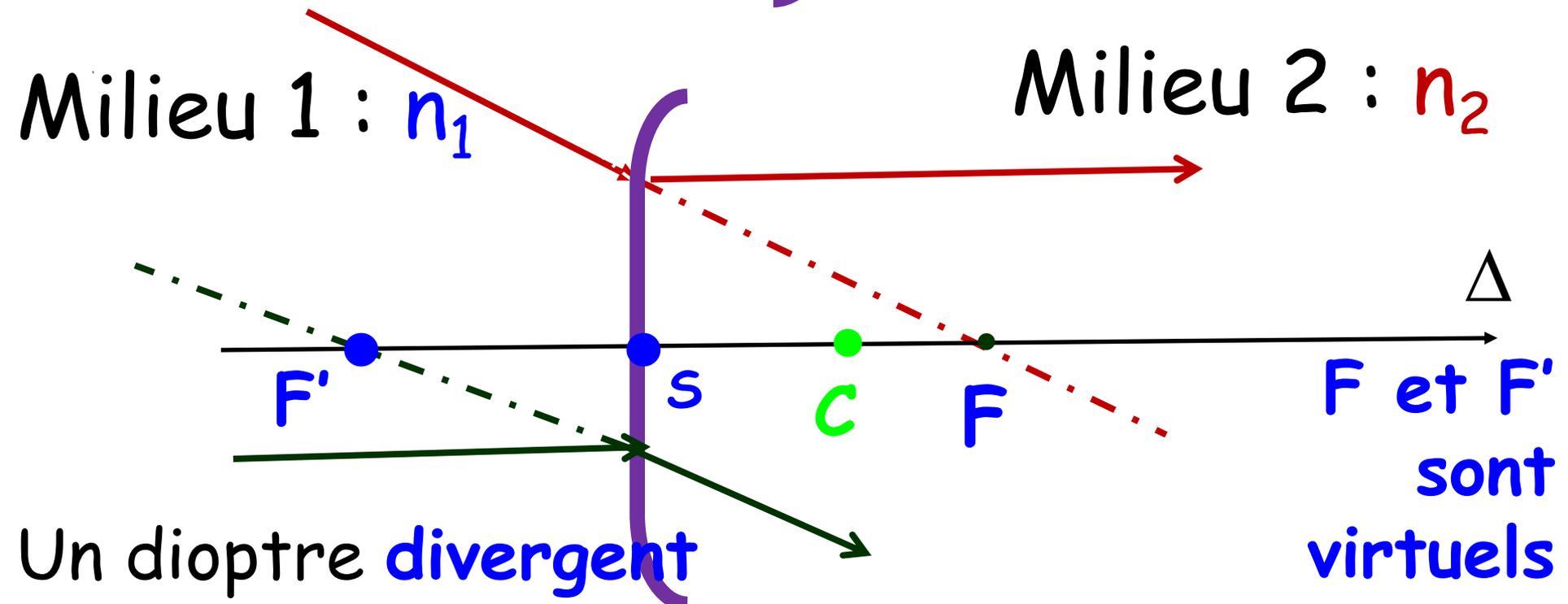
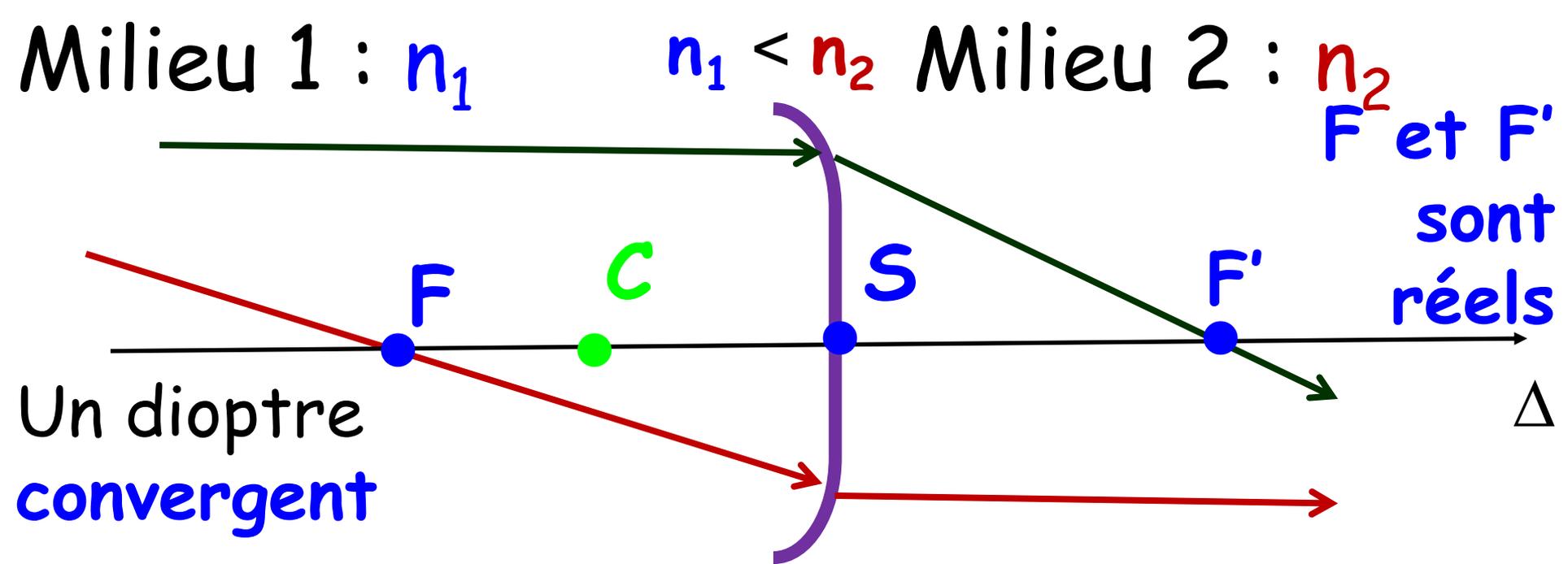
$$f = \overline{SF} = \frac{R \cdot n_1}{(n_1 - n_2)}$$

$$f' = \overline{SF'} = \frac{-R \cdot n_2}{(n_1 - n_2)}$$

$SF$  et  $SF'$  sont de signes opposés.  $F$  et  $F'$  même nature, les 2 sont réels ou les 2 virtuels. Chaque foyer se situe dans un milieu.  $F$  et  $F'$  sont toujours de part et d'autre de  $S$ .

$$\frac{\overline{SF'}}{\overline{SF}} = \frac{f'}{f} = - \left( \frac{n_2}{n_1} \right)$$

Le rapport des distances focales  $f$  et  $f'$  d'un dioptré sphérique ( $S$ ,  $C$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ ) est égal au rapport des indices changé de signe.



Contrairement au miroir sphérique, **il n'y a jamais de foyer** entre **S** et **C**, pour un dioptre sphérique (**S**, **C**,  $n_1$ ,  $n_2$ ). .

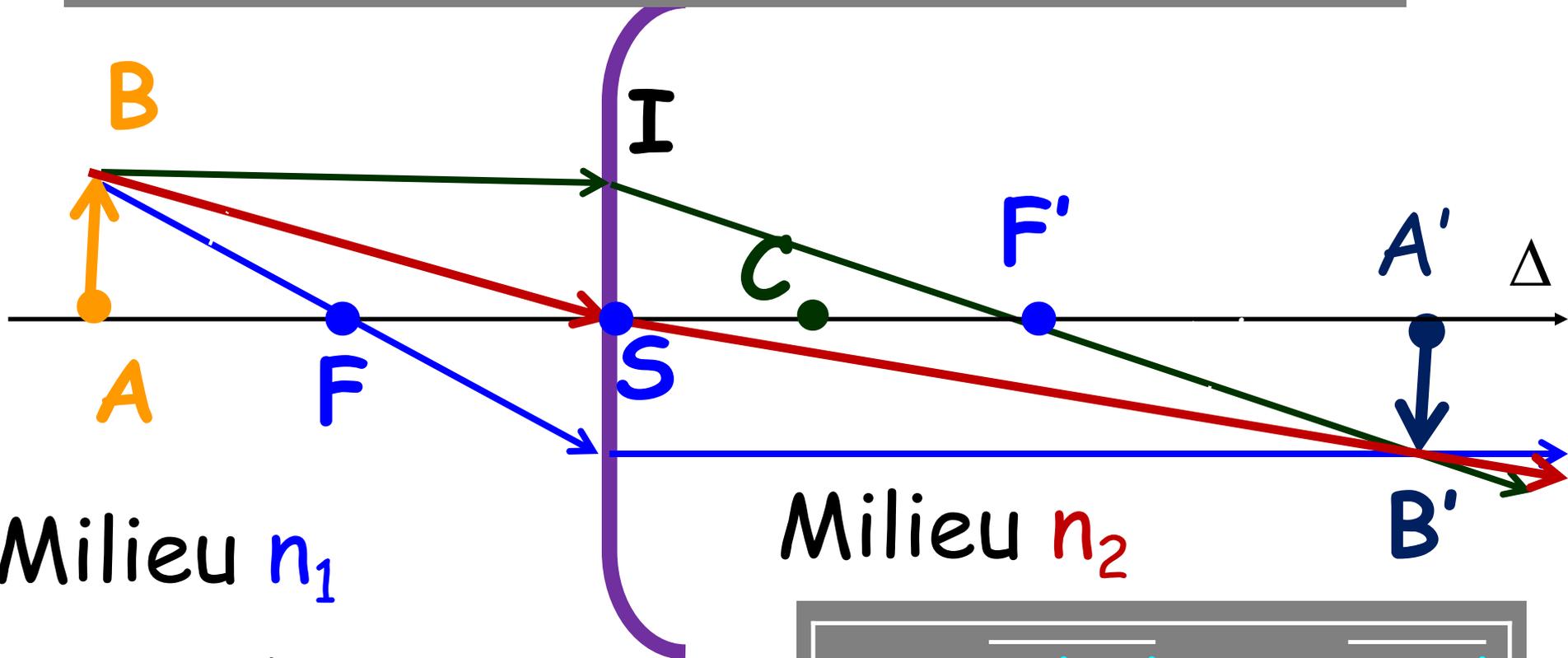
❖ Un dioptre sphérique est **convergent** si les deux **foyers F et F' sont réels**  $\overline{SF'} > 0$   $V > 0$

❖ **Le centre C** d'un dioptre sphérique **convergent** est situé dans le milieu le **plus réfringent** (indice de réfraction le plus grand).

❖ Un dioptre sphérique est **divergent** si les deux **foyers F et F' sont virtuels**  $\overline{SF'} < 0$   $V < 0$

❖ **le centre C** d'un dioptre sphérique **divergent** est situé dans le **milieu moins réfringent** (indice de réfraction le plus grand).

$$n_1 \cdot i_1 = n_2 \cdot i_2, \quad i_1 = \frac{\overline{AB}}{\overline{SA}}, \quad i_2 = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{SA'}}, \quad n_1 \cdot \frac{\overline{AB}}{\overline{SA}} = n_2 \cdot \frac{\overline{A'B'}}{\overline{SA'}}$$



Milieu  $n_1$

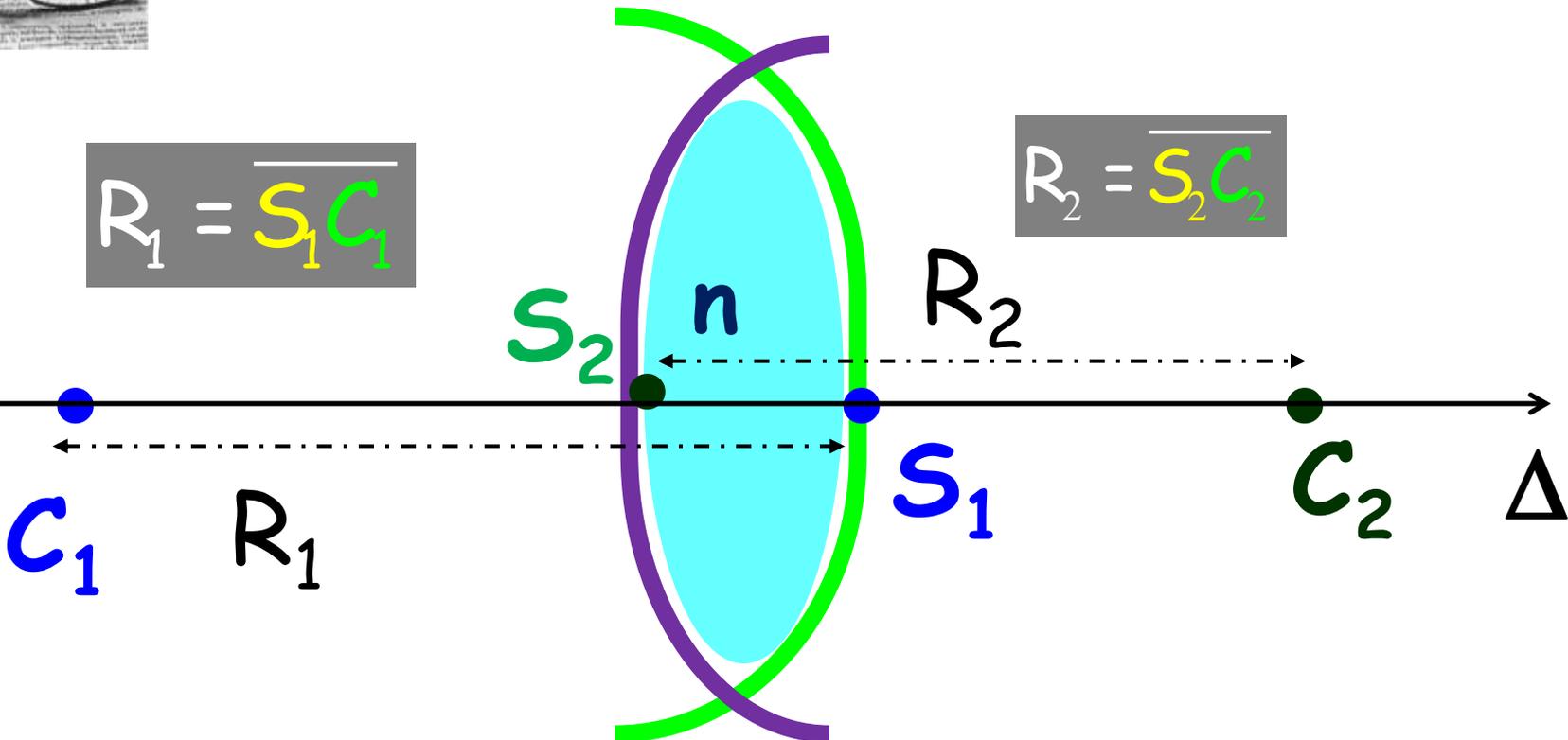
Milieu  $n_2$

Le grandissement transversal d'un dioptré sphérique (S, C,  $n_1$ ,  $n_2$ )

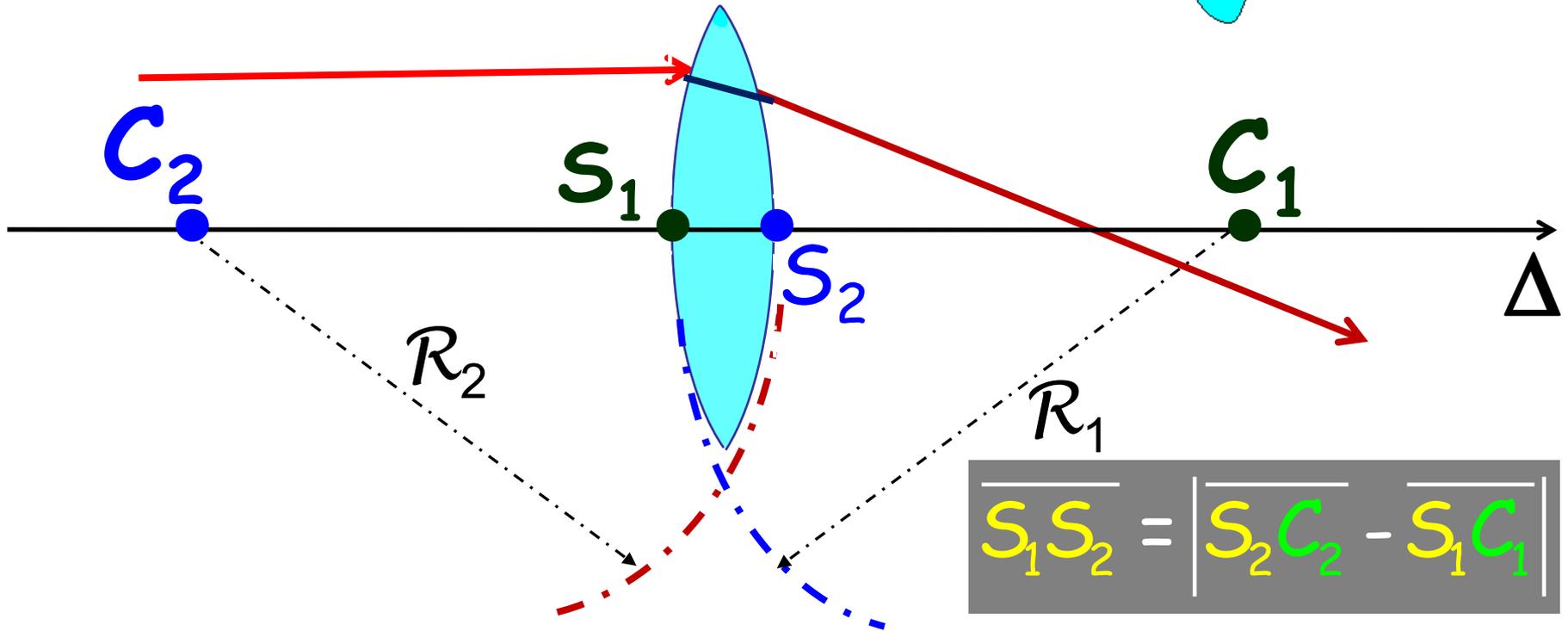
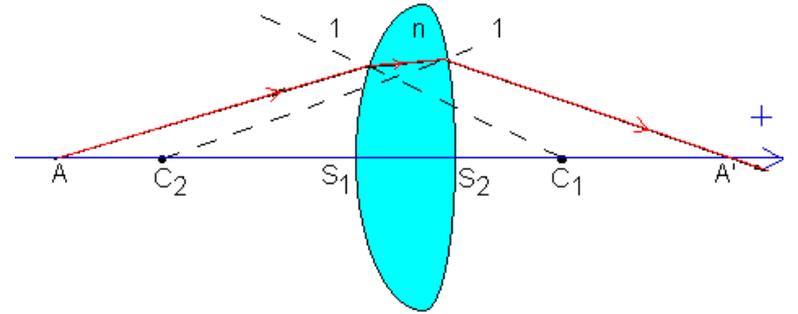
$$\gamma_+ = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{n_1 \overline{SA'}}{n_2 \overline{SA}}$$

# Lentilles

Définition : **Une lentille** est un milieu transparent limité par deux calottes sphériques, ou par une calotte sphérique et une plane.



# La lentille idéale : surfaces sphériques

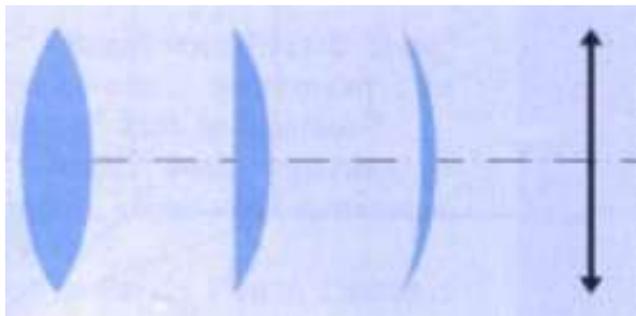


lentille mince si :

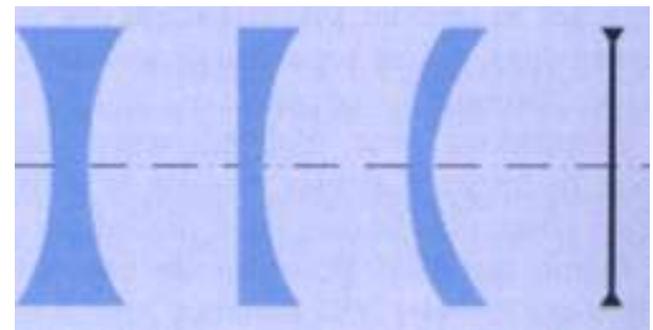
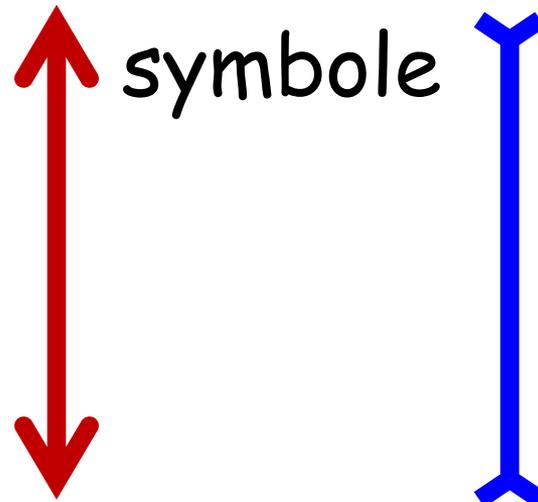
$$\overline{S_1 S_2} \ll \overline{S_1 C_1} \quad \overline{S_1 S_2} \approx \overline{S_2 C_2}$$

Une **lentille** est dite **mince** quand son épaisseur, mesurée sur l'axe principal, est très petite comparée aux rayons de courbure.

Par suite, nous représenterons schématiquement les lentilles à bords minces et à bords épais, respectivement **Convergente** et **Divergente**.



**convergente**

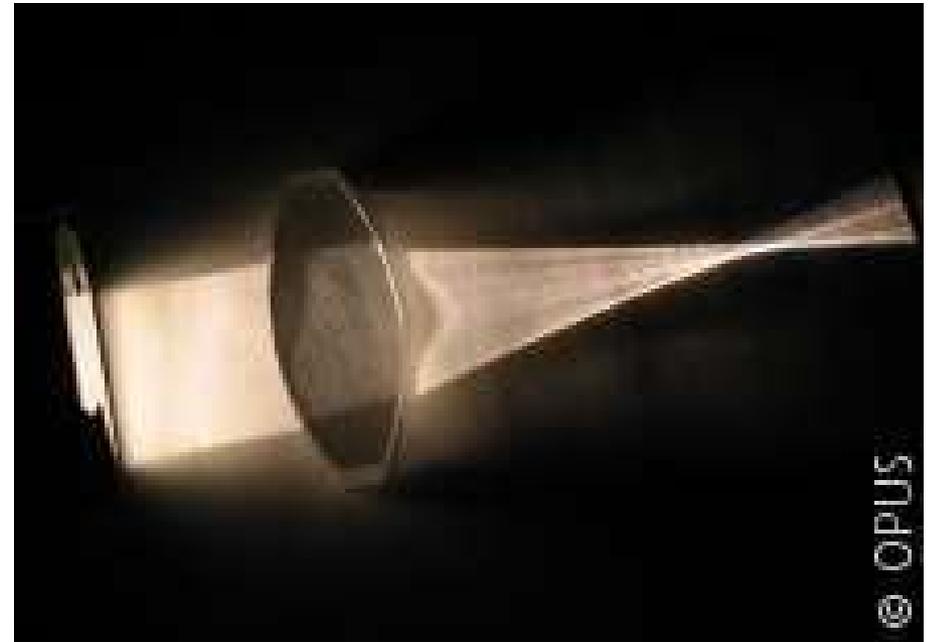


**divergente**

# Lentille convergente :

Plans focaux : Toute lentille mince convergente, quelle que soit sa forme, possède deux foyers principaux réels, symétriques par rapport au centre optique  $O$ .

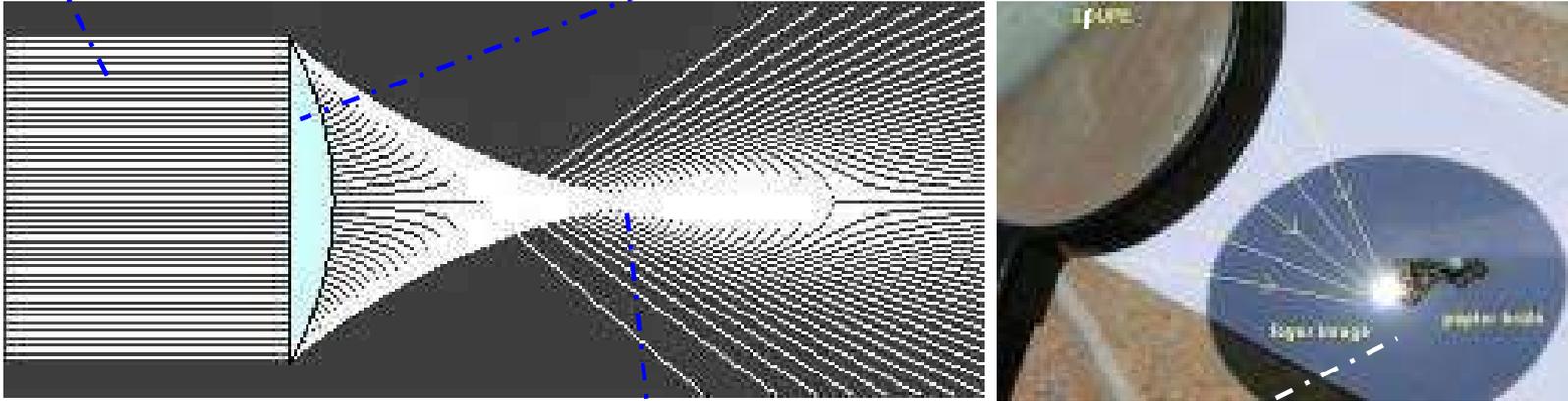
- Le premier est le **foyer principal objet** et le second est le **foyer principal image**.



$$\overline{OF'} = f' = -f = -\overline{OF}$$

# Lentille convergente

Lumière parallèle

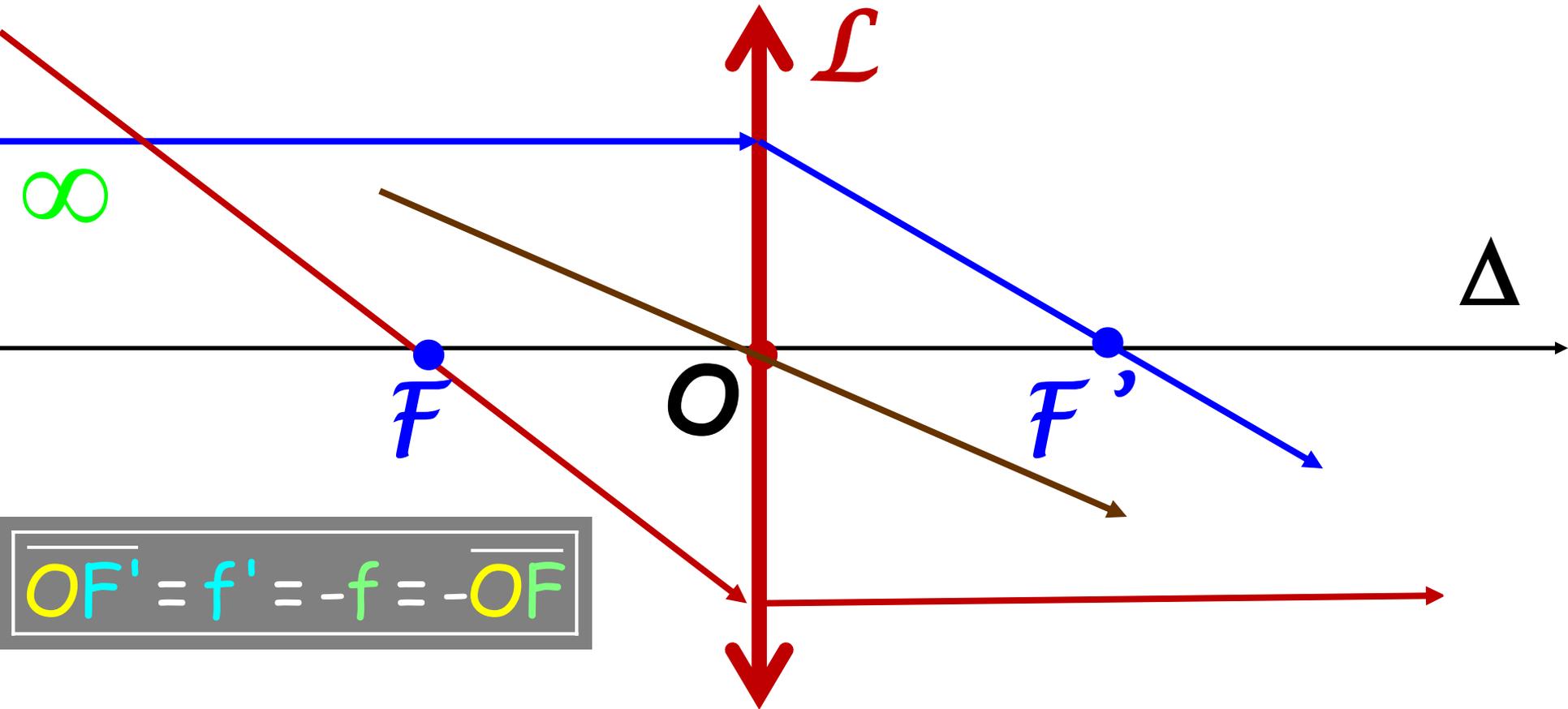


Foyer principal image

On appelle distance focale d'une lentille mince, la mesure algébrique :

$$OF' = f' = -f = -OF$$

L'infini  $\infty$  et le foyer principal image  $F'$  sont conjugués par la lentille  $\mathcal{L}$



$$\overline{OF'} = f' = -f = -\overline{OF}$$

le foyer principal objet  $F$  et L'infini sont conjugués par la lentille  $\mathcal{L}$

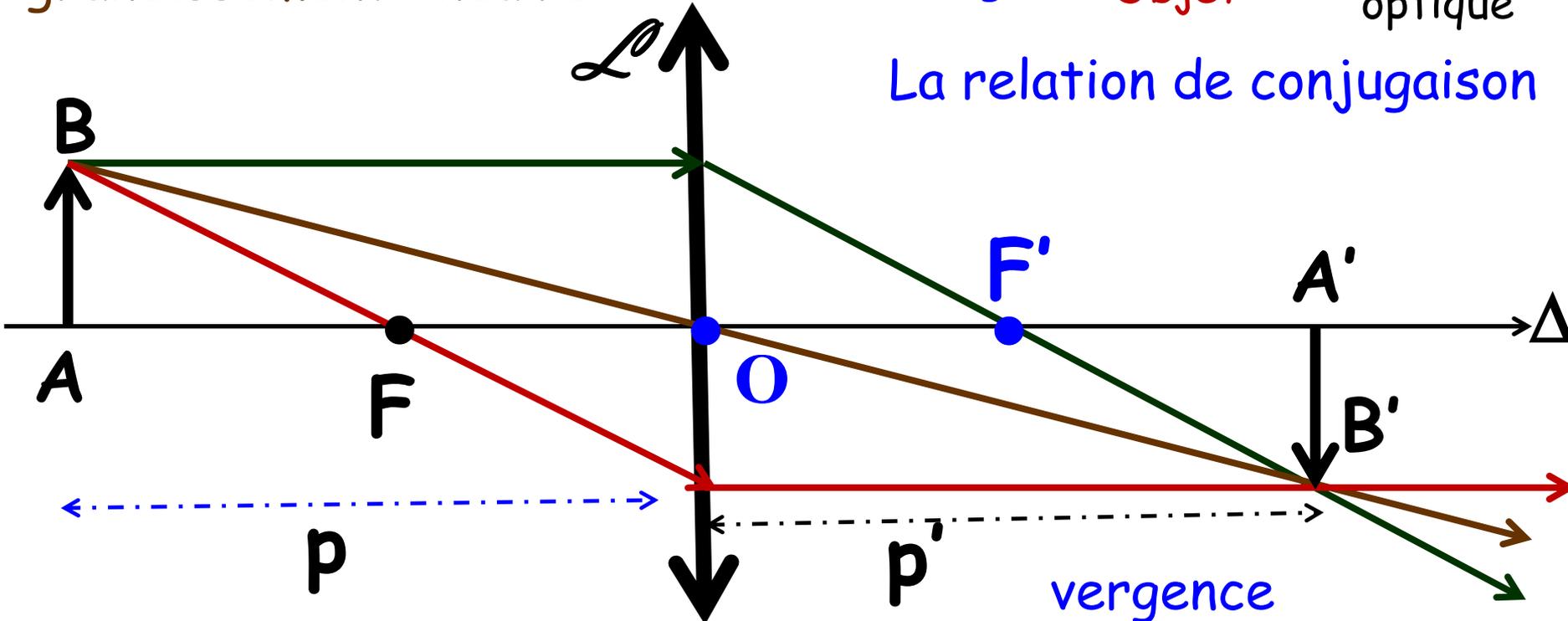
$$\gamma_t = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \Rightarrow \gamma_t = \frac{p'}{p}$$

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

grandissement linéaire

Image Objet = Instrument optique

La relation de conjugaison



La relation de conjugaison du point source A et son image A', fournie par une lentille convergente  $\mathcal{L}$  de distance focale  $f'$ .

$$v = \frac{1}{f'} = -\frac{1}{f} \text{ (dioptries)}$$

# Lentille divergente :

Plans focaux : Toute lentille **divergente**, quelle que soit sa forme, possède **deux foyers principaux virtuels**, symétriques par rapport au centre optique  $O$ .

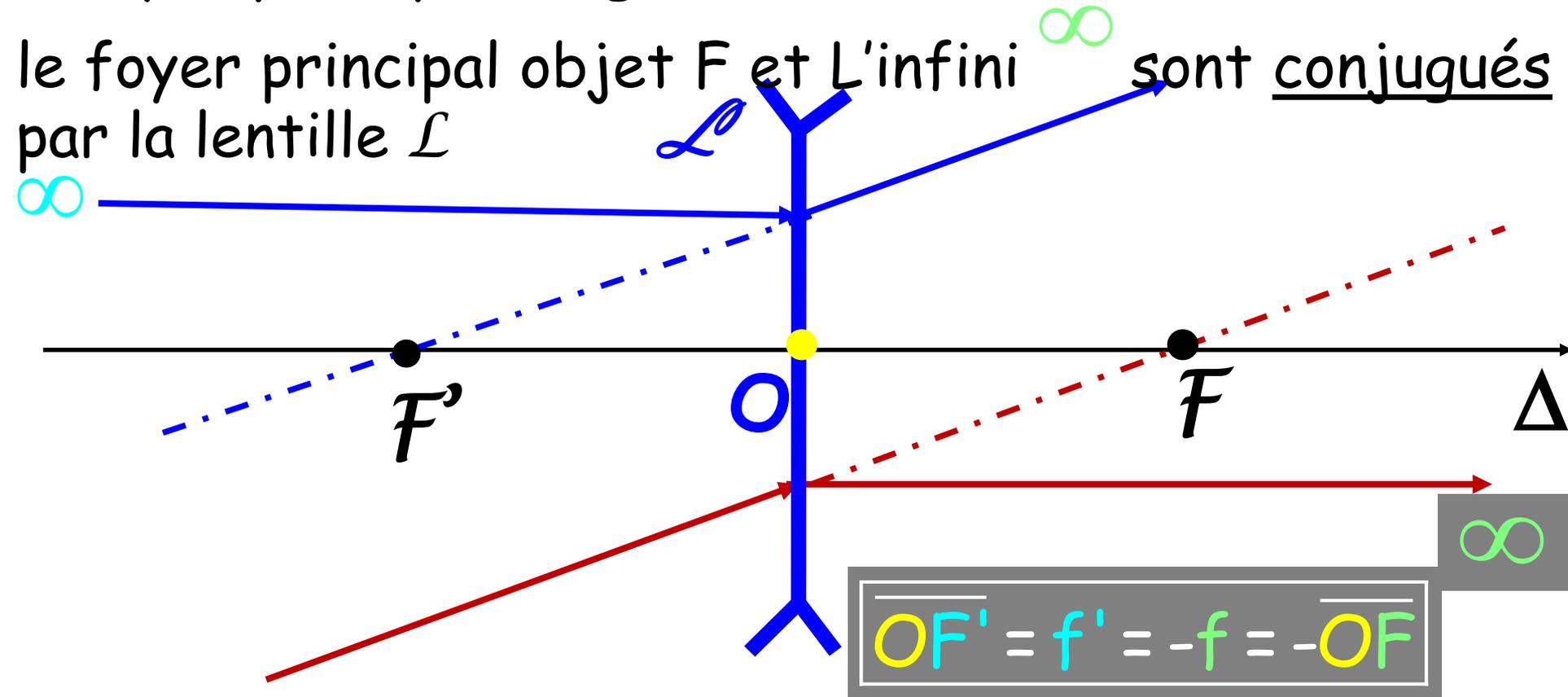
Le premier est le **foyer principal objet** et le second est le **foyer principal image**. Ce dernier est l'image d'un point situé à l'infini.



L'infini et le foyer principal image  $F'$  sont conjugués par la lentille divergente  $\mathcal{L}$ .

Autrement dit, tout rayon parallèle à l'axe principal de la lentille émerge de celle-ci comme s'il venait du foyer principal image  $F'$ .

le foyer principal objet  $F$  et L'infini  $\infty$  sont conjugués par la lentille  $\mathcal{L}$

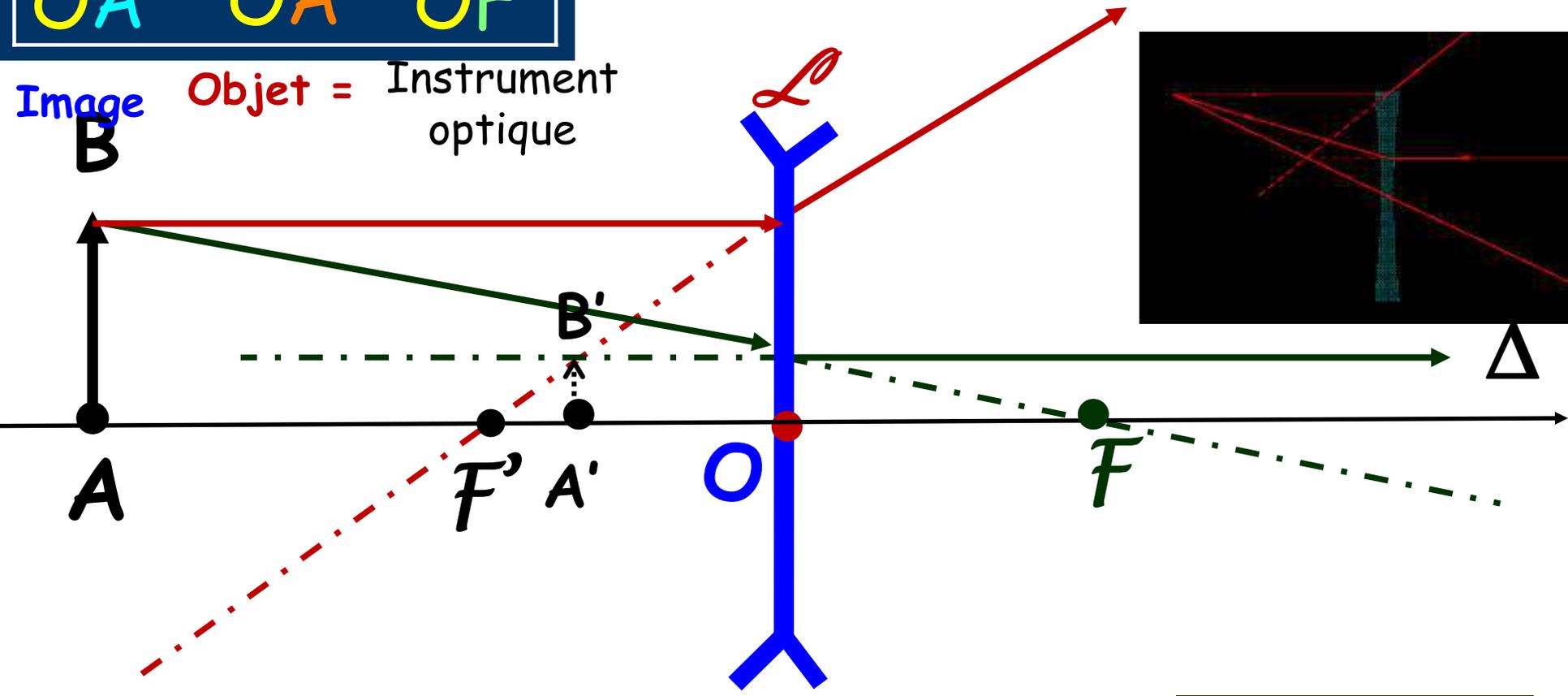


$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$$

La relation de conjugaison

AB : objet réel,  
A'B' : image

Image    Objet = Instrument  
optique

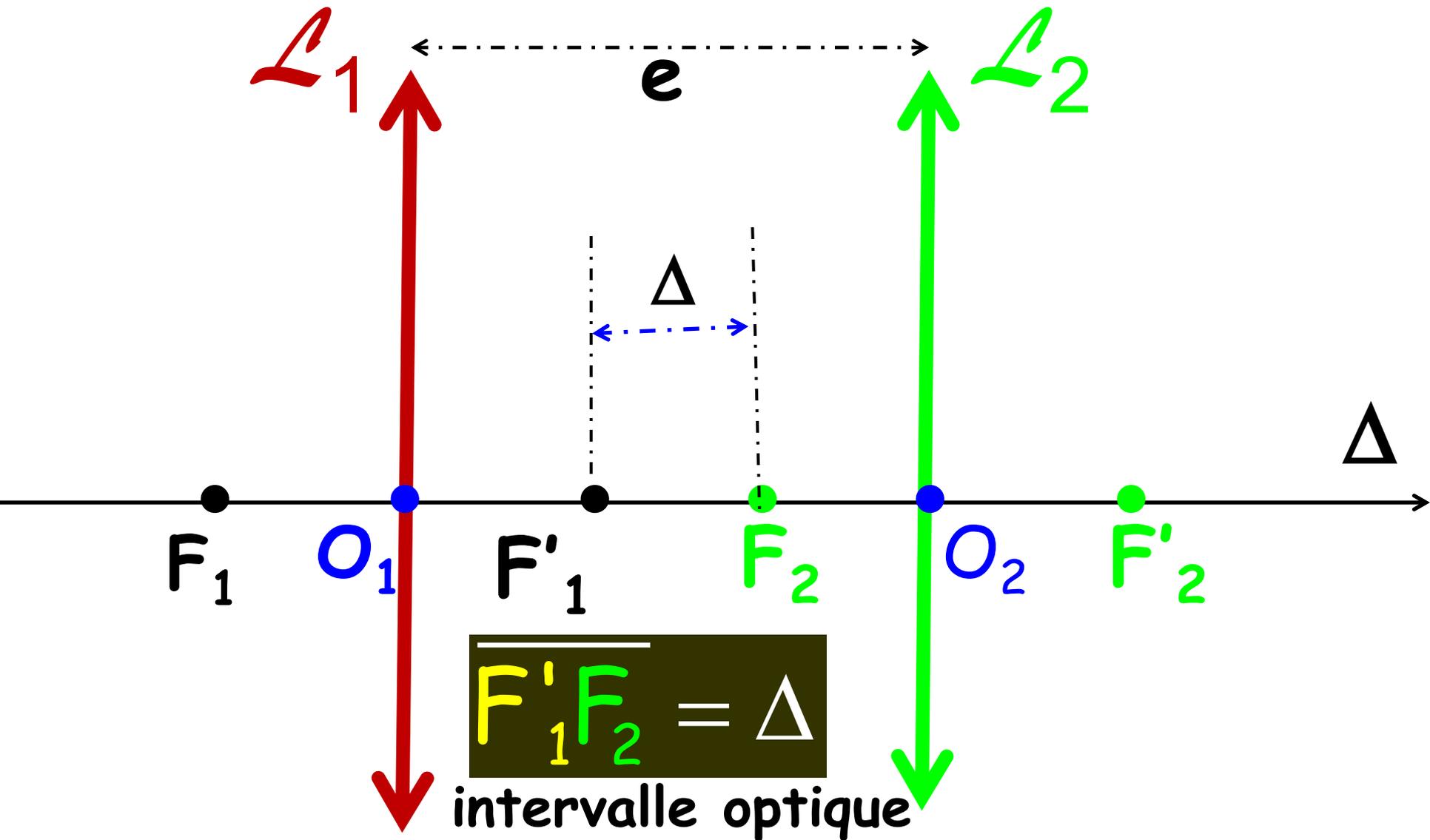


La vergence, exprimée dioptrie, d'une lentille mince est l'inverse de sa distance focale f'.

$$V_{(\delta)} = \frac{1}{f'_{(m)}}$$

Association de Lentilles

**Association de  
lentilles**



$$V_{\text{Doublet}} = V_1 + V_2 - e \cdot V_1 \cdot V_2$$

Un doublet

# Vergence d'un doublet: Formule de Gullstrand

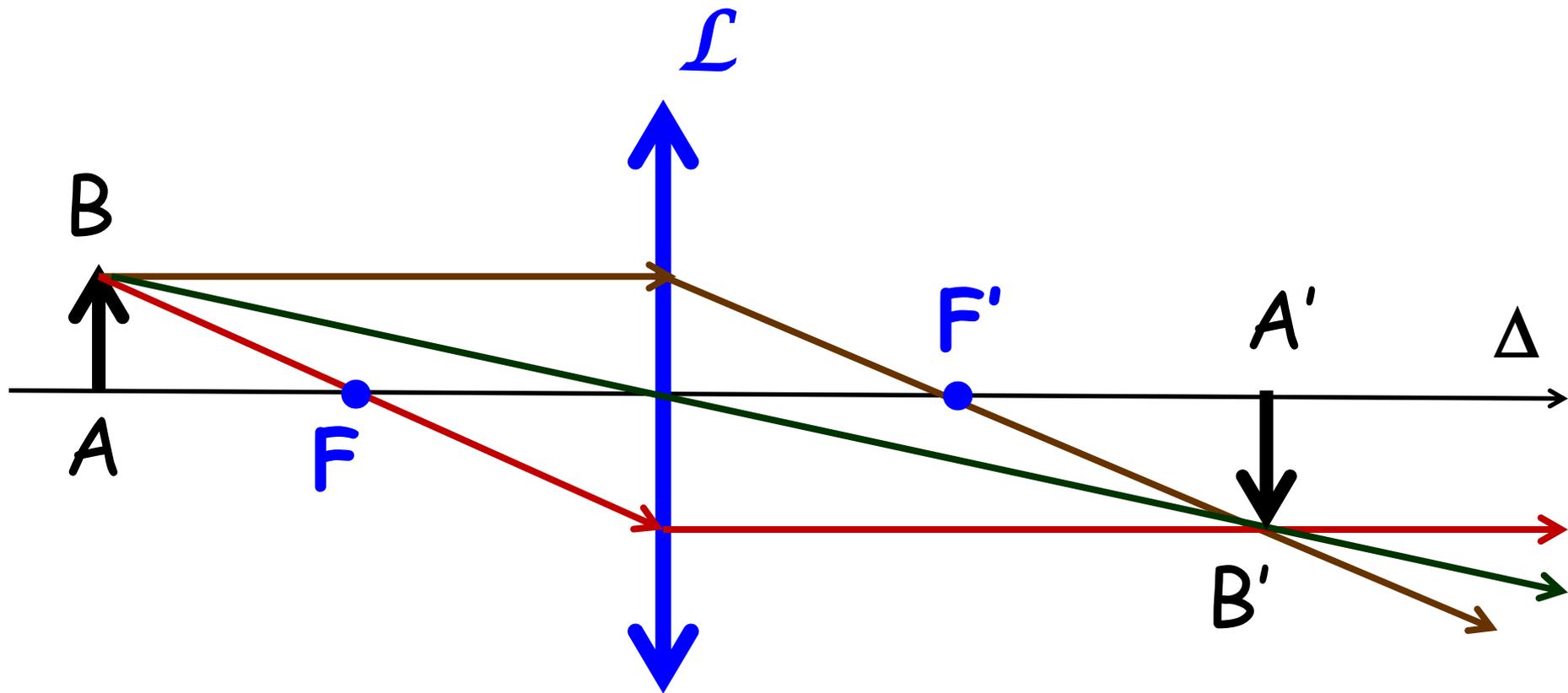
$$V_{\text{Doublet}} = V_1 + V_2 - e \cdot V_1 \cdot V_2$$

$$\frac{1}{f'_1} + \frac{1}{f'_2} - \frac{e}{f'_1 \cdot f'_2} = \frac{1}{f'} \Rightarrow f' = \frac{f'_1 \cdot f'_2}{f'_1 + f'_2 - e}$$

La distance focale  
d'une lentille  
équivalente  $\mathcal{L}$

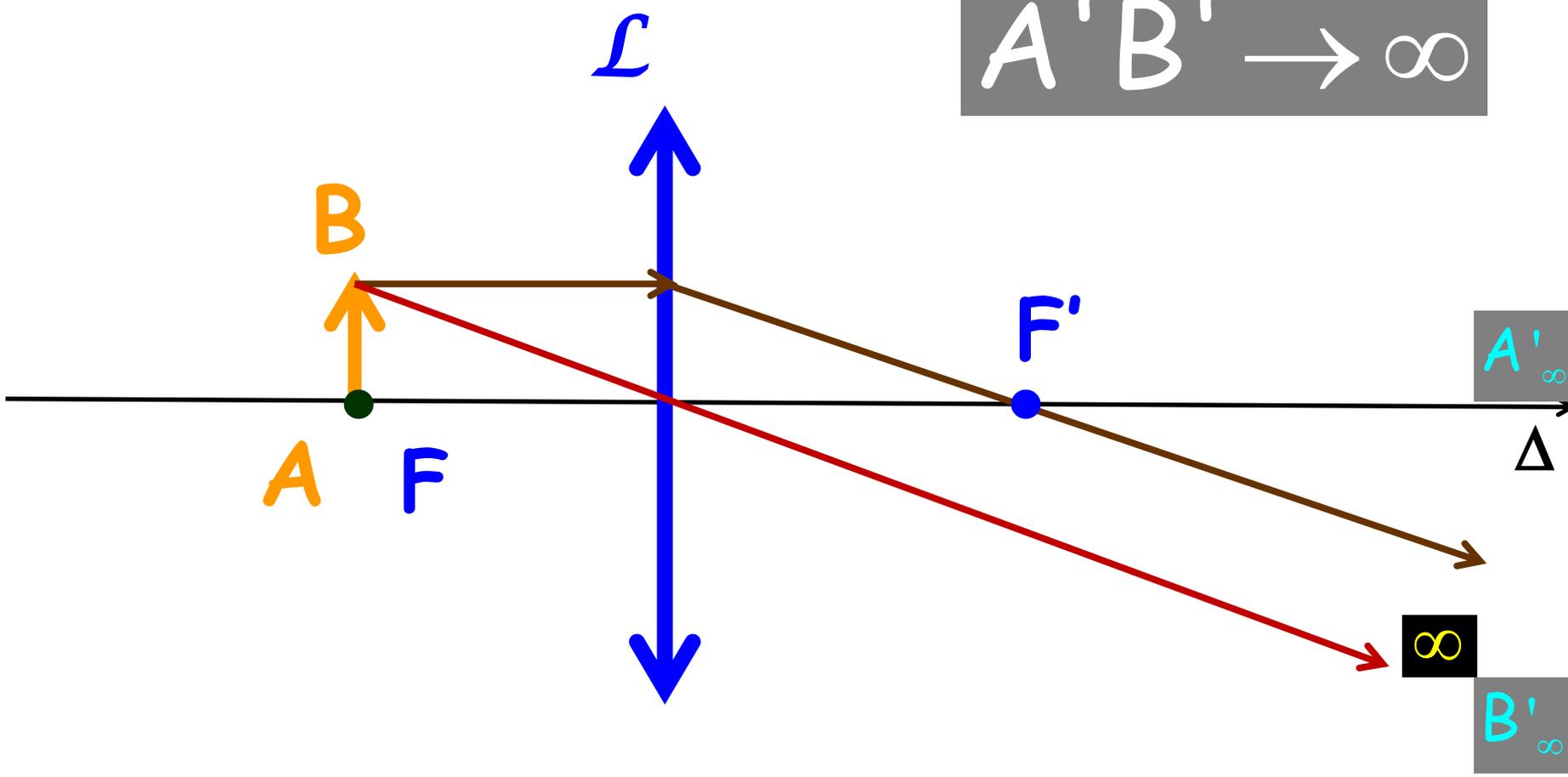
Dans le cas où les 2 lentilles sont accolées,  $e = 0$ , alors la  
vergence :

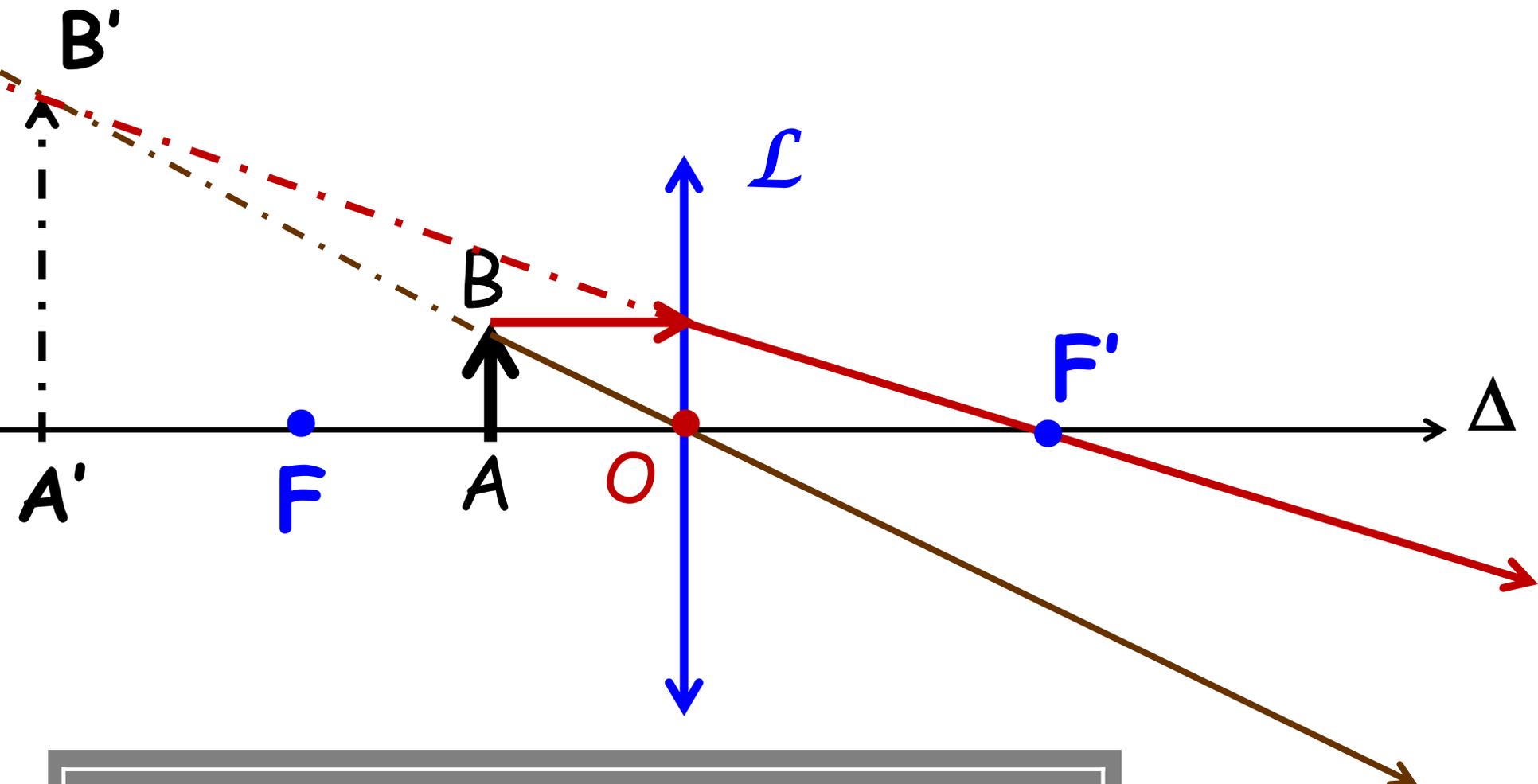
$$V = V_1 + V_2$$



$-\infty < A < F$  alors  $F' < A' < +\infty$

$$A'B' \rightarrow \infty$$





$F < A < O$  alors  $-\infty < A' < F$

Fin...



# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

### Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

