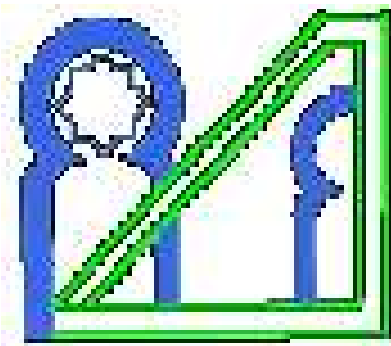




Surface sphérique : **Miroir**, **dioptre** et **lentille**

SVT session
d'automne 2013

Pr Hamid TOUMA

Département de Physique
Faculté des Sciences de Rabat
Université Mohamed V

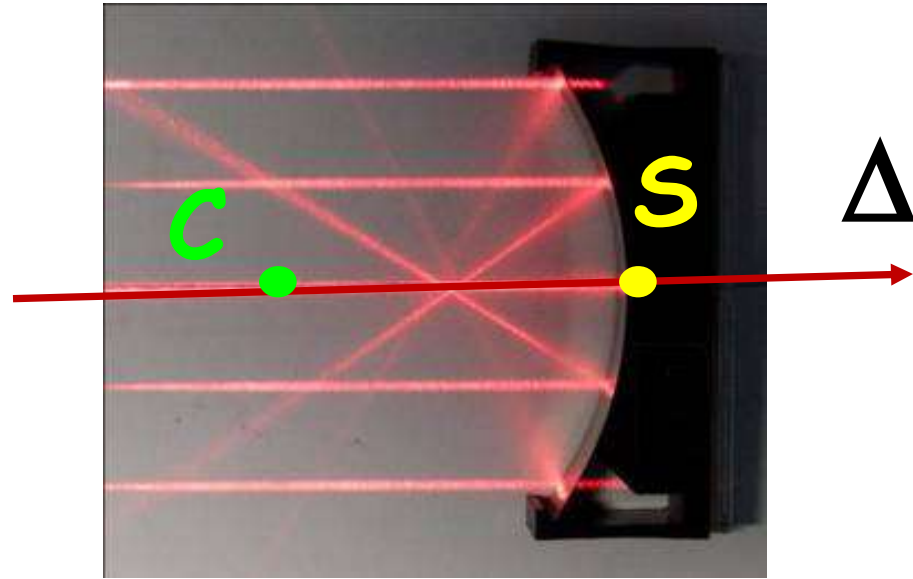
miroirs sphériques

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** (Δ) de ce miroir sphérique. La surface réfléchissante s'obtient par un dépôt métallique.



Il est à noter que l'origine de l'axe optique Δ 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

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

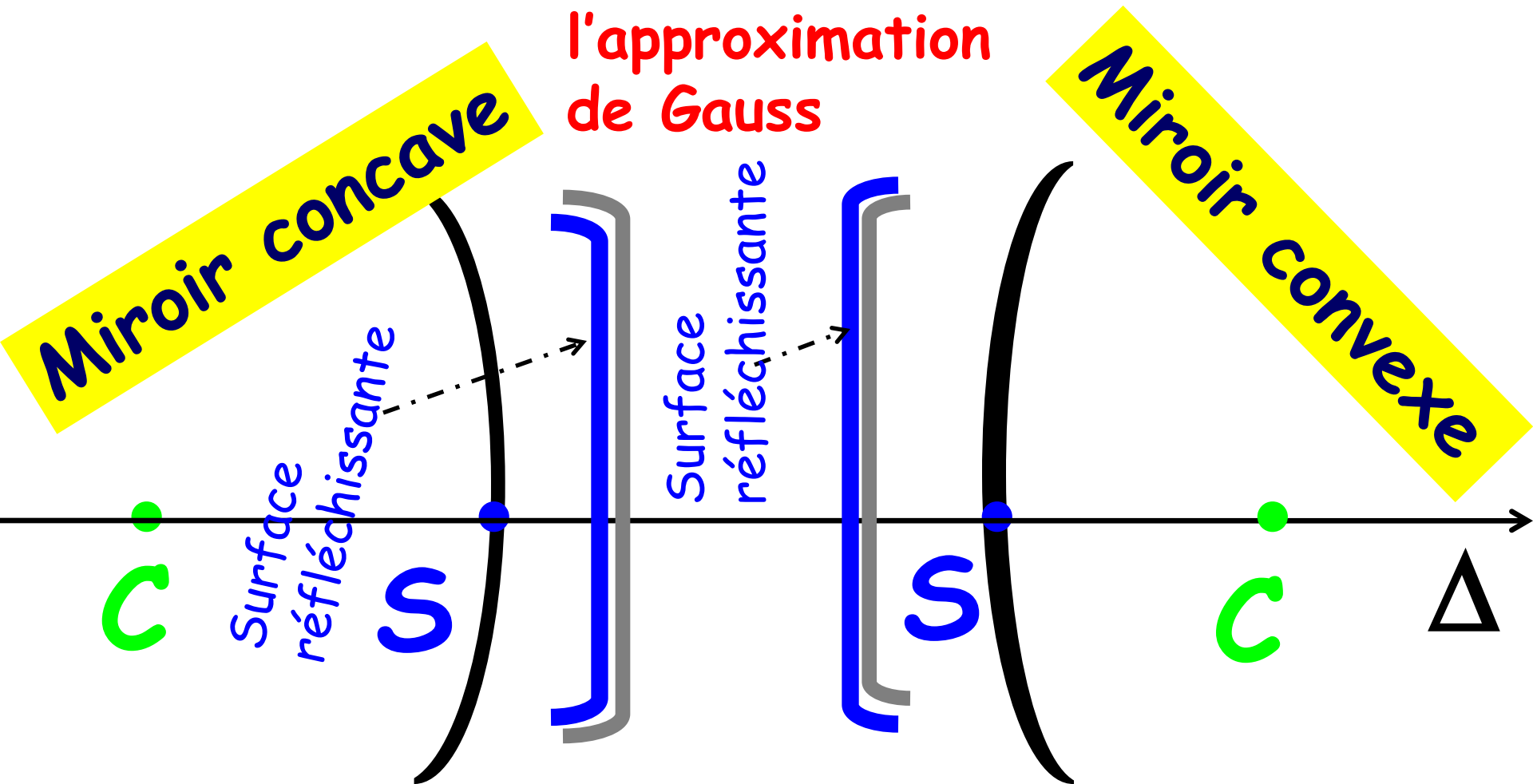
Sens de propagation
de la Lumière

Miroir convexe



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

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.



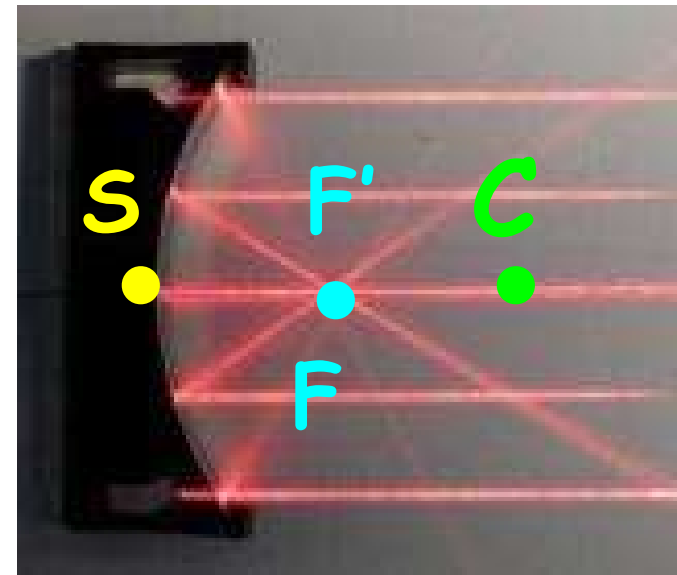
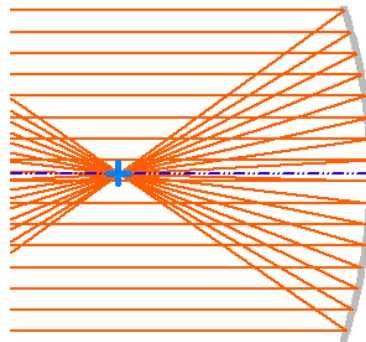
Dans l'approximation de Gauss, :

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

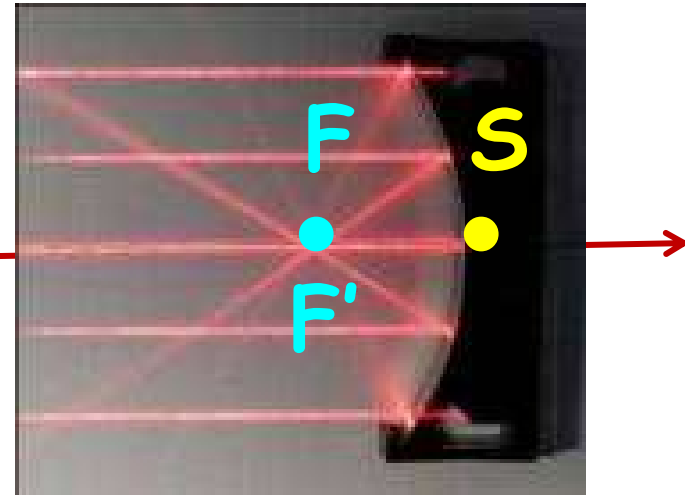
La **vergence** d'un miroir sphérique de sommet **S** et de centre **C** est définie comme l'inverse de sa distance focale. C'est une expression algébrique. L'unité de la **vergence** est donc le **mètre⁻¹**, m^{-1} , appelé dioptrie et notée δ .

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

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

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

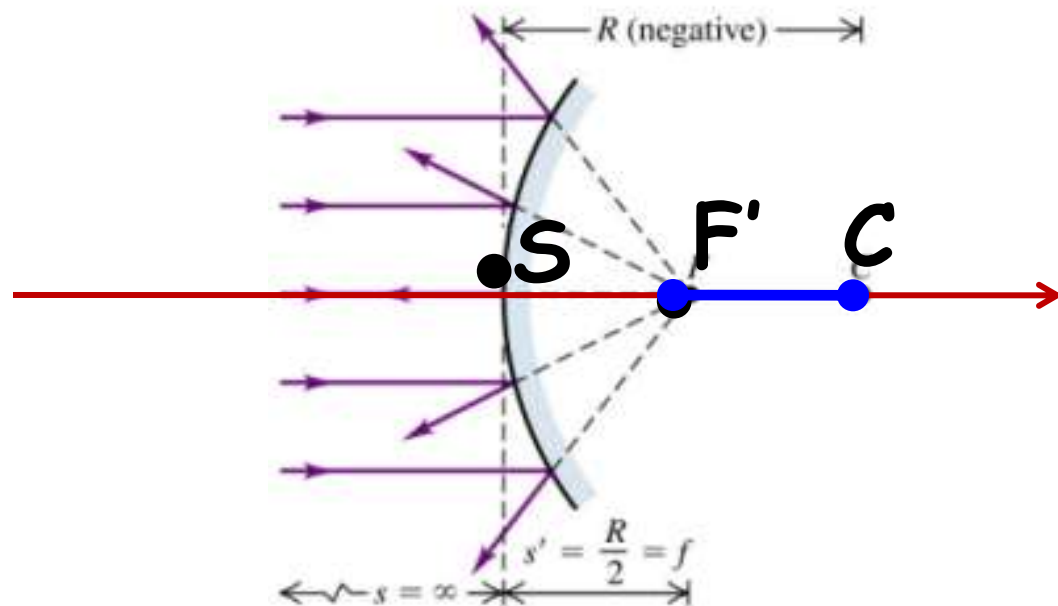
Foyers réels



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

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

Foyers imaginaires



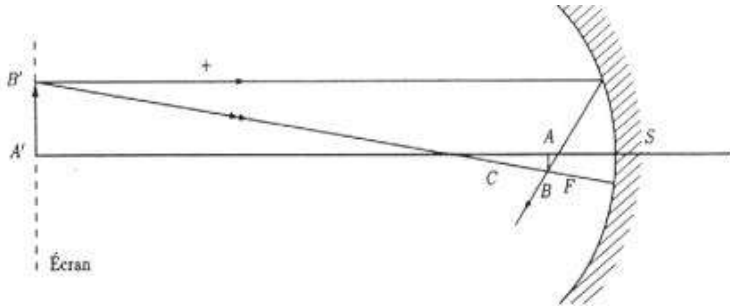
Il est à noter que ces formules sont des relations entre les **positions** et les **dimensions** de l'objet AB et de son image A'B'.

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 Δ du miroir.

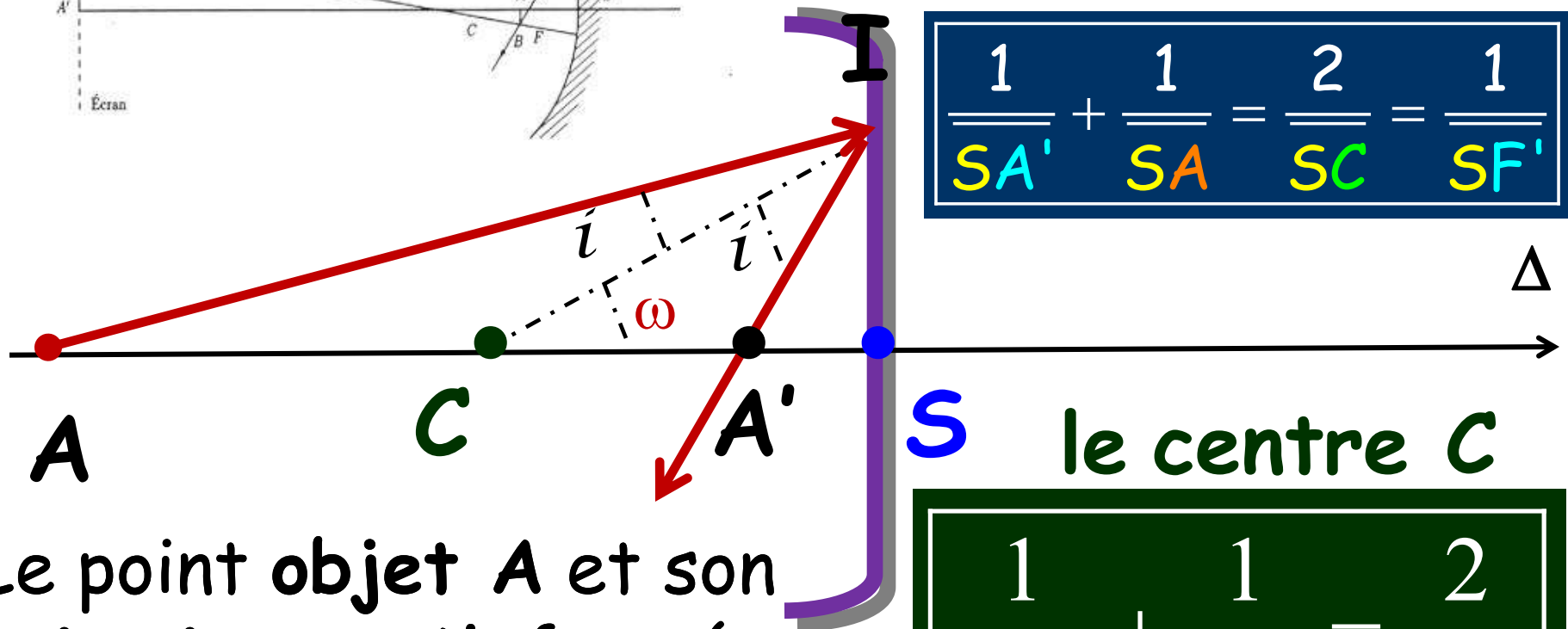
Relation de conjugaison de A et A' :

Au point I : $i = i'$ (1^{ère} loi de Snell-Descartes)



le sommet S

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

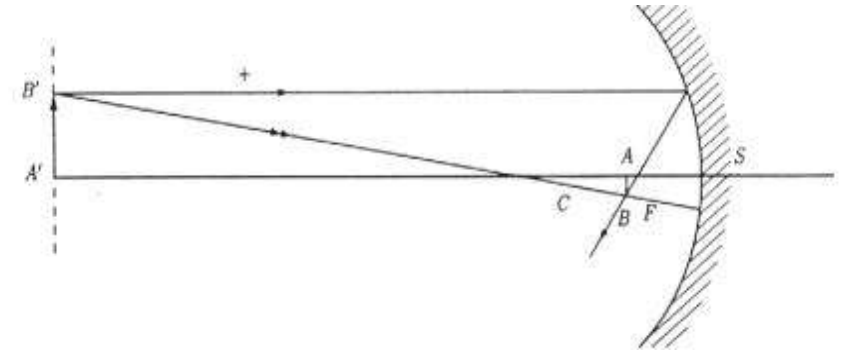


le centre C

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

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 dioptre n'est pas dévié
- tout rayon passant par F ressort // à l'axe optique Δ
- tout rayon // à l'axe optique Δ passe par F'

Objet réel

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

Cas n°1

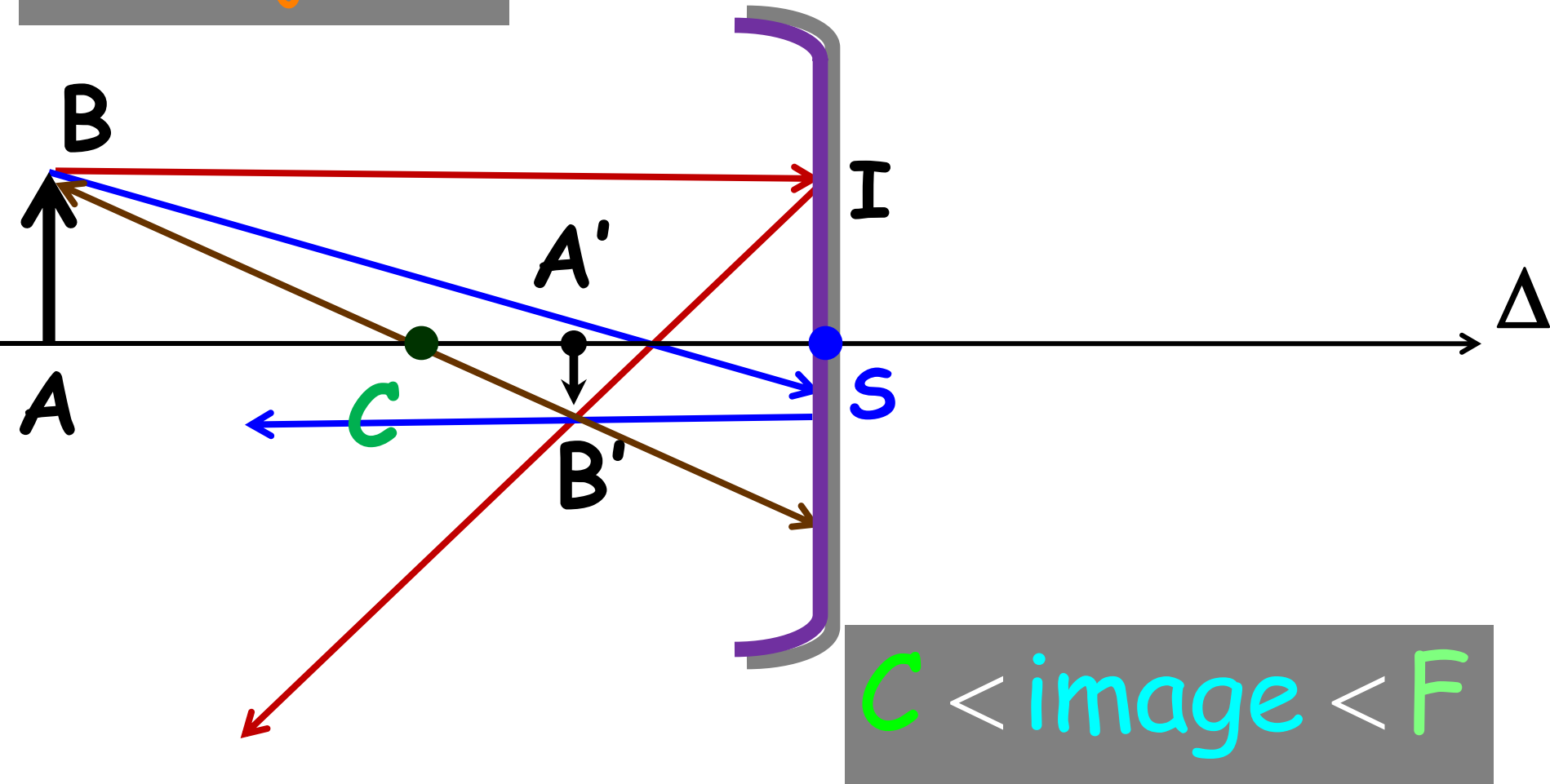


Image réelle renversée

Objet réel

Cas n°2

objet = C = image

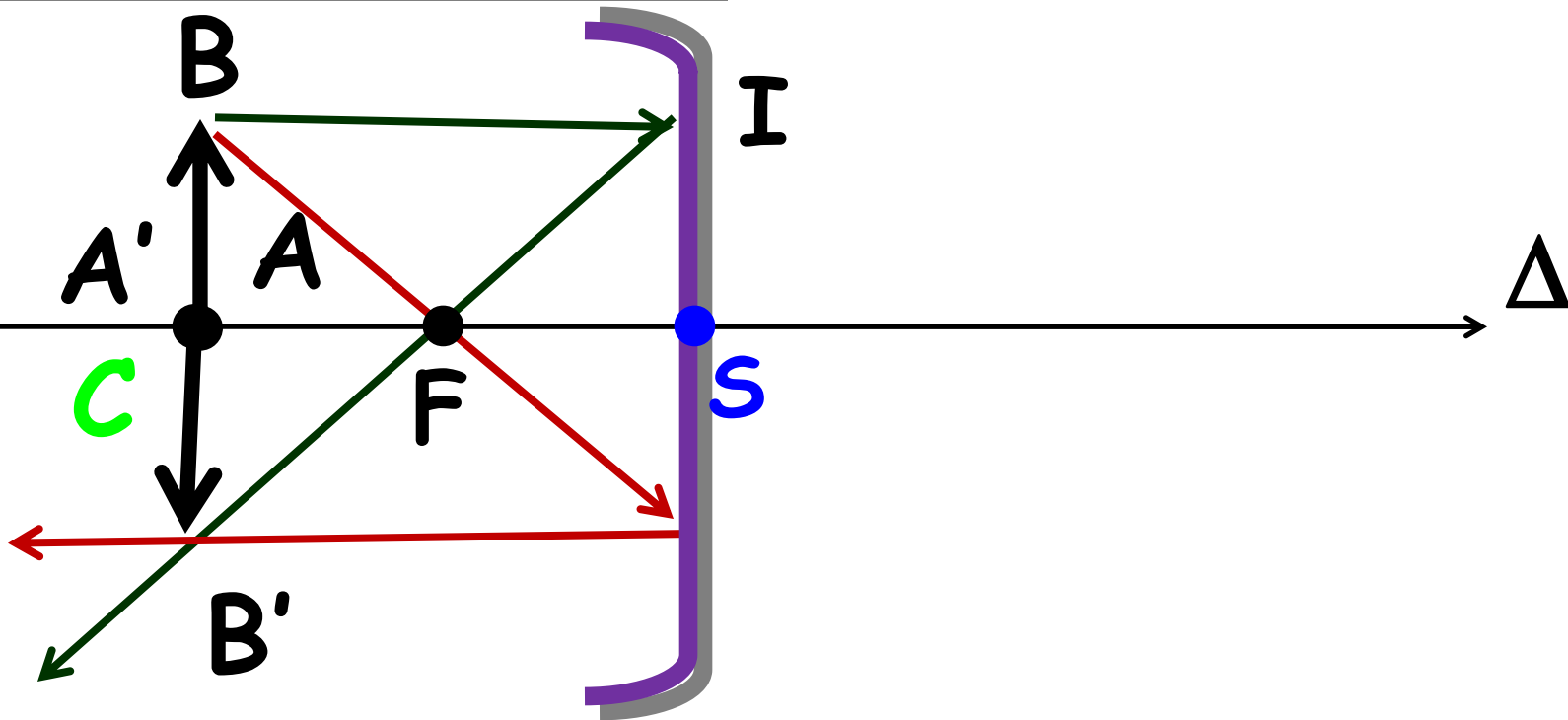
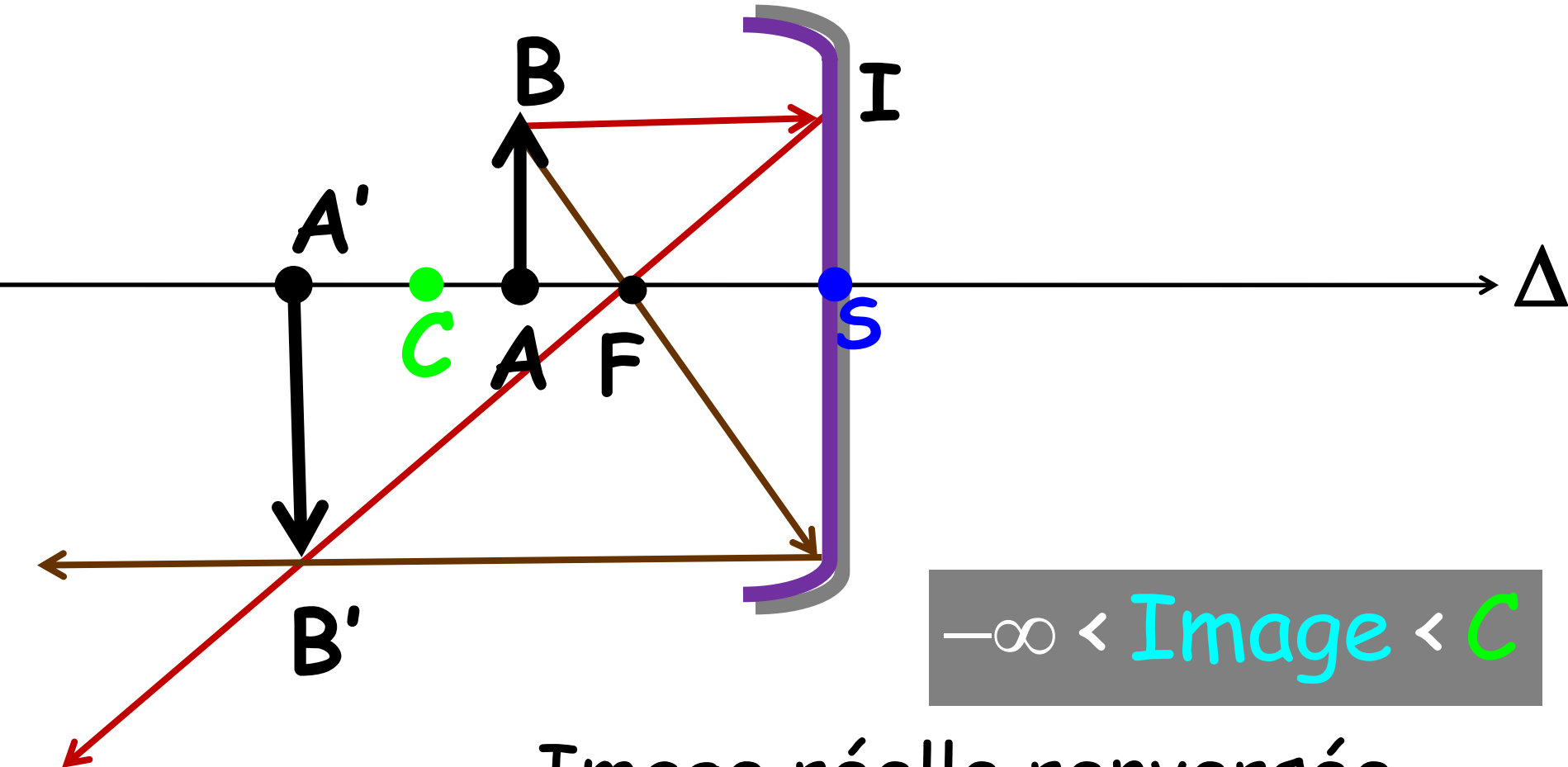


Image réelle renversée

Objet réel

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

Cas n°3



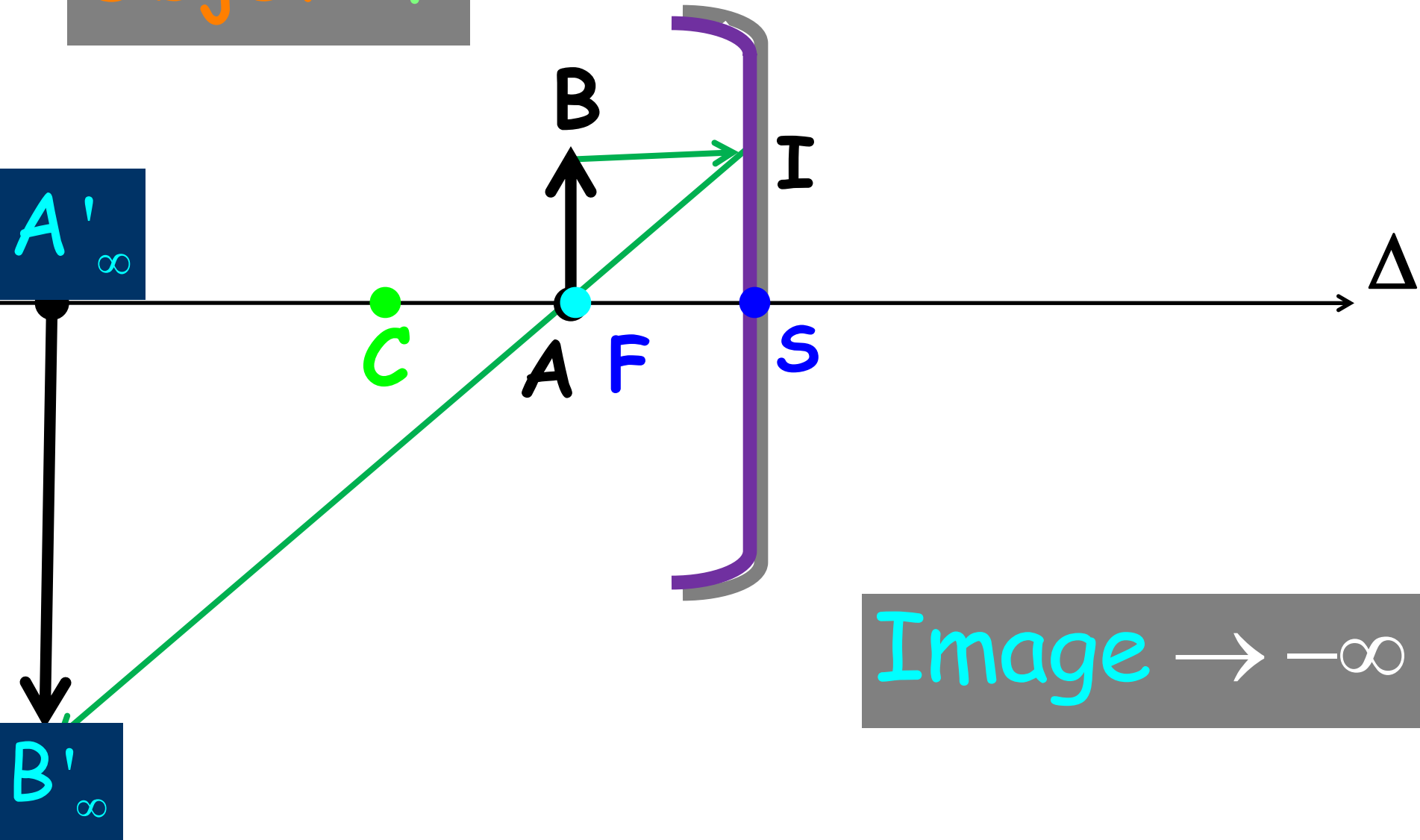
$$-\infty < \text{Image} < C$$

Image réelle renversée

Objet réel

Objet = F

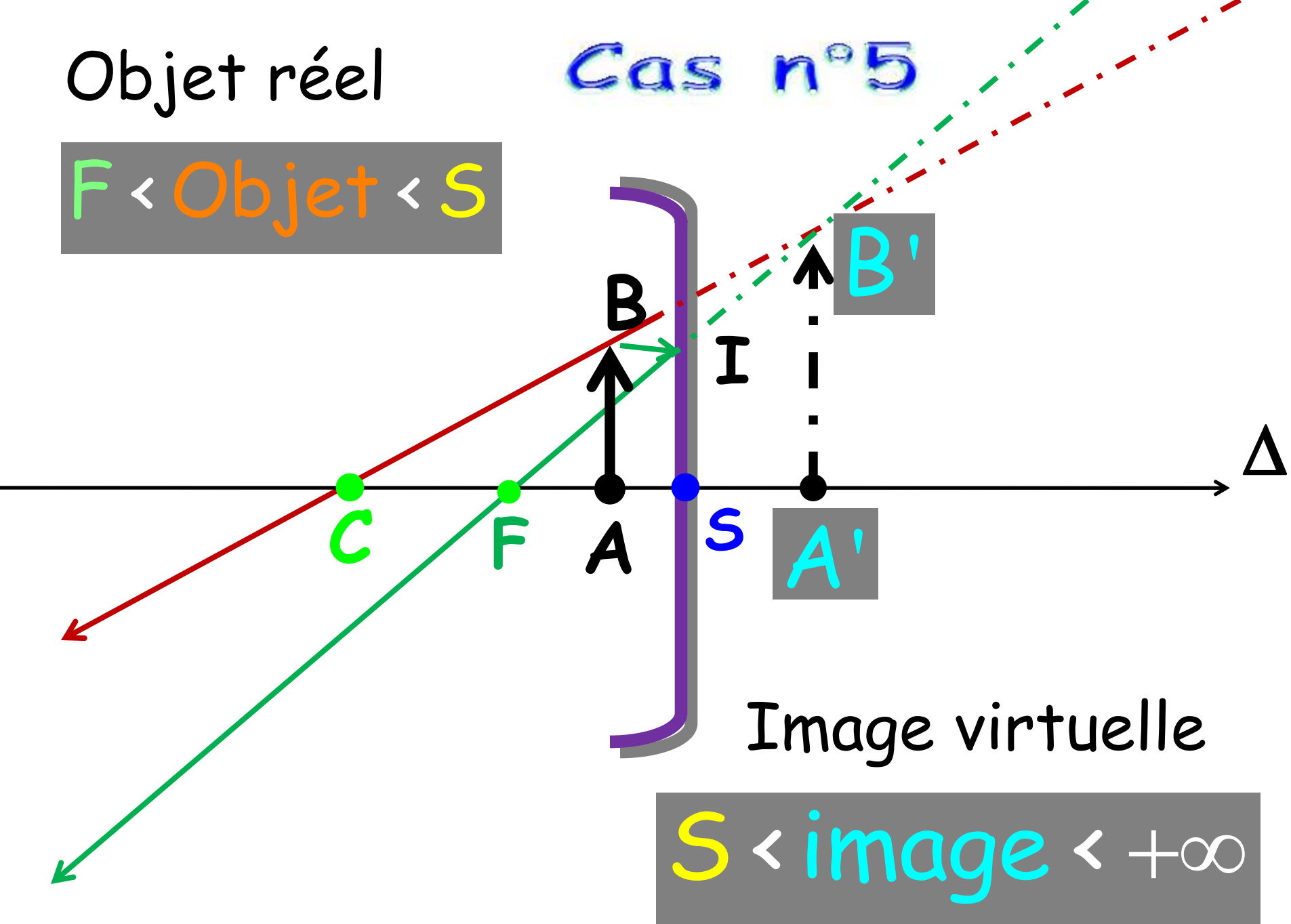
Cas n°4



Objet réel

Cas n°5

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



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

Définition : **Un dioptre 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

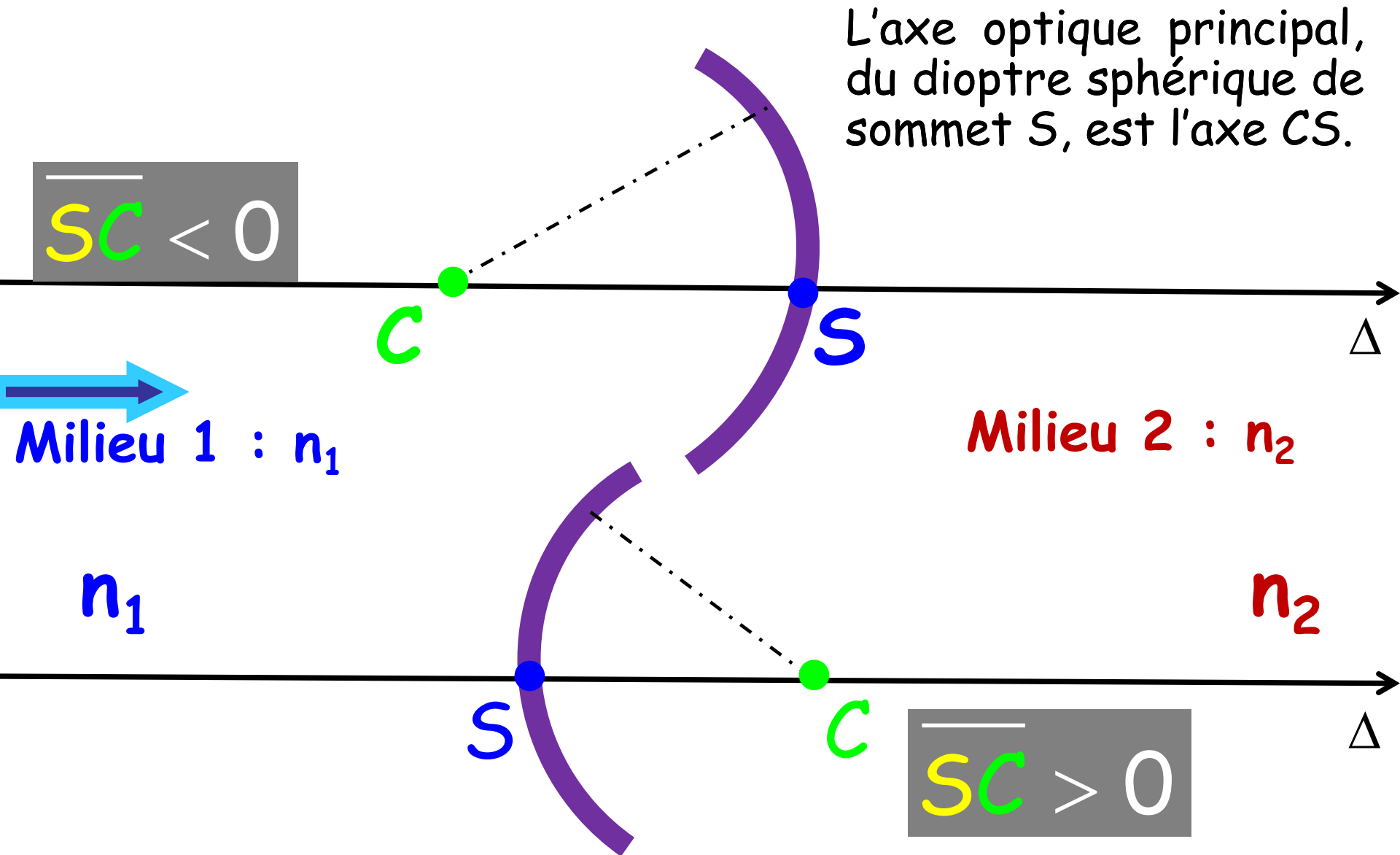
Dioptre plan

Milieu 2 d'indice
de réfraction n_2



4 configurations possibles

$n_1 > n_2$ ou $n_1 < n_2$



Relations de conjugaison

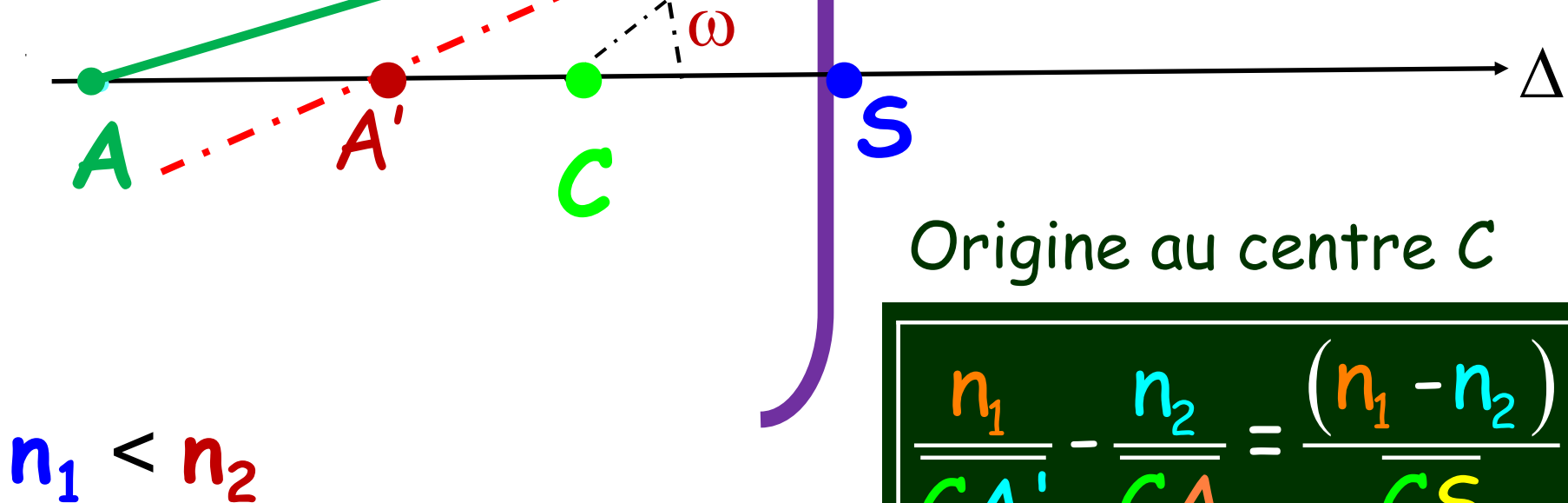
Établissons ces équations dans les conditions de **l'approximation de Gauss**. Autrement dit on ne considère qu'un pinceau lumineux dont le rayon moyen lui est normal, c'est-à-dire formé de rayons paraxiaux.

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



Origine au centre C

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

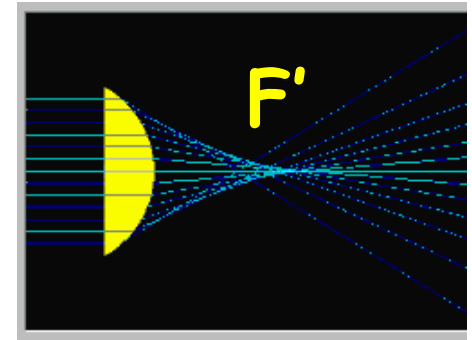
Foyers. Convergence

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.

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



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

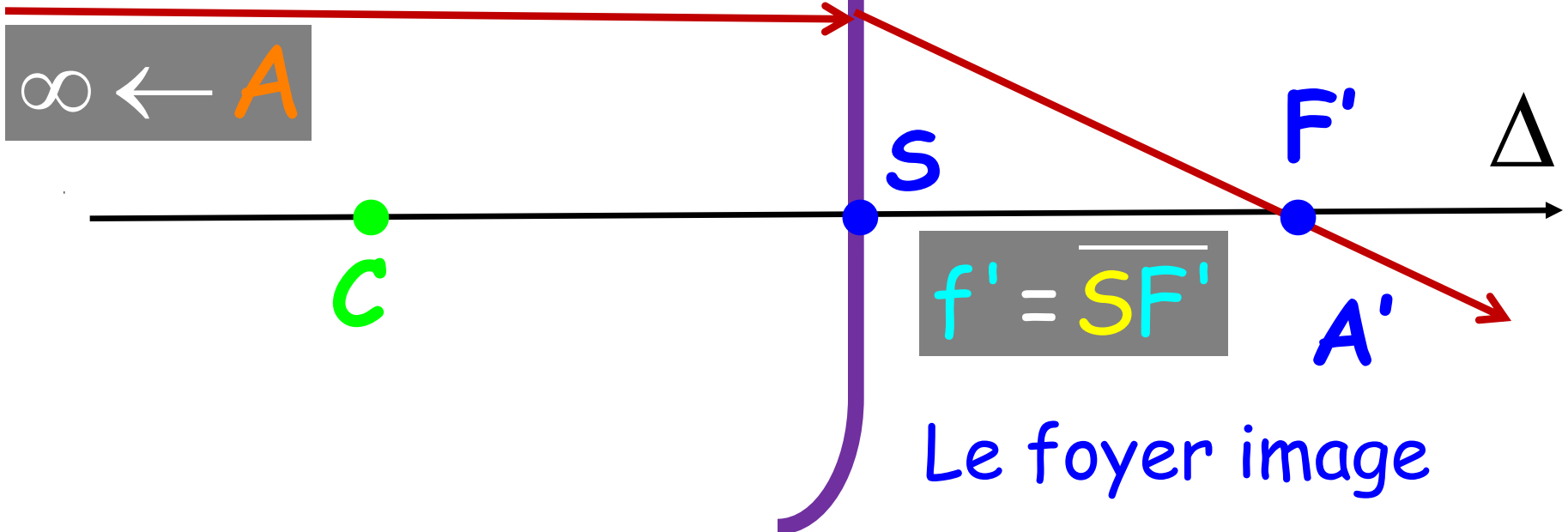
$$f' = SF' = \frac{-R \cdot n_2}{(n_1 - n_2)}$$

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



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 :

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

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

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

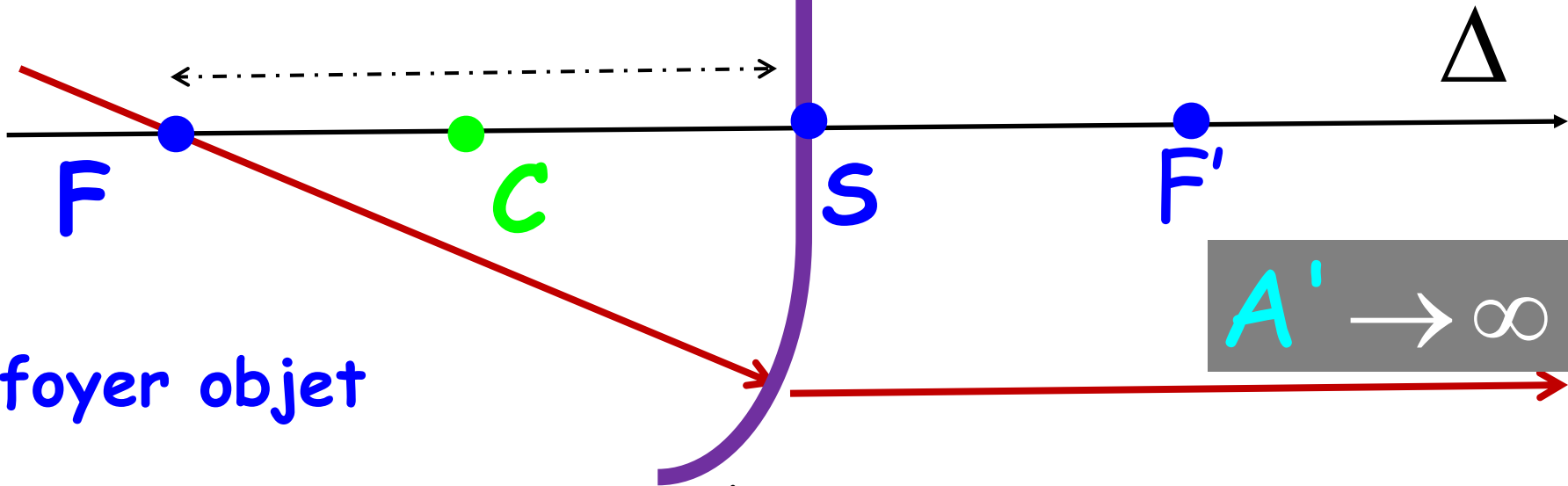
La distance focale objet du dioptre sphérique (S, C, n_1 , n_2).

$$n_1 < n_2$$

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

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

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

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

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

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

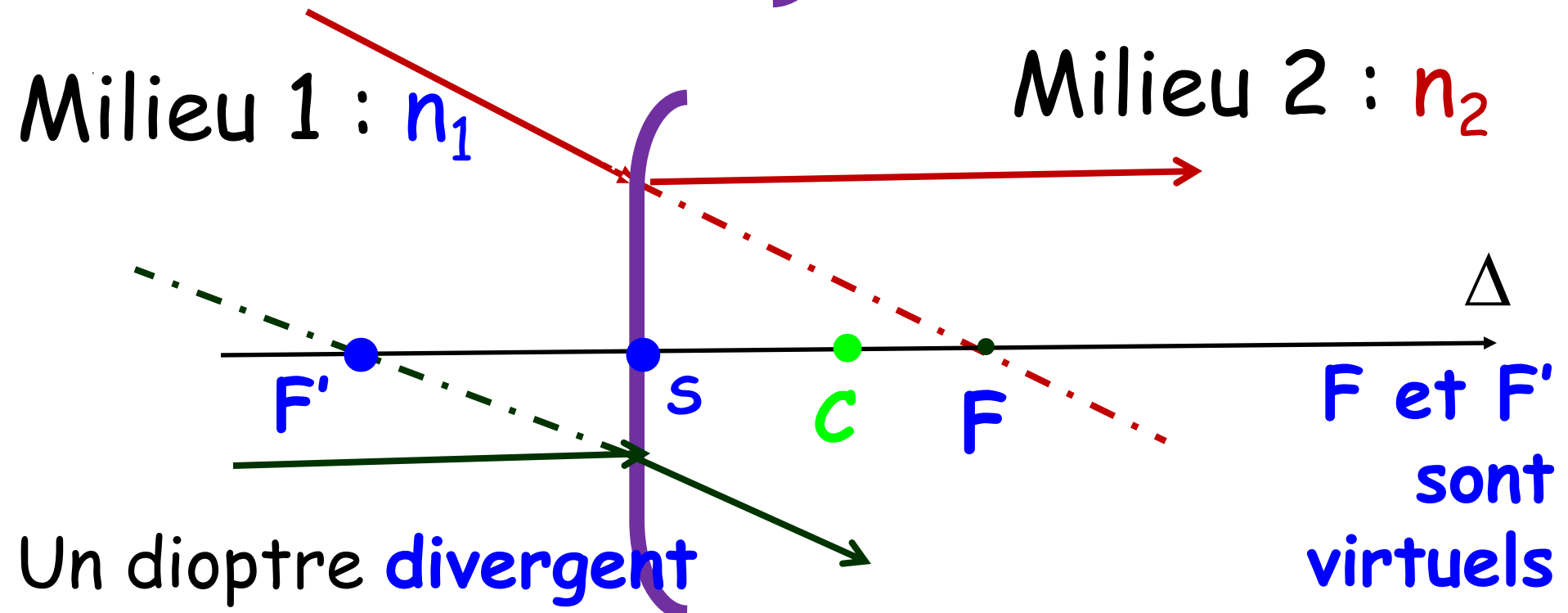
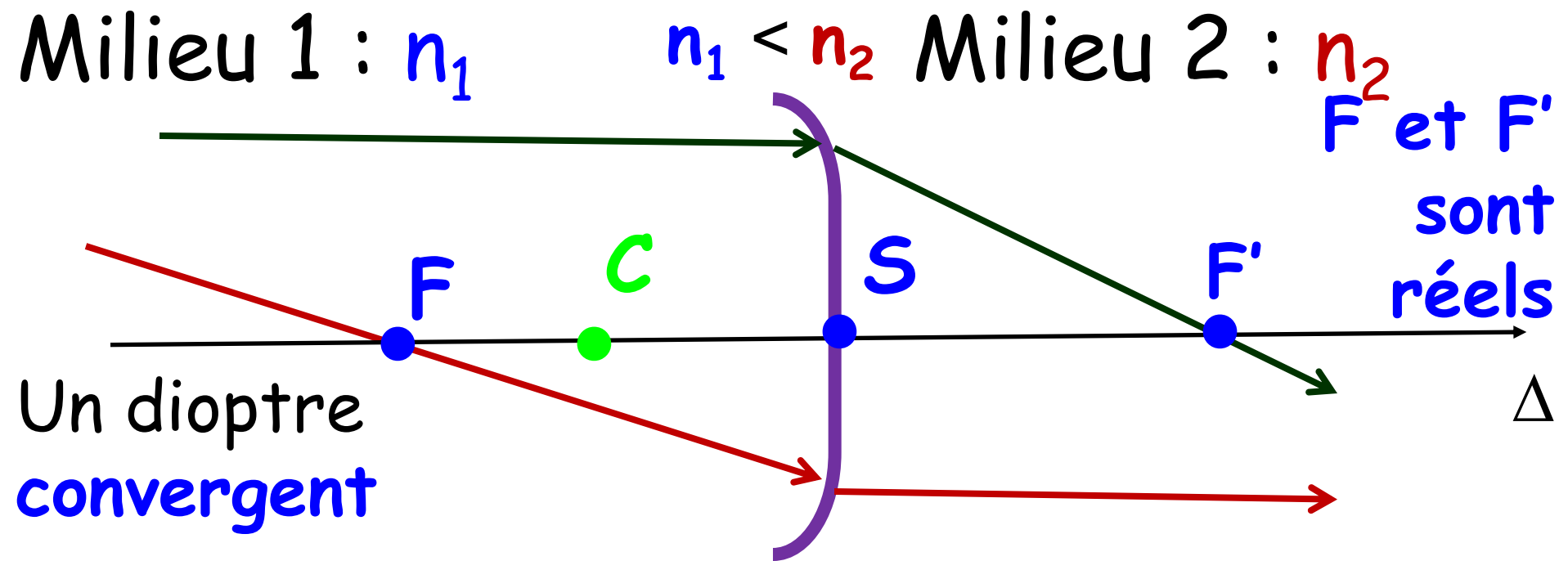
$$f = \overline{SF} = \frac{R \cdot n_1}{(n_1 - n_2)}$$

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

$\overline{SF}$ et $\overline{SF'}$ 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). .

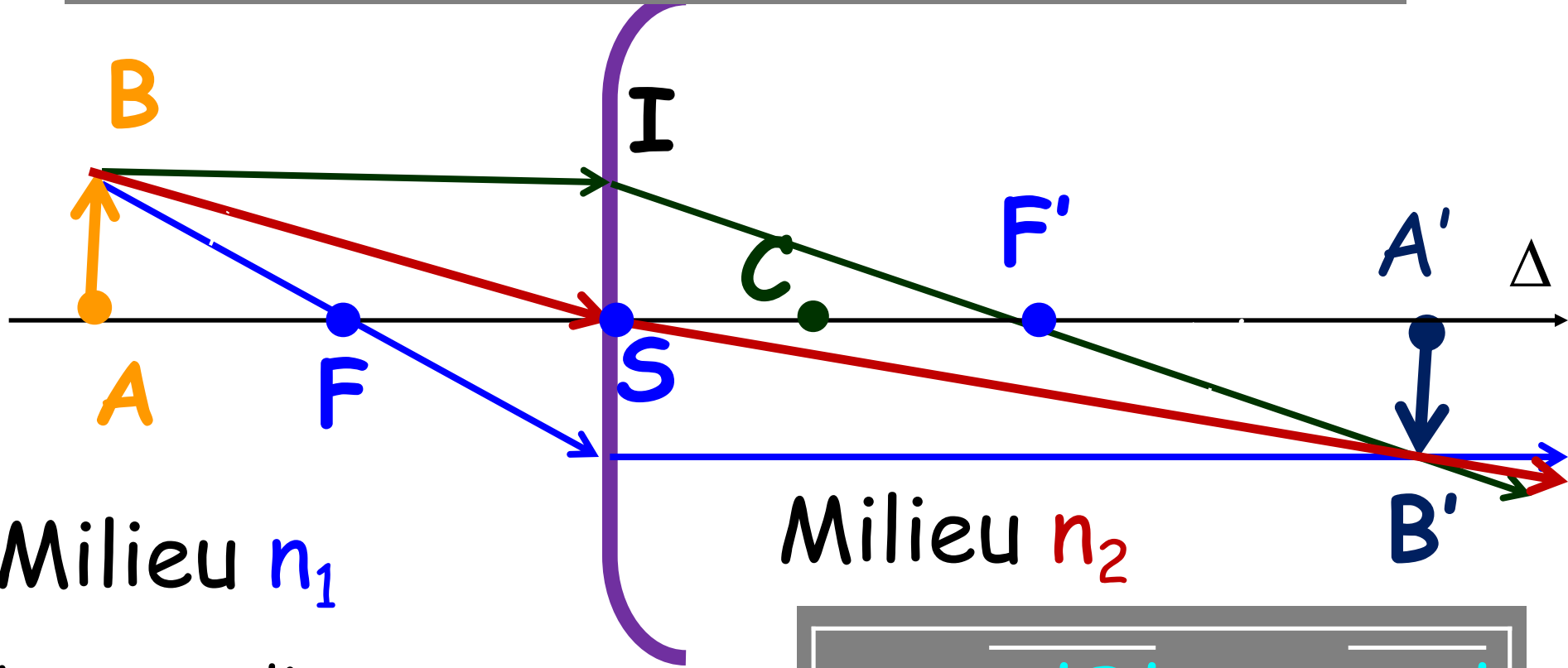
❖ Un dioptre sphérique est **convergent** si les deux **foyers F et F' sont réels** $\overline{SF'} > 0$ $V > 0$

❖ **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)

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

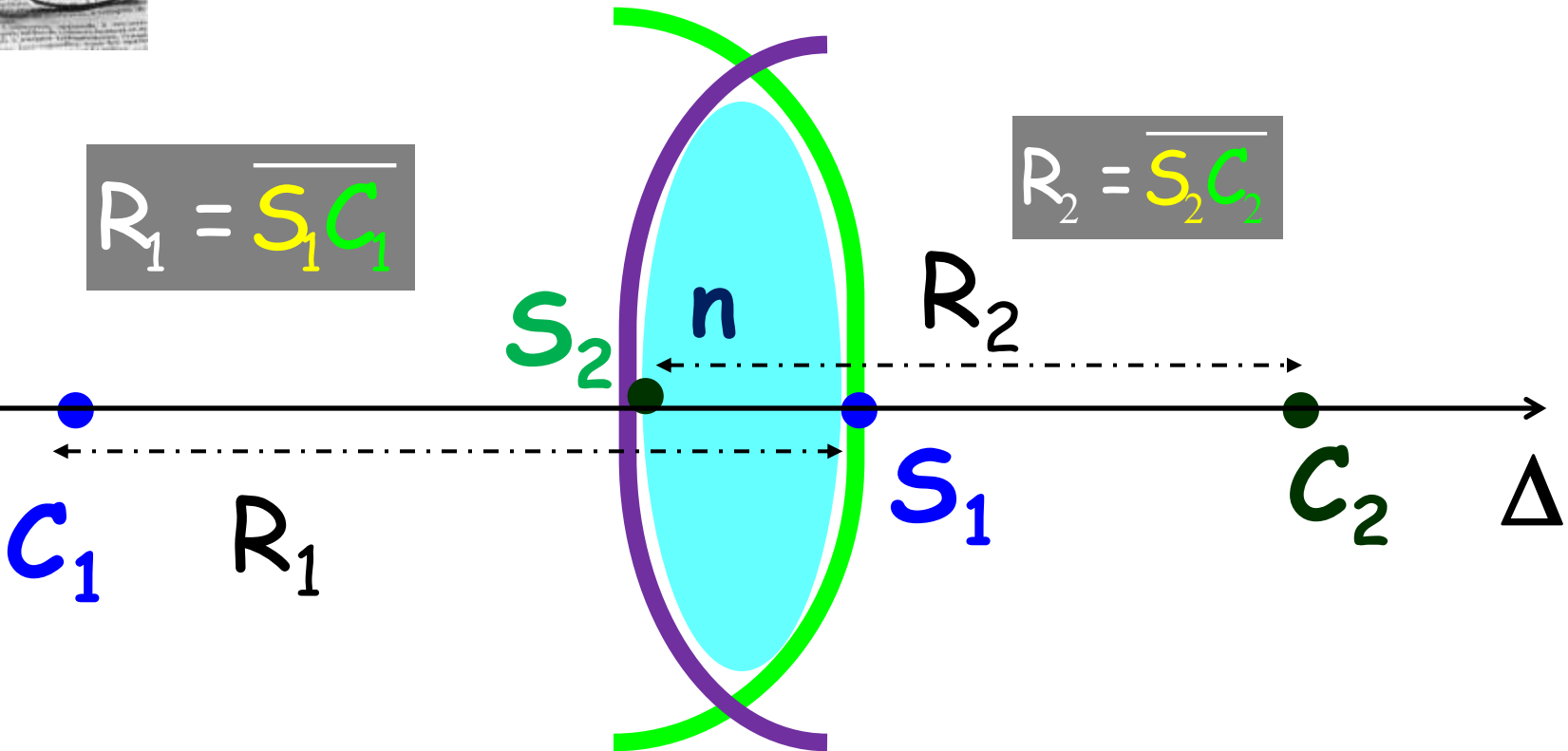
Lentilles



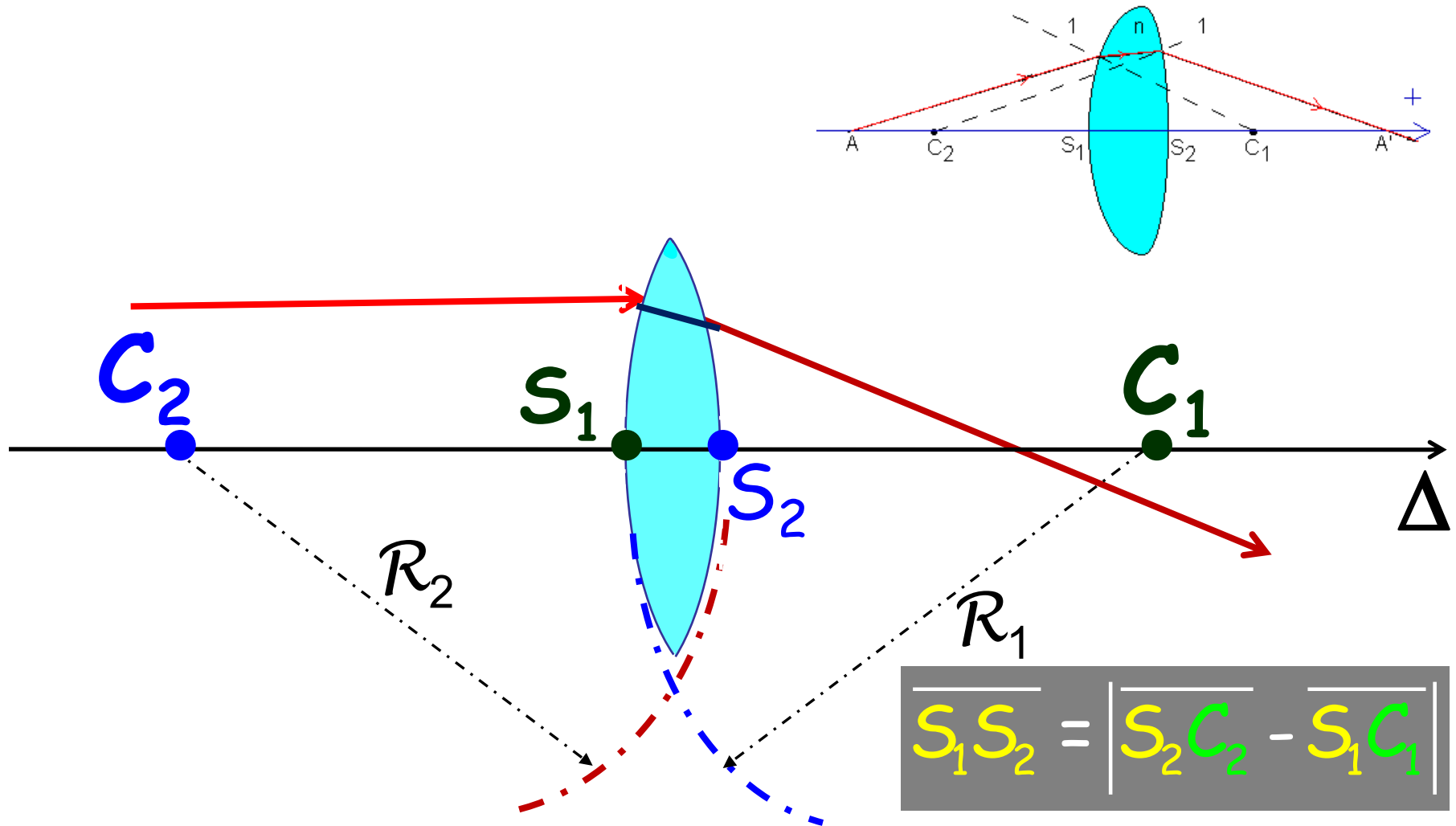
Définition : Une lentille est un milieu transparent limité par deux calottes sphériques, ou par une calotte sphérique et une plane.

$$R_1 = \overline{S_1 C_1}$$

$$R_2 = \overline{S_2 C_2}$$



La lentille idéale : surfaces sphériques



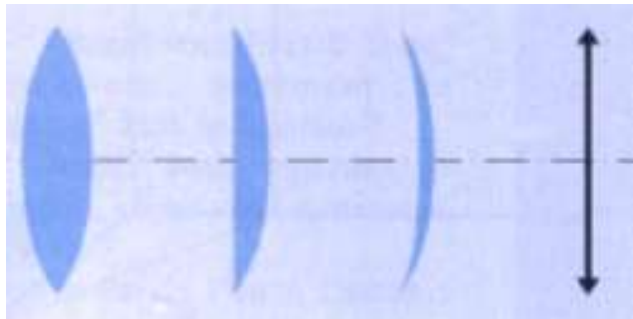
$$\overline{S_1 S_2} = \left| \overline{S_2 C_2} - \overline{S_1 C_1} \right|$$

lentille mince si :

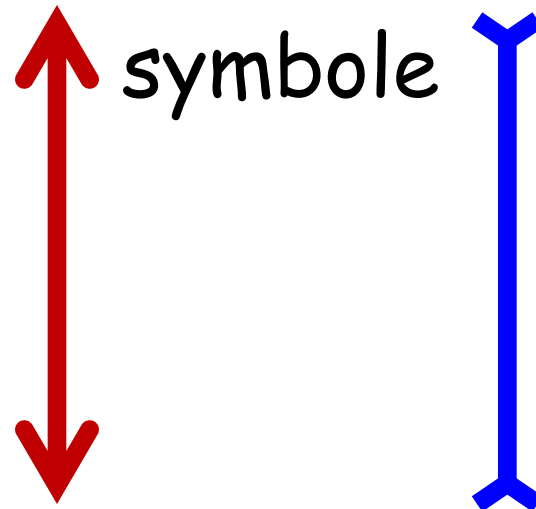
$$\overline{S_1 S_2} \ll \overline{S_1 C_1} \quad \overline{S_1 S_2} \approx \overline{S_2 C_2}$$

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

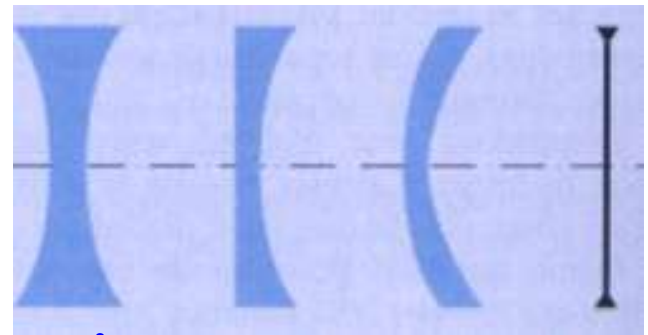
Par suite, nous représenterons schématiquement les lentilles à bords minces et à bords épais, respectivement **Convergente** et **Divergente**.



convergente



symbole

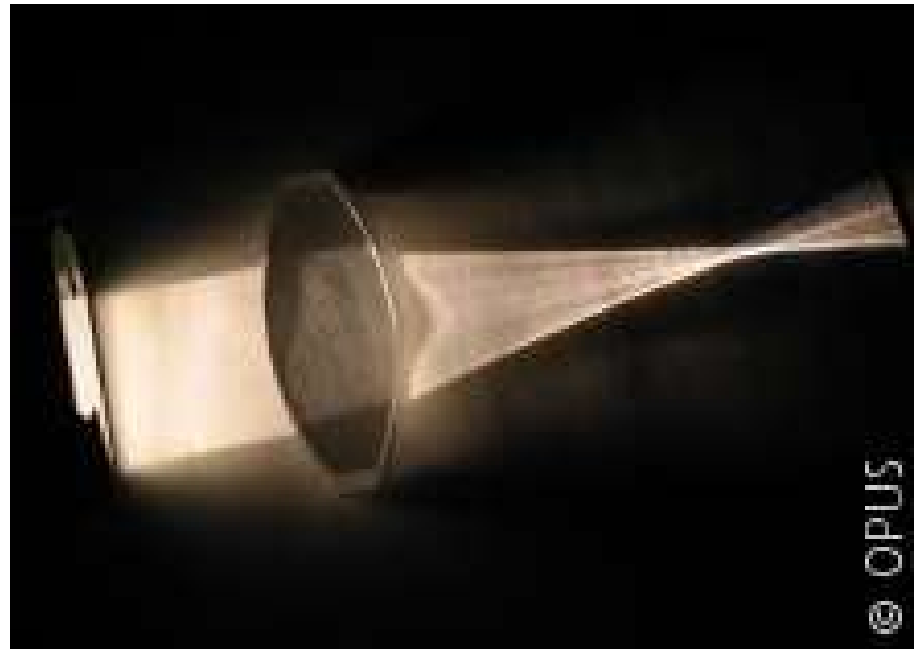


divergente

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 .

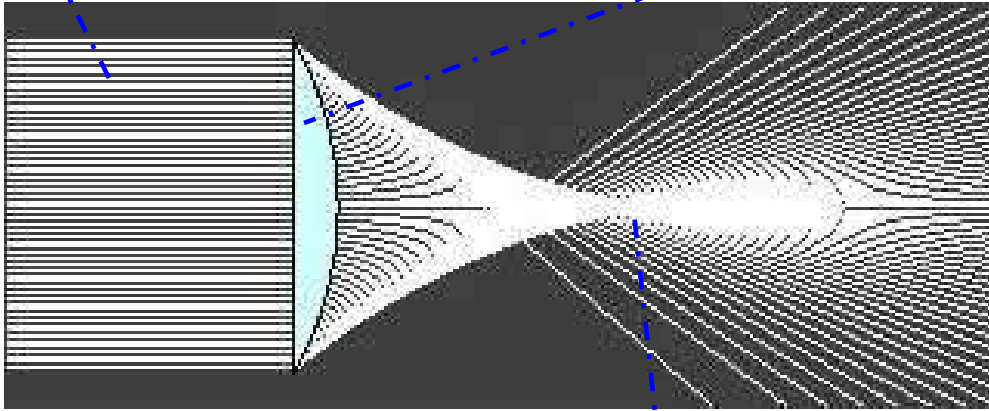
- Le premier est le **foyer principal objet** et le **second** est le **foyer principal image**.



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

Lentille convergente

Lumière parallèle

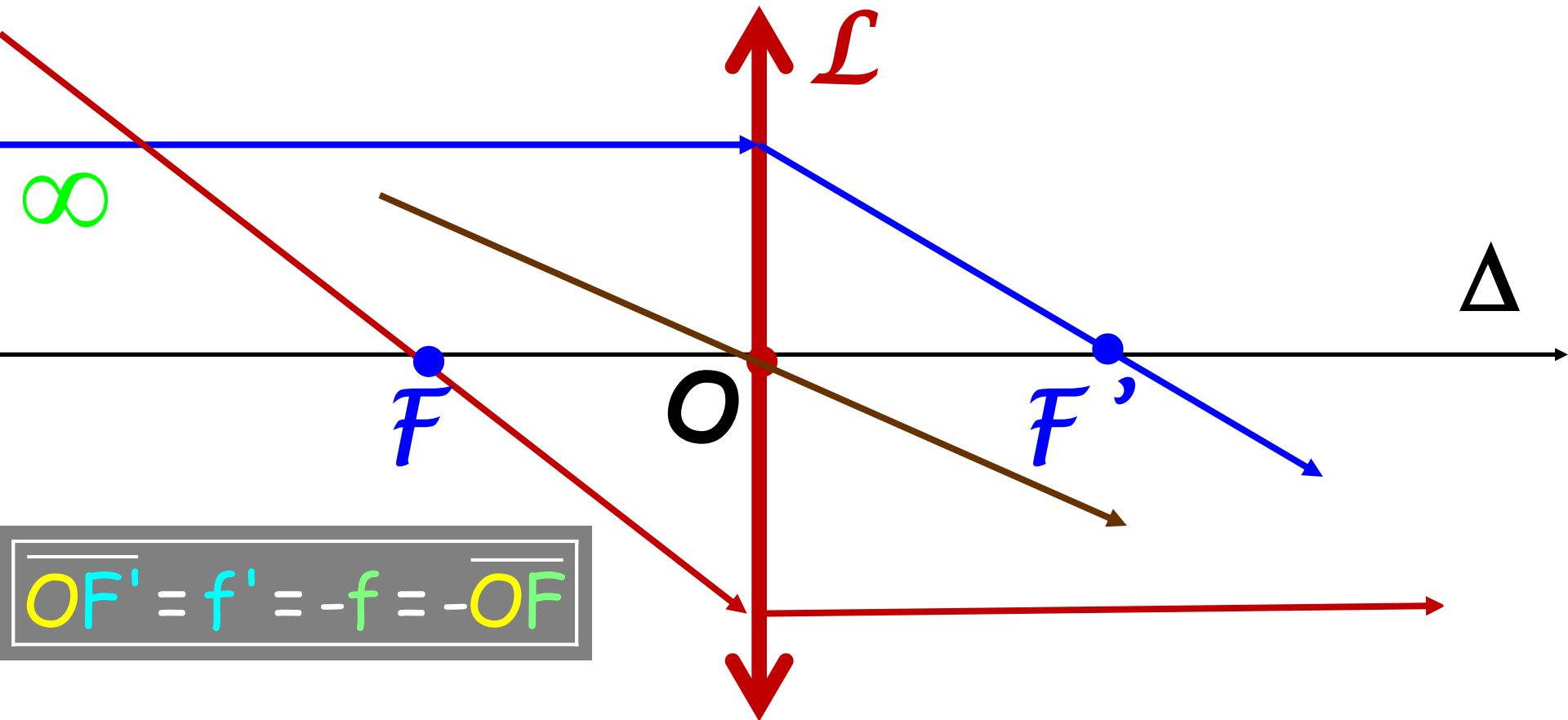


Foyer principal image

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

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

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



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

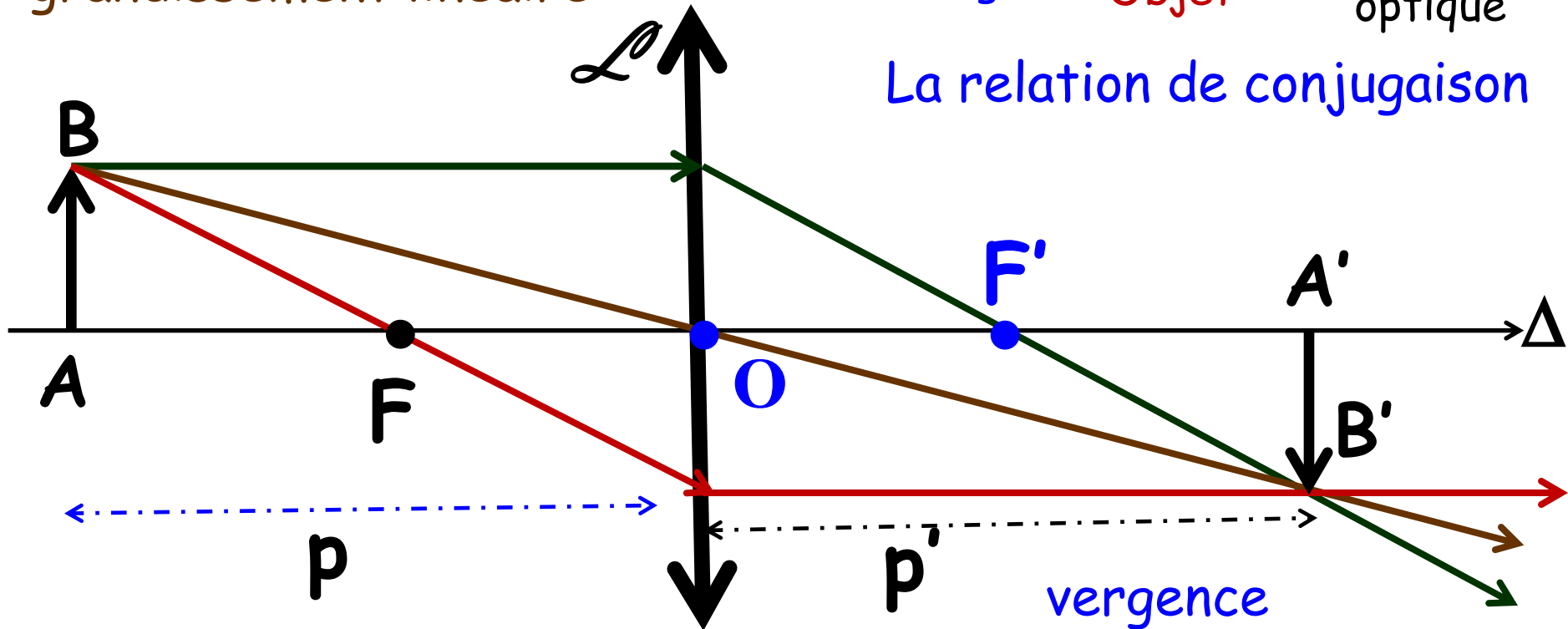
$$\gamma_t = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \Rightarrow \gamma_t = \frac{p'}{p}$$

grandissement linéaire

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

Image Objet = Instrument
optique

La relation de conjugaison



vergence

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

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

Lentille divergente :

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

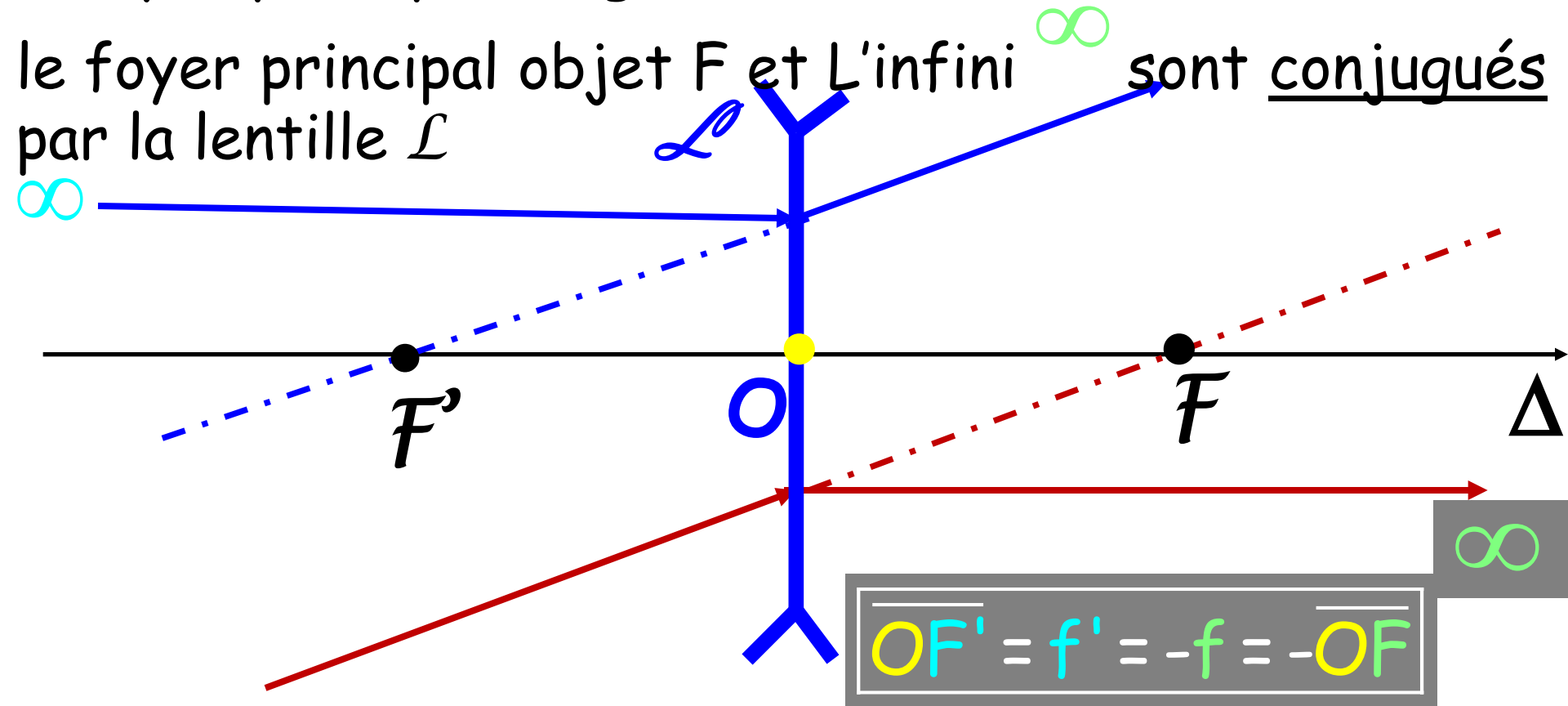
Le premier est le **foyer principal objet** et le second est le **foyer principal image**. Ce dernier est l'image d'un point situé à l'infini.



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 ∞ sont conjugués par la lentille $\mathcal{L}$

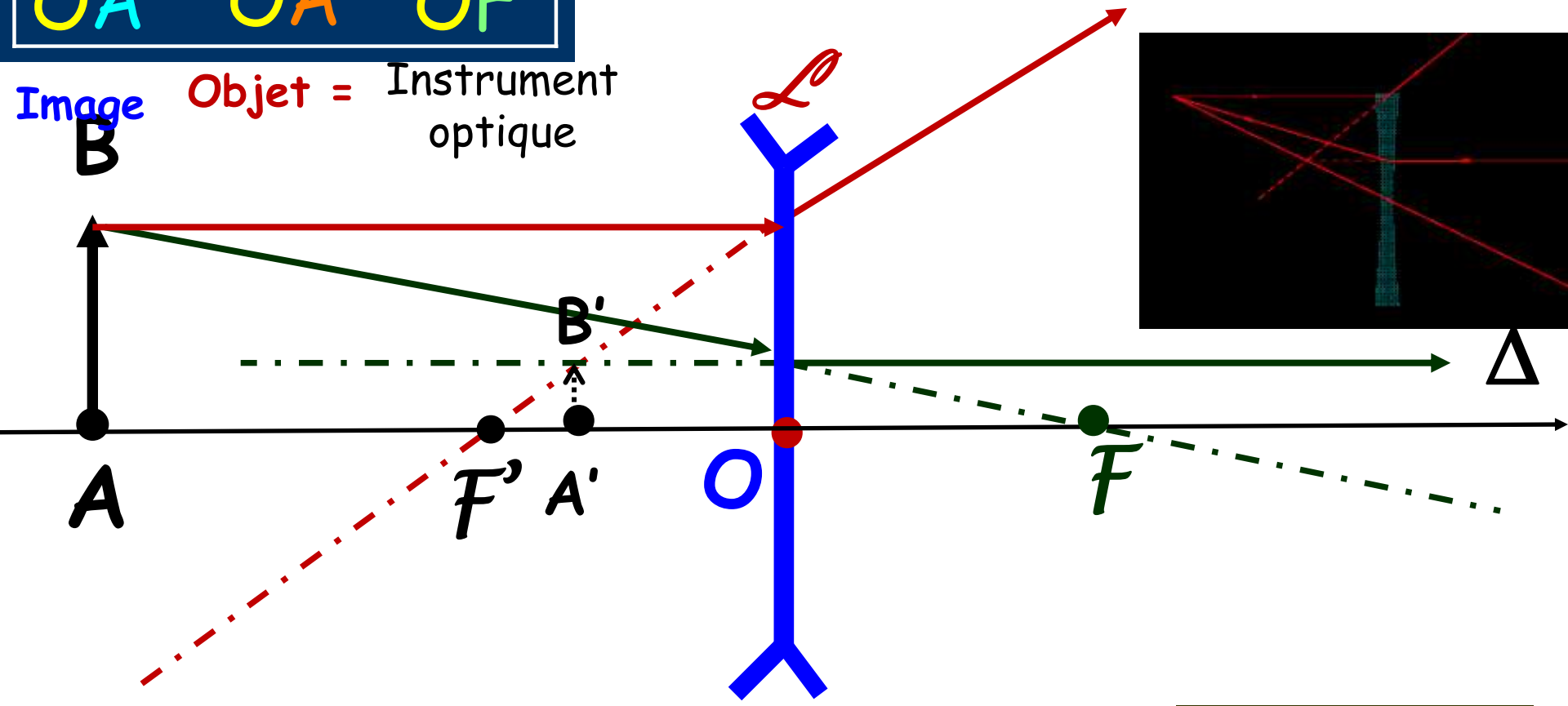


$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

La relation de conjugaison

AB : objet réel,
A'B' : image

Image Objet = Instrument
optique

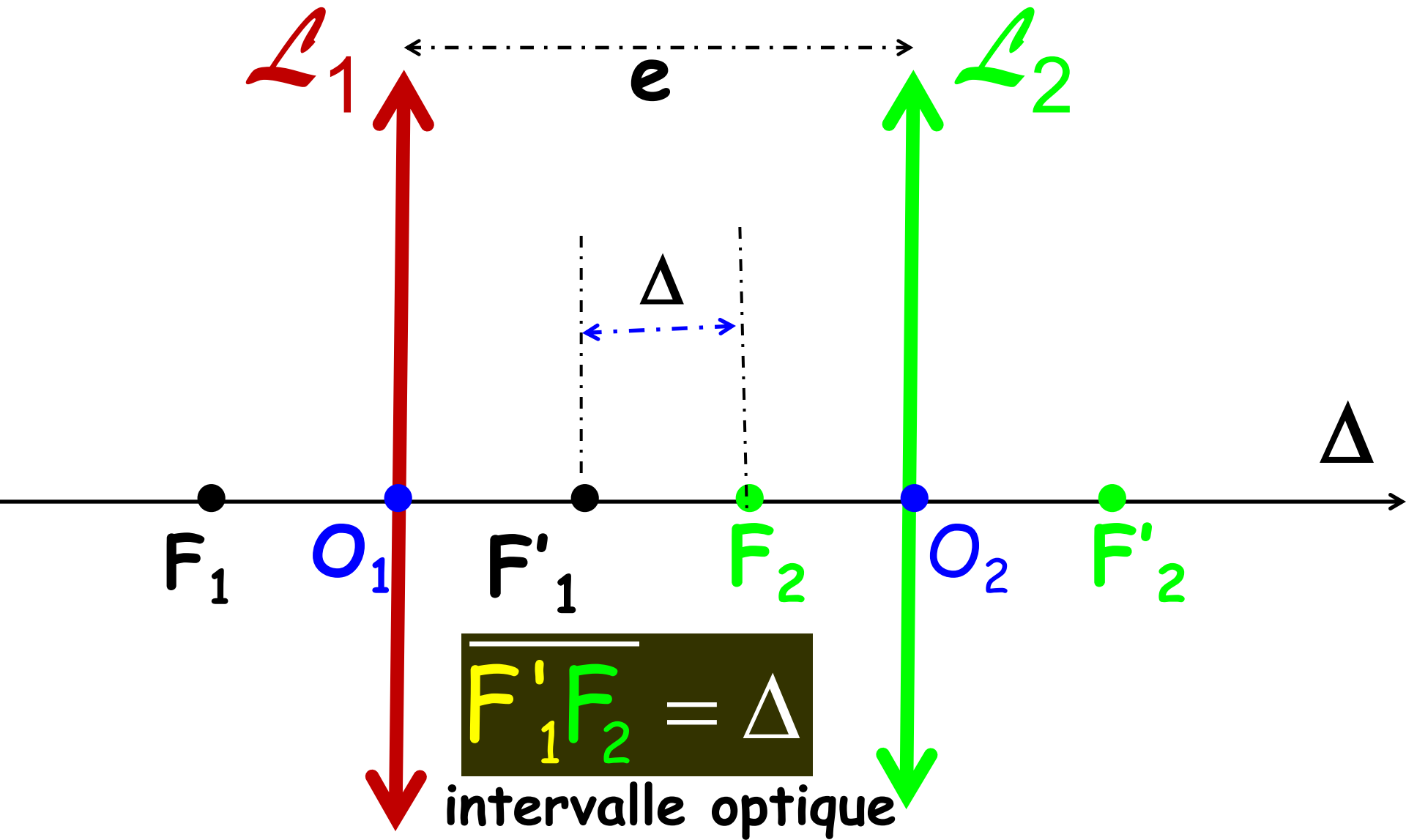


La vergence, exprimée dioptrie, d'une lentille mince est l'inverse de sa distance focale f'.

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

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

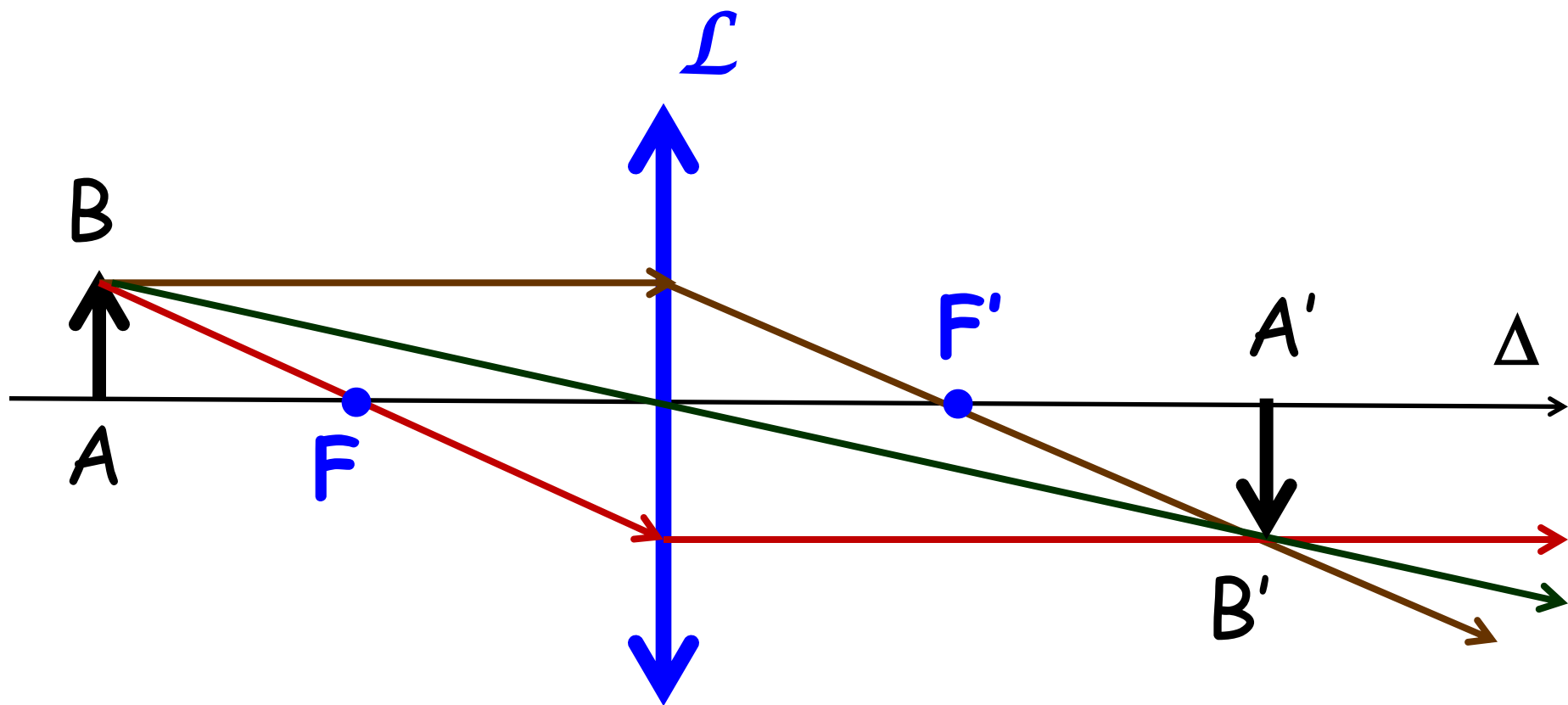
$$V_{\text{Doublet}} = V_1 + V_2 - e \cdot V_1 \cdot V_2$$

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

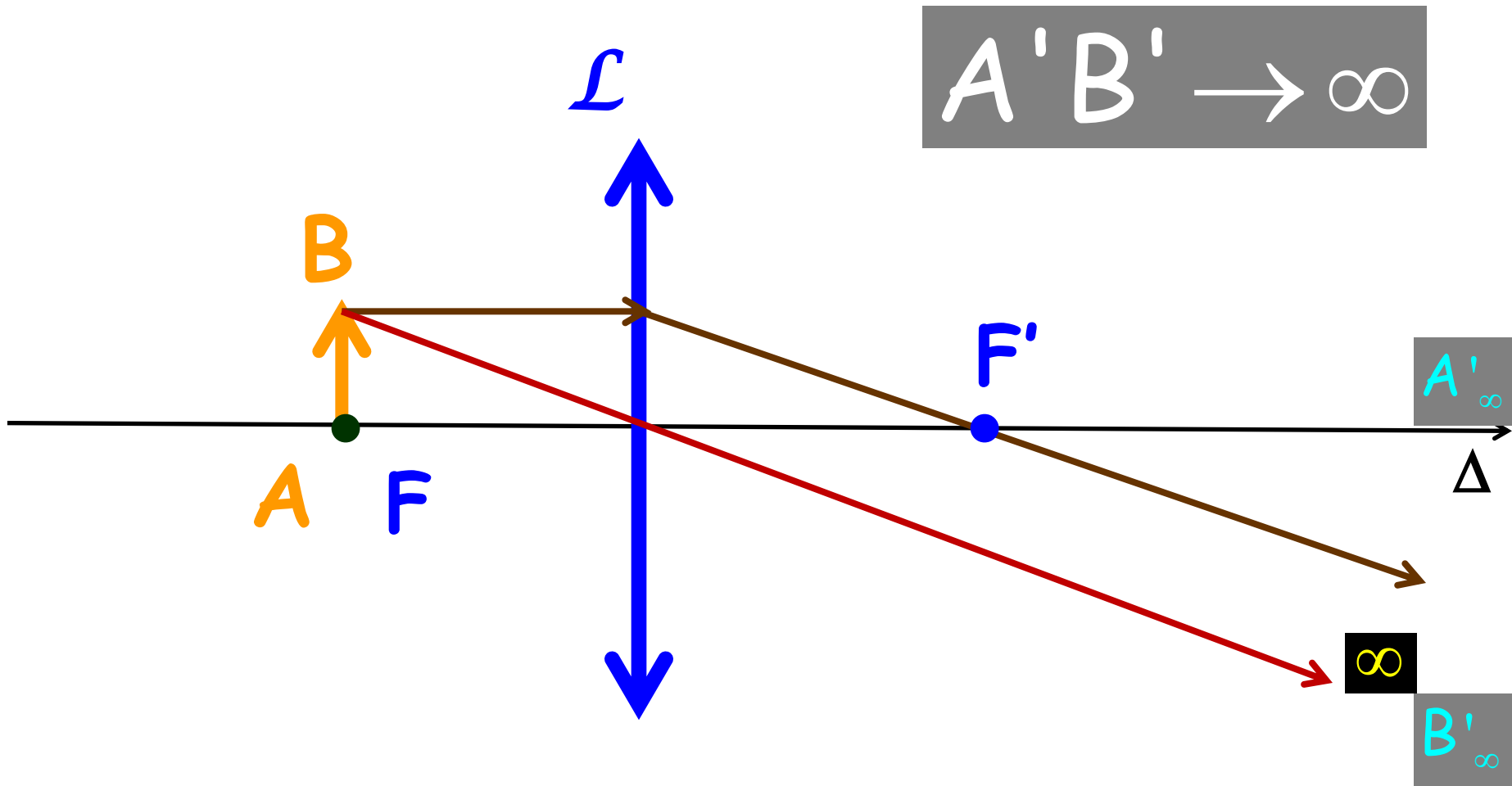
La distance focale d'une lentille équivalente $\mathcal{L}$

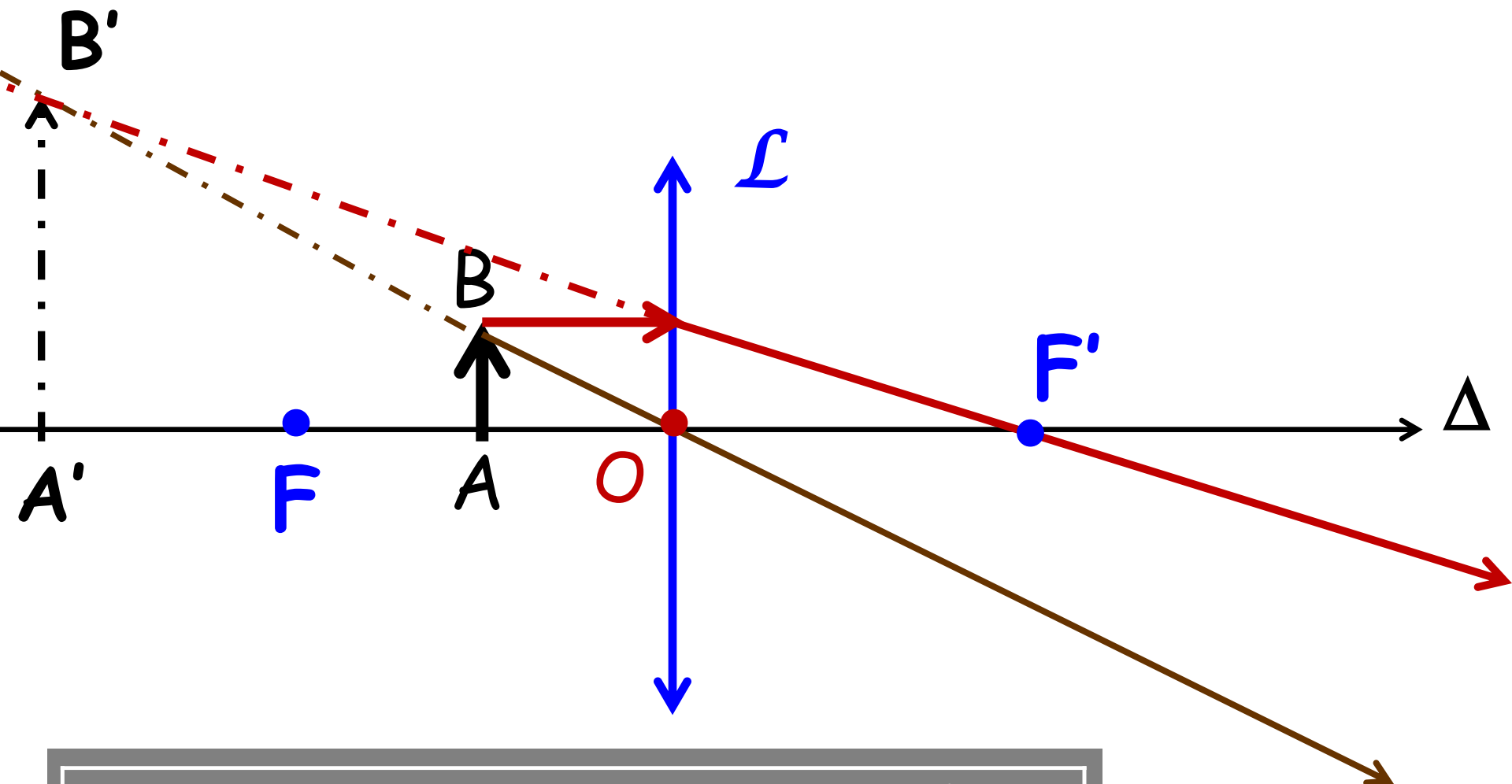
Dans le cas où les 2 lentilles sont accolées, $e = 0$, alors la vergence :

$$V = V_1 + V_2$$



$$-\infty < A < F \quad \text{alors} \quad F' < A' < +\infty$$





$$F < A < O \quad \text{alors} \quad -\infty < A' < F$$

Fin...

