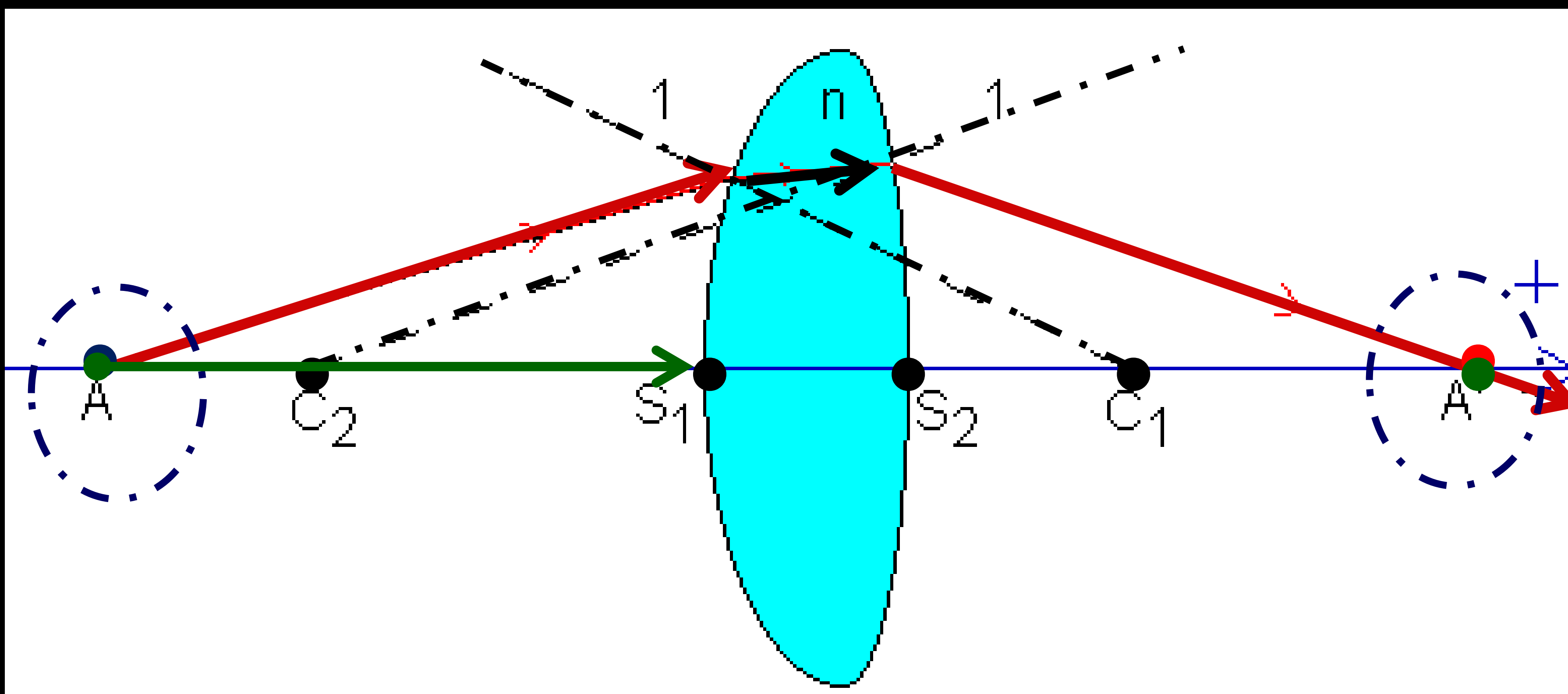
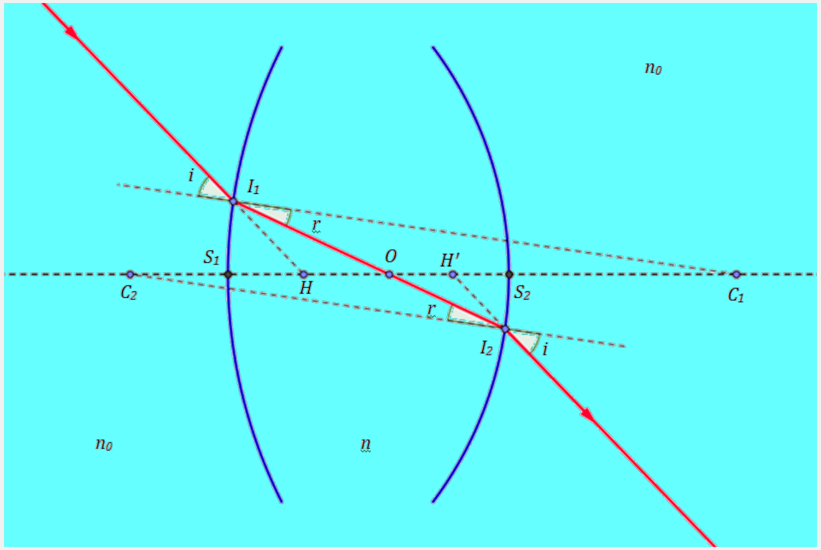
Une **lentille épaisse** est une succession de **deux dioptres sphériques** (S_1, C_1) et (S_2, C_2)

A et A' sont conjugués

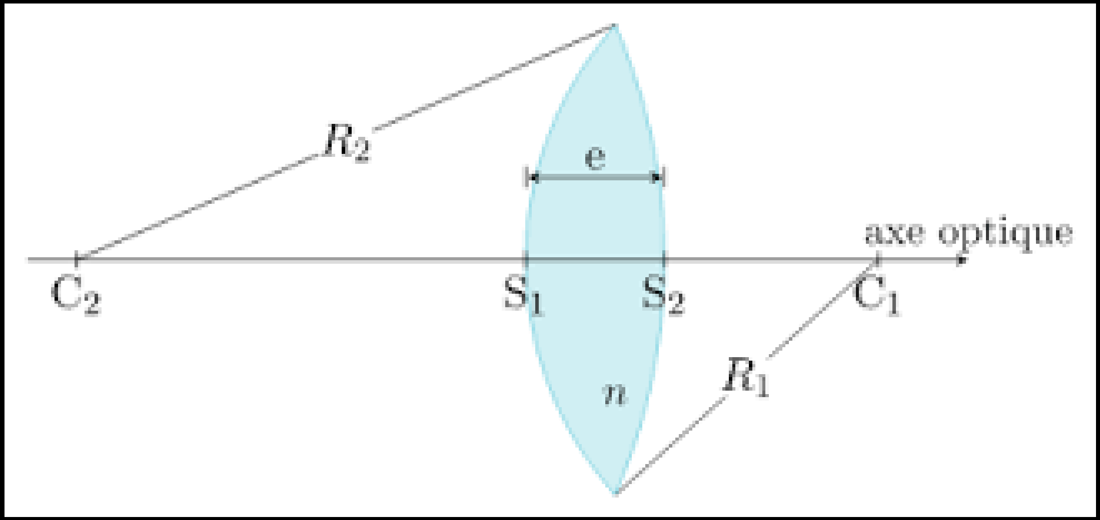


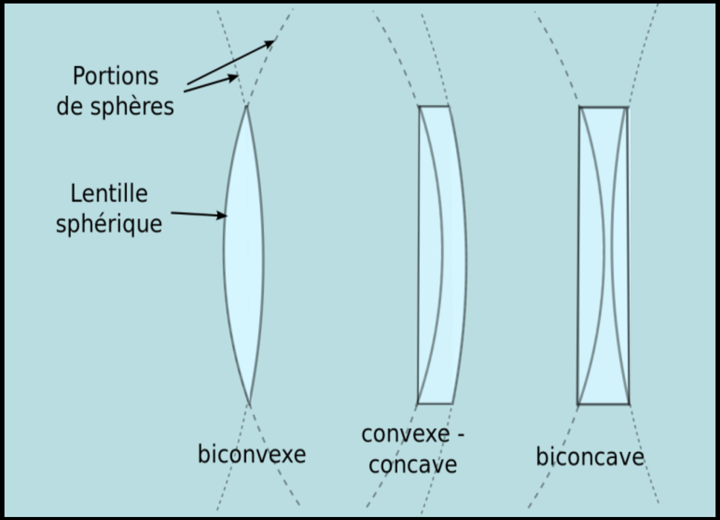
Une **lentille épaisse** est une lentille dont **l'épaisseur n'est pas négligeable** devant **les rayons de courbure de ses faces**, c'est-à-dire qu'on ne peut pas la considérer comme une **lentille mince**. La prise en compte de l'épaisseur dans les calculs nécessite d'utiliser les systèmes centrés. Les **foyers objet et image** sont notamment définis à partir des **plans principaux**.

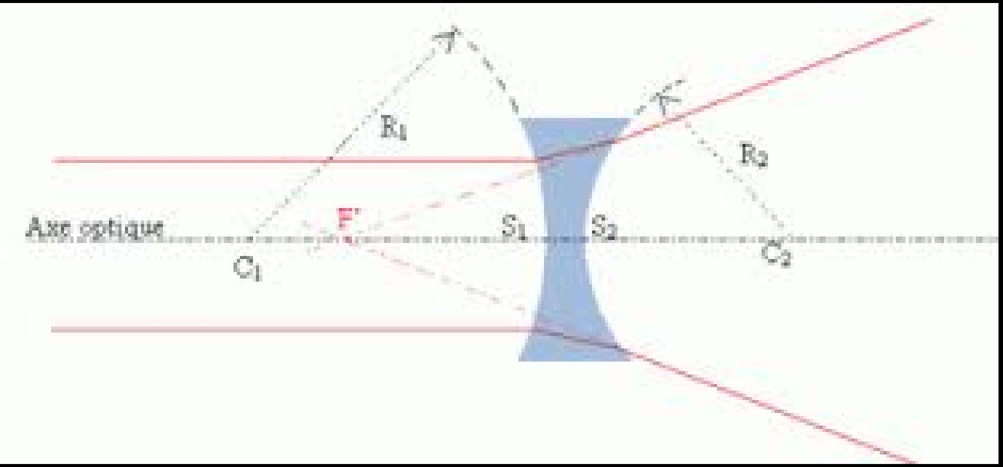
$$S_1 \neq S_2 \neq S$$

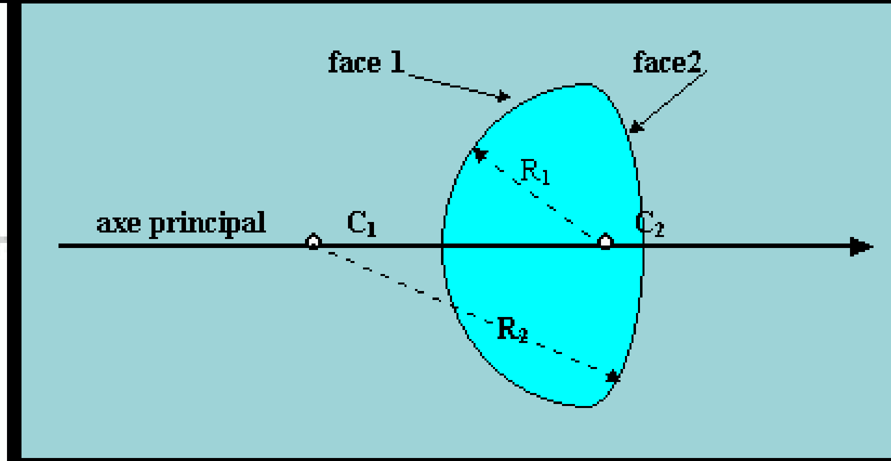


lentille épaisse









Voit TD série n°2

Pour obtenir la **position de l'image** **A'** d'un objet **A** situé sur **l'axe optique** de la lentille, on peut aussi appliquer **2 fois la formule de conjugaison des dioptres sphériques** en considérant l'image intermédiaire **A_1** que le premier dioptre donne de **A** (**A_1** appartient au milieu d'indice **n**)

$$A \xrightarrow[(S_1, C_1, 1, n)]{\text{DioptreSphérique}} A_1 \xrightarrow[(S_2, C_2, n, 1)]{\text{DioptreSphérique}} A'$$

Relation de conjugaison ???

$$S_1 = S_2 = S$$

$$A \xrightarrow[(S_1, C_1, 1, n)]{\text{DioptreSphérique}} A_1 \xrightarrow[(S_2, C_2, n, 1)]{\text{DioptreSphérique}} A'$$

$$\boxed{\frac{1}{\overline{SA}} - \cancel{\frac{n}{\overline{SA_1}}} = \frac{(1-n)}{\overline{SC_1}}}$$

$$\mathbf{S_1 = S_2 = S}$$

$$\boxed{\cancel{\frac{n}{\overline{SA_1}}} - \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{(n-1)}{\overline{SC_2}}}$$

$$\mathbf{S_1 = S_2 = S}$$

$$\frac{1}{\overline{SA}} - \frac{1}{\overline{SA'}} = (n-1) \cdot \left(\frac{1}{\overline{SC_2}} - \frac{1}{\overline{SC_1}} \right)$$

$$\times(-)\quad \frac{1}{\overline{SA}}-\frac{1}{\overline{SA'}}=(n-1).\left(\frac{1}{\overline{SC_2}}-\frac{1}{\overline{SC_1}}\right)$$

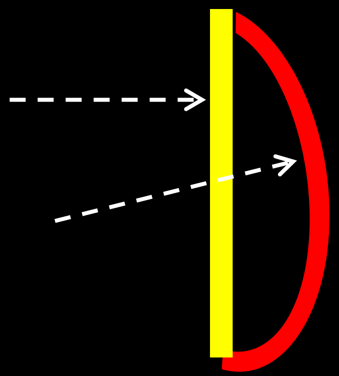
d'où

$$\frac{1}{\overline{SA'}}-\frac{1}{\overline{SA}}=(n-1).\left(\frac{1}{\overline{SC_1}}-\frac{1}{\overline{SC_2}}\right)$$

Vergence V d'une lentille (n, R_1, R_2)

$$\boxed{V=(n-1).\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)}$$

$$\boxed{V = (n-1).\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)}$$



R_1, **R_2** et **f '** en **mètre**, et **V** en dioptrie.

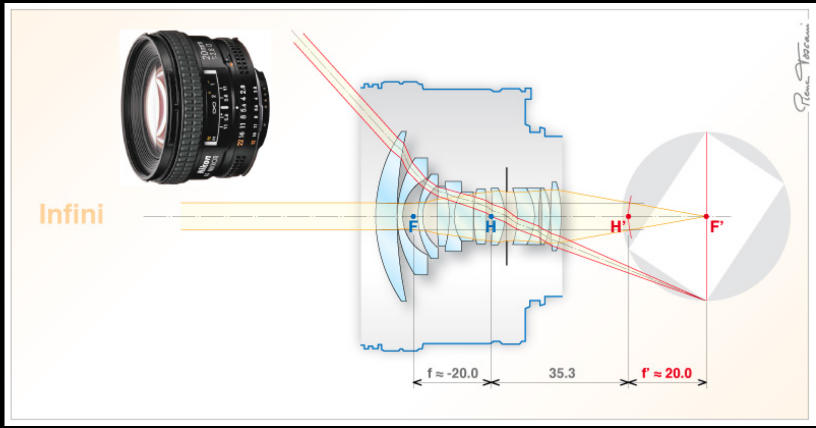
Dans le cas où une lentille possède **une face plane**, **R_2**$\rightarrow \infty$ on aura alors :

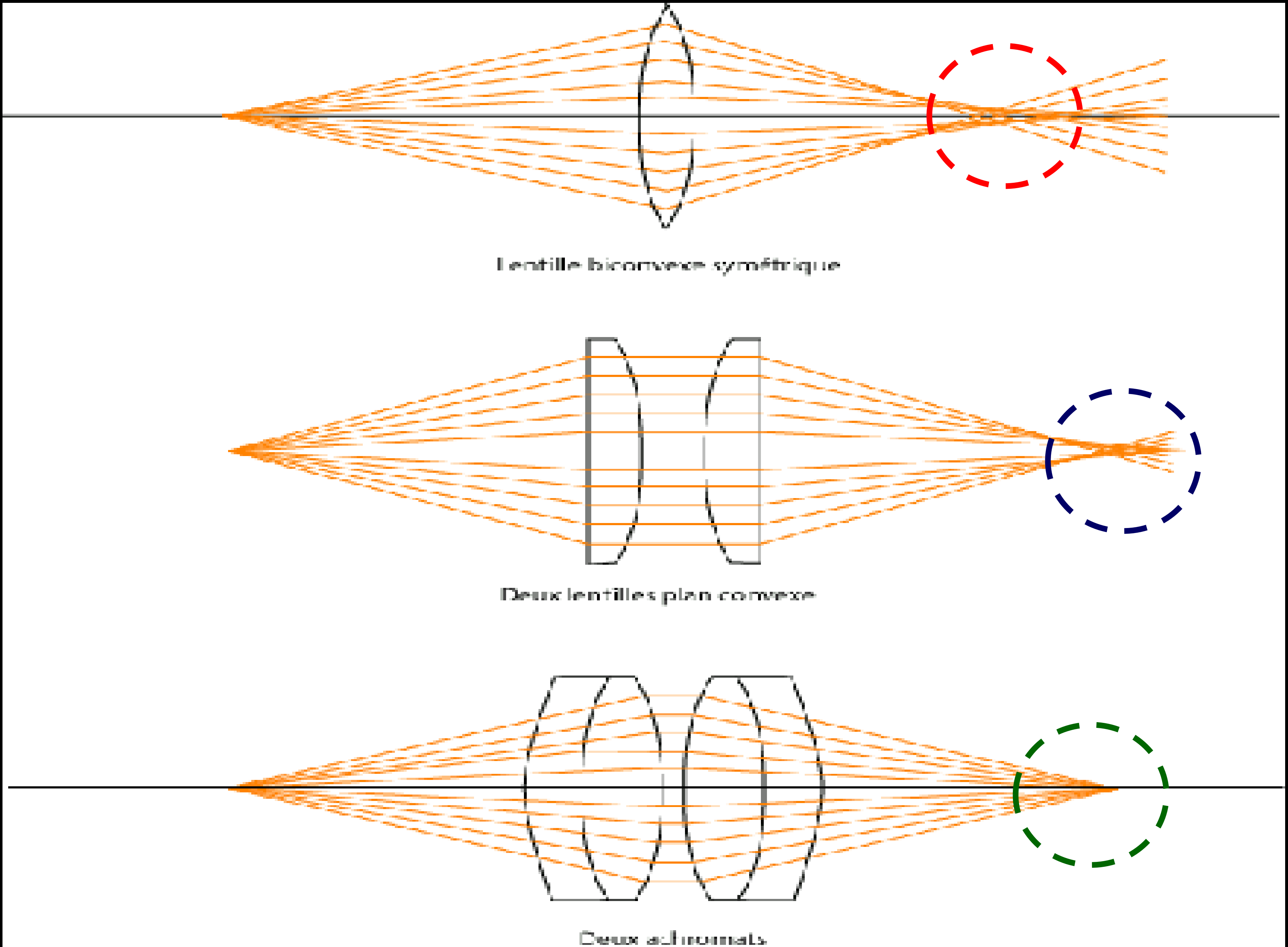
$$R_2 = \infty, \quad \frac{1}{R_2} = 0 \qquad \text{d'où :} \quad \boxed{V = \frac{n-1}{R_1}}$$

Association de Lentilles

Association de lentilles

Pour **améliorer** la qualité des images fournies par une lentille et réaliser une **correction satisfaisante** de **ses défauts**, on est le plus souvent conduit à **l'associer à une ou plusieurs autres lentilles.**


Lentille biconvexe symétrique
Deux lentilles plan convexe
Deux achromats

Théorème des vergences

Un système de **plusieurs lentilles minces** $\mathcal{L}_1(O_1,f'_1,V_1)$, $\mathcal{L}_2(O_2,f'_2,V_2)$, … $\mathcal{L}_n(O_n,f'_n,V_n)$ **accolées** est équivalent à **une lentille mince** $\mathcal{L}(O,f',V)$ unique de même **centre optique O** et de **vergence** égale à **la somme algébrique** des vergences des **lentilles accolées** :

$$\mathbf{V} = \mathbf{V_1} + \mathbf{V_2} + \mathbf{V_3} + \mathbf{V_4} + \ldots + \mathbf{V_{n-1}} + \mathbf{V_n}$$

Cas de deux lentilles :

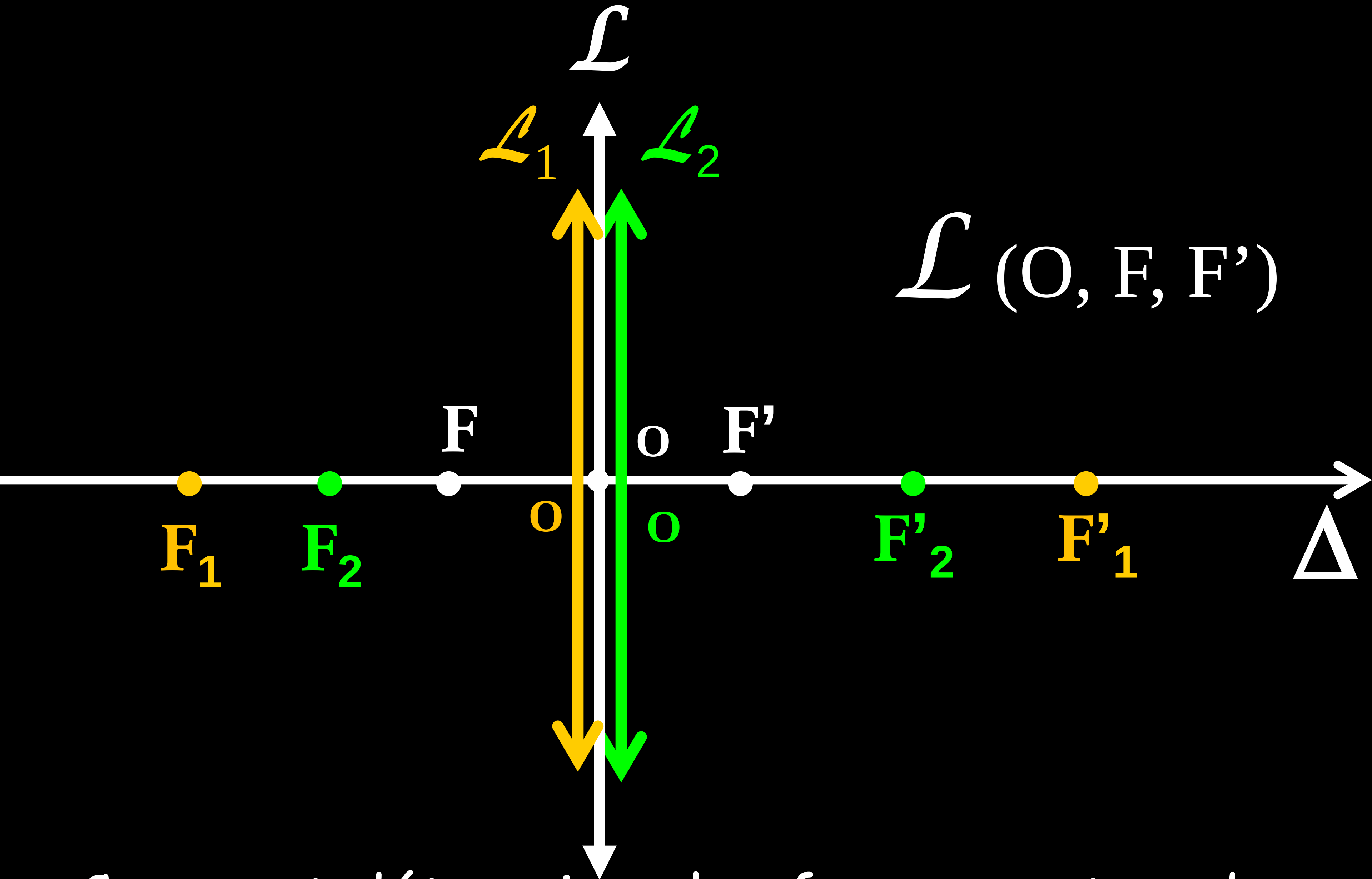
Considérons le cas simple de **deux lentilles convergentes minces**, leurs centres optiques sont confondus en O.

La vergence $\mathbf{V} = \mathbf{1} / \mathbf{f'}$ de la lentille résultante, s'écrit comme suit :

$$\mathbf{V} = \mathbf{V}_1 + \mathbf{V}_2$$

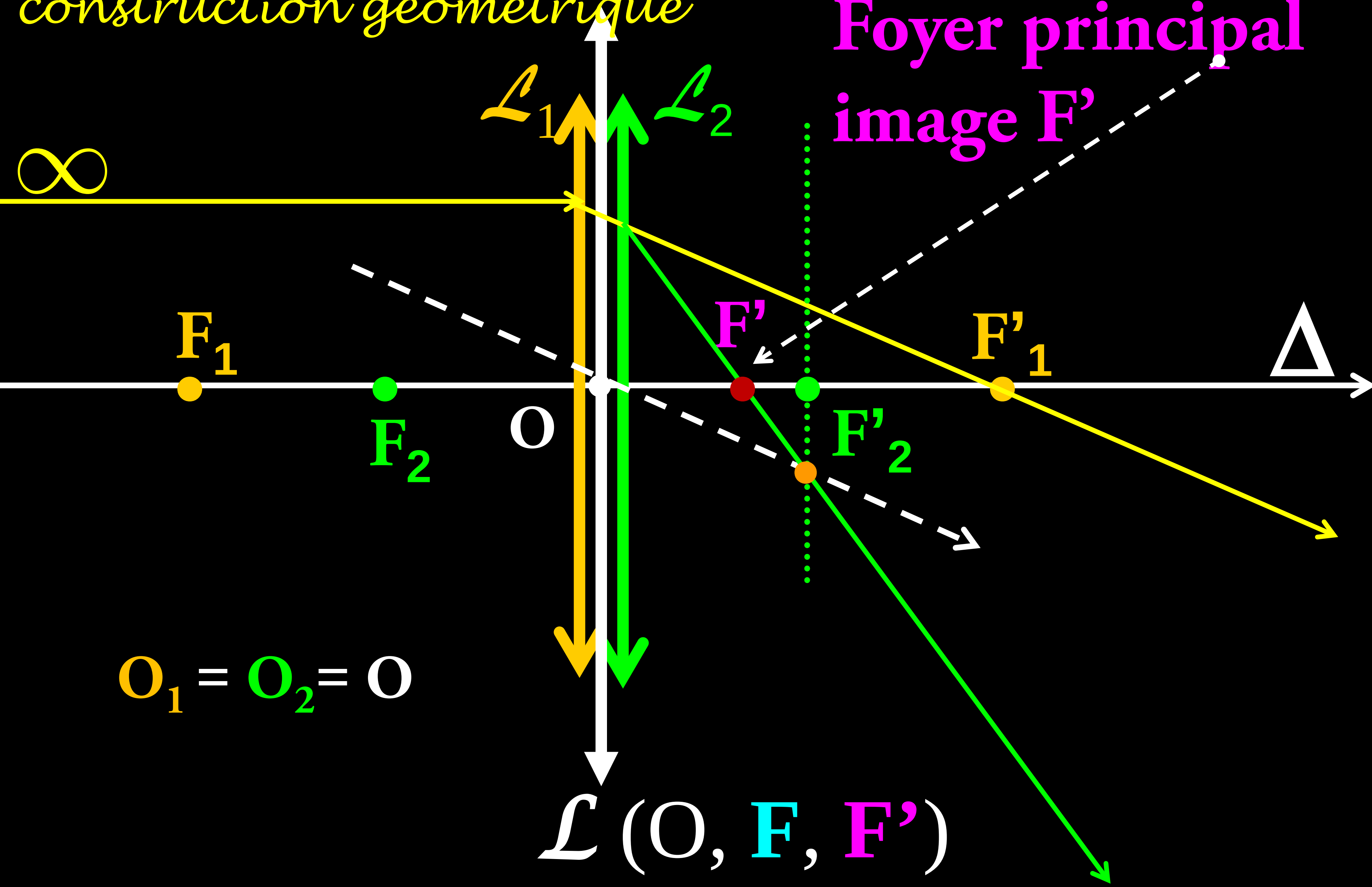
Un système de deux lentilles minces $\mathcal{L}_1(O_1,f'_1,V_1)$ et $\mathcal{L}_2(O_2,f'_2,V_2)$ accolées est équivalent à une lentille mince $\mathcal{L}(O,f',V)$ unique de même centre optique O et de vergence égale à la somme algébrique des vergences des lentilles accolées : $V = V_1 + V_2$

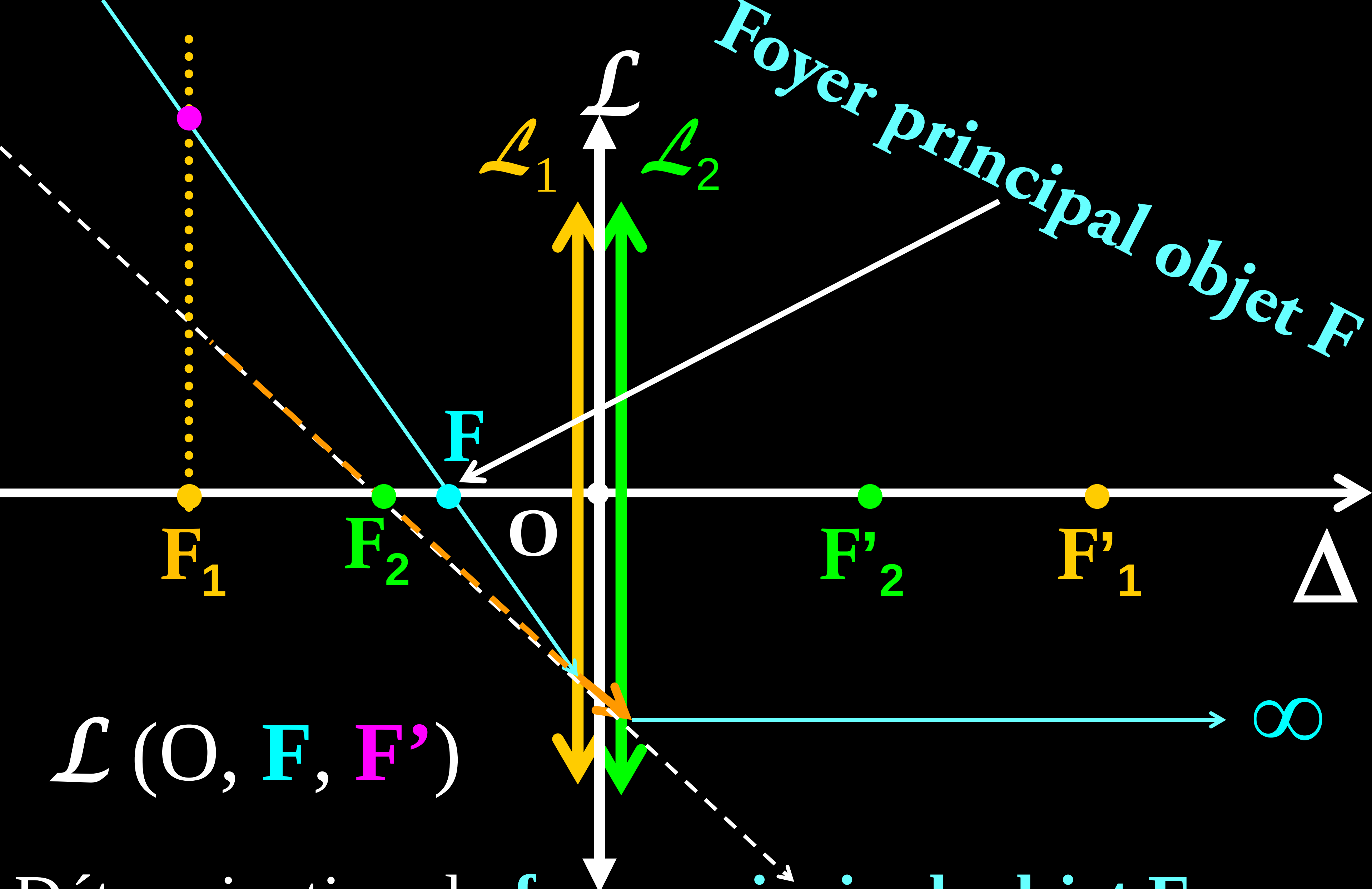
$1/f' = 1/f'_1 + 1/f'_2 \longrightarrow f' = (f'_1 . f'_2)/(f'_1 + f'_2)$



Comment déterminer les foyers **F** et **F'** de cette lentille équivalente $\mathcal{L}$?

Détermination du foyer image principal F' par construction géométrique



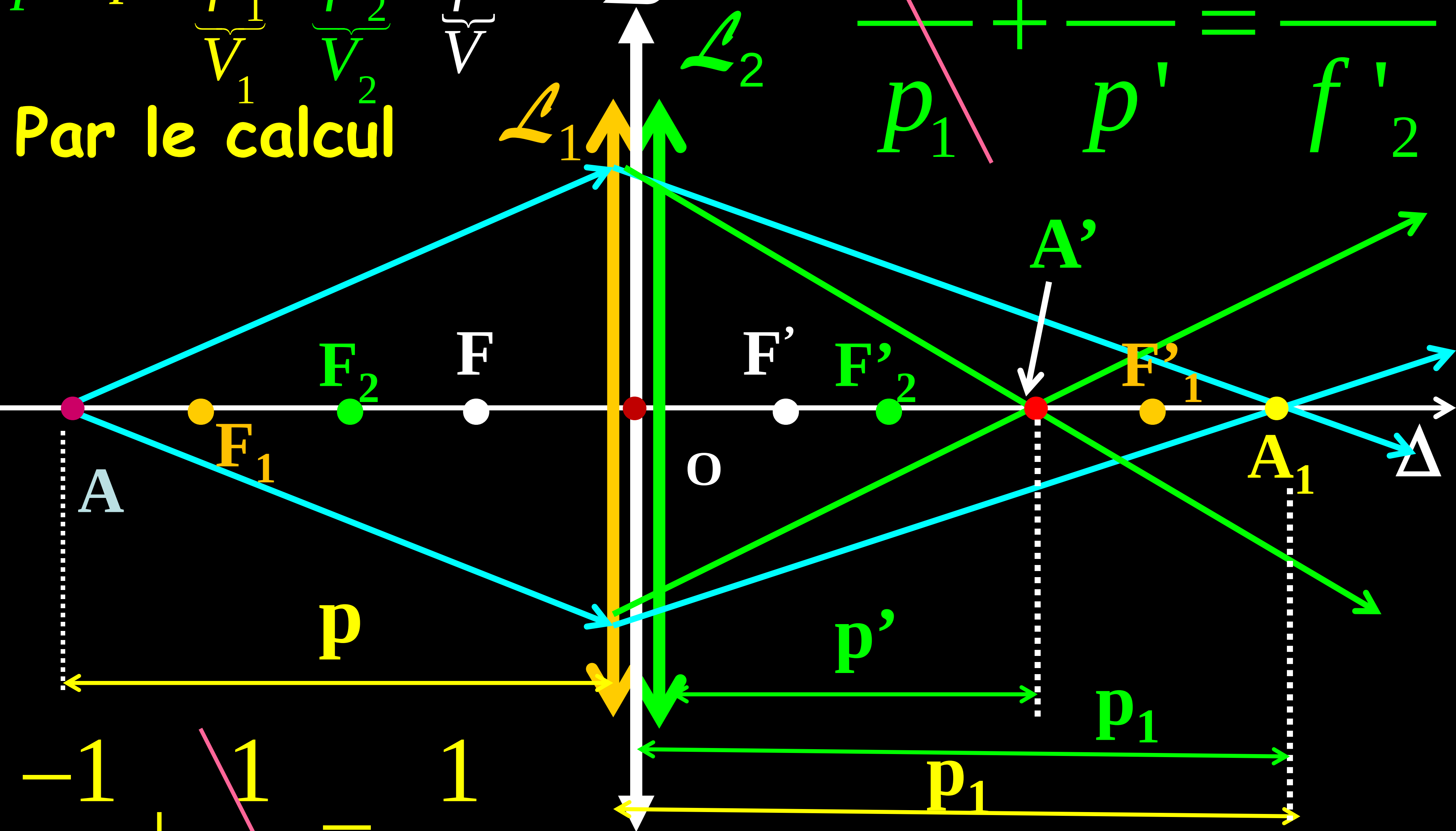


Détermination du **foyer principal objet F** par construction géométrique

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \underbrace{\frac{1}{f'_1}}_{V_1} + \underbrace{\frac{1}{f'_2}}_{V_2} = \underbrace{\frac{1}{f'}}_{V}$$

$$\cancel{\frac{-1}{p_1}} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f'_2}$$

Par le calcul



$$\frac{-1}{p} + \cancel{\frac{1}{p_1}} = \frac{1}{f'_1}$$

$$A \xrightarrow[\mathcal{L}_1(O_1,\, F_1,\, F'_1)]{} A_1 \xrightarrow[\mathcal{L}_2(O_2,\, F_2,\, F'_2)]{} A'$$

$$\frac{-1}{p}+\frac{1}{p_1}=\frac{1}{f'_1} \qquad \frac{-1}{p_1}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f'_2}$$

$$\mathbf{A} \xrightarrow[\mathcal{L}_1(\mathrm{O}_1,\ \mathbf{F}_1,\ \mathbf{F'}_1)]{} \mathbf{A_1} \xrightarrow[\mathcal{L}_2(\mathrm{O}_2,\ \mathbf{F}_2,\ \mathbf{F'}_2)]{} \mathbf{A'}$$

$$\frac{1}{p'}-\frac{1}{p}=\underbrace{\frac{1}{f'_1}}_{V_1}+\underbrace{\frac{1}{f'_2}}_{V_2}=\underbrace{\frac{1}{f'}}_{V}$$

$$\mathbf{V_1}+\mathbf{V_2}=\mathbf{V}$$

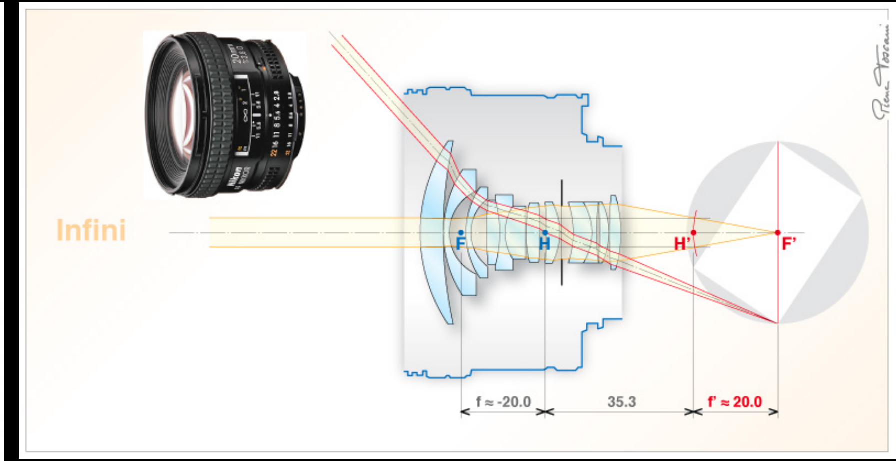
Doublet

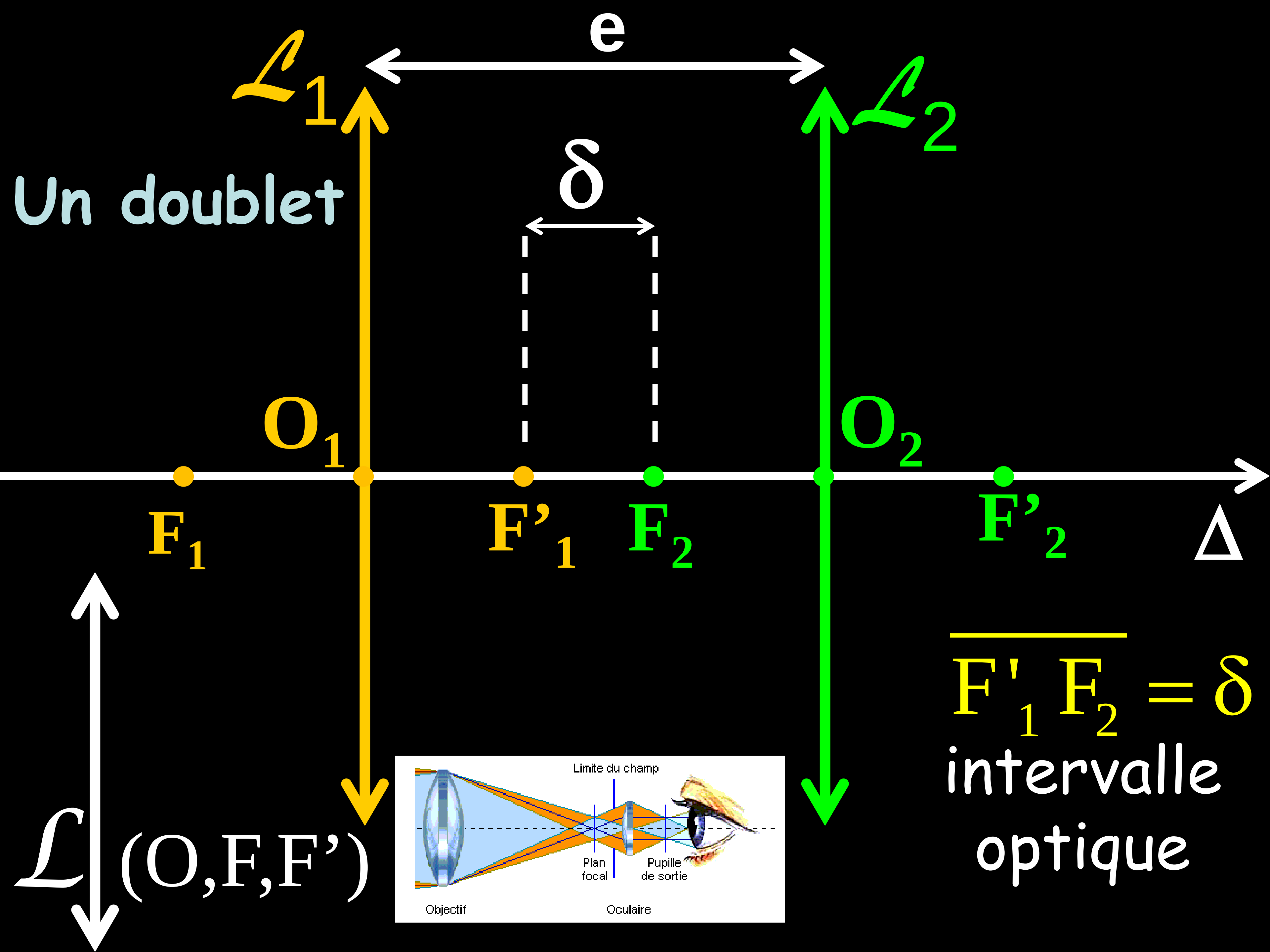
Doublet

Doublet :

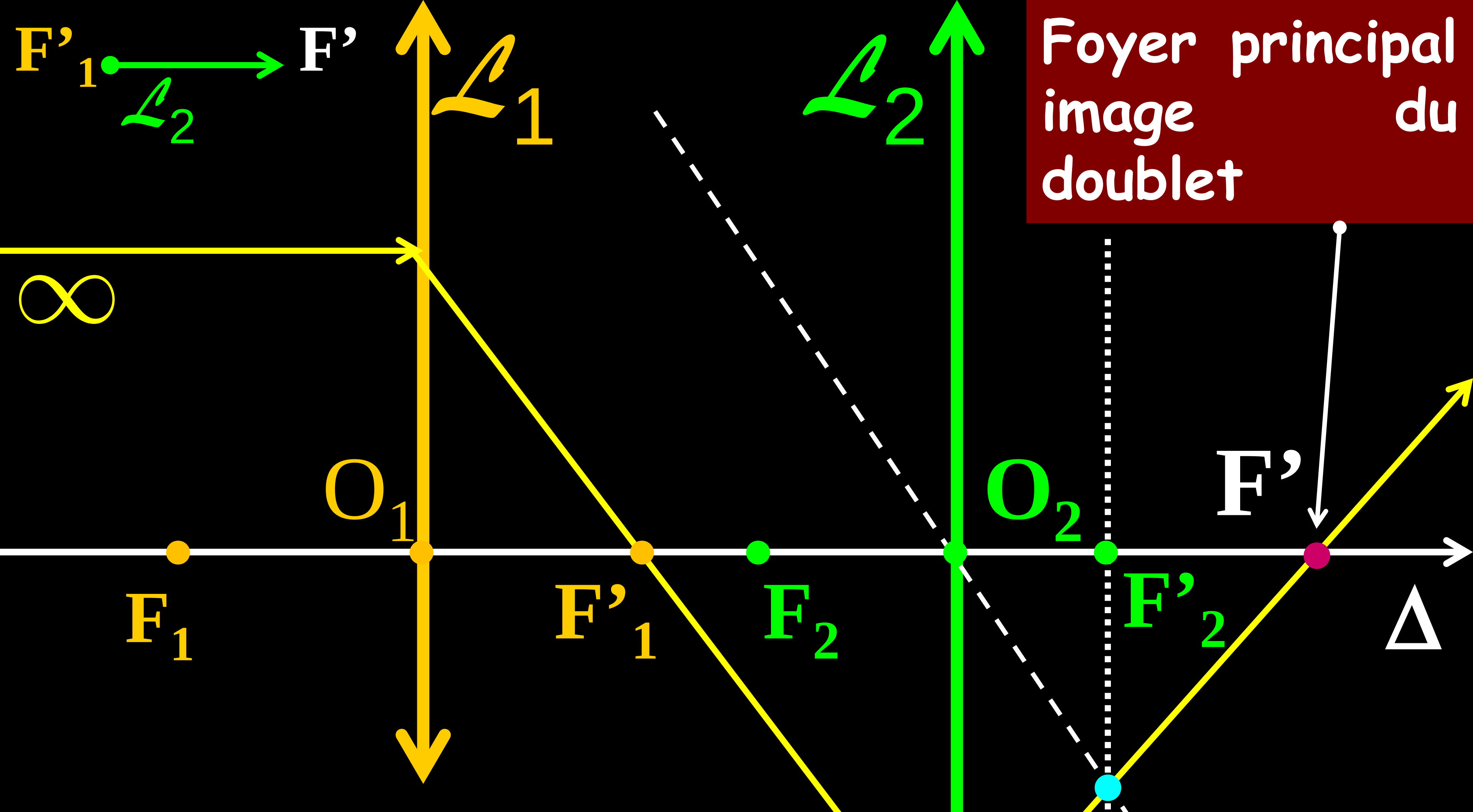
Système de 2 lentilles non accolées

Un doublet est constitué par l'association de **deux lentilles minces** situées sur un même axe, à **une distance e** l'une de l'autre.



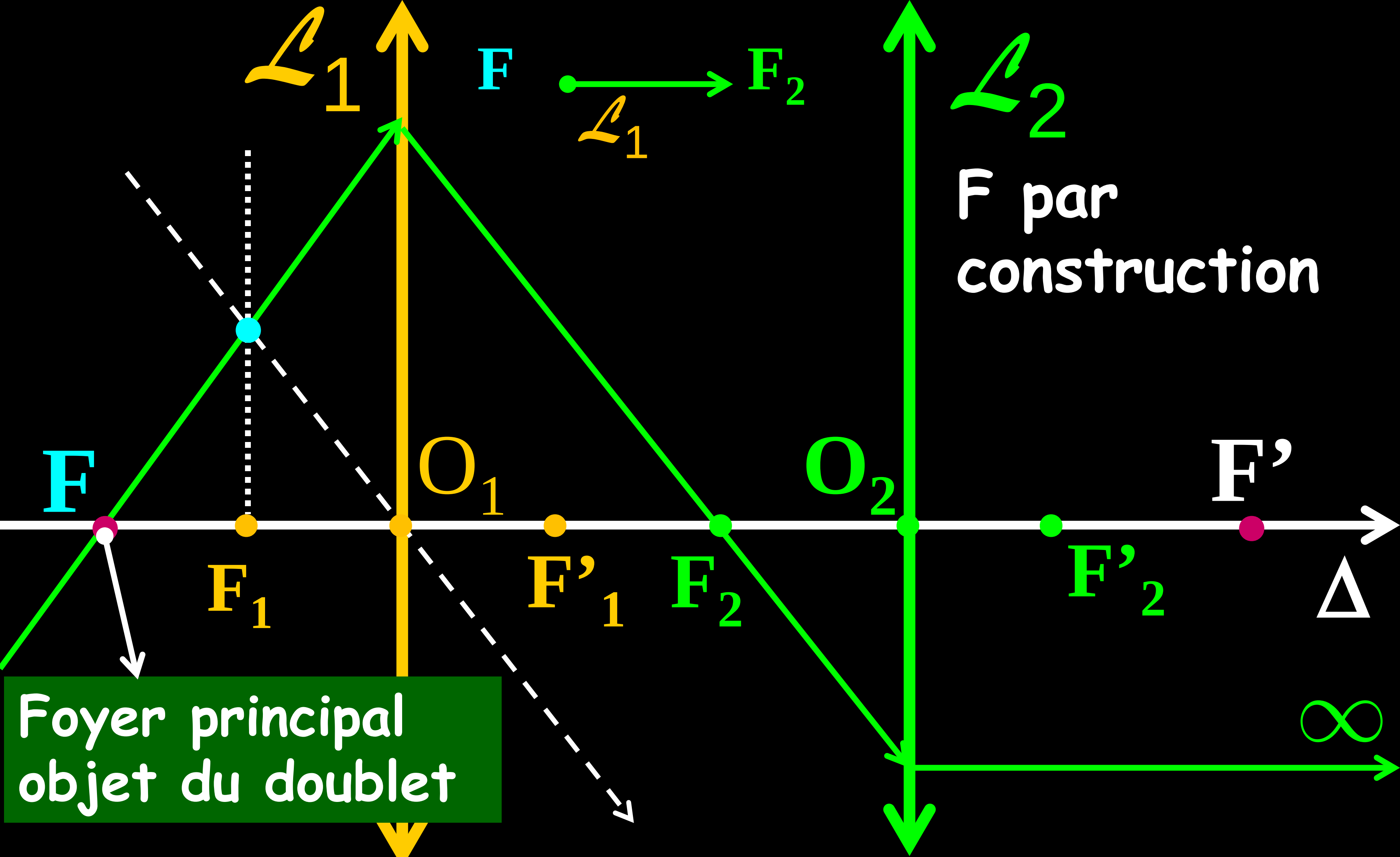


Un doublet
e
$\mathcal{L}_1$
$\mathcal{L}_2$
δ
O_1
O_2
F_1
F'_1
F_2
F'_2
Δ
$\mathcal{L}$ (O,F,F')
Limite du champ
Plan focal
Pupille de sortie
Objectif
Oculaire
$\overline{F'_1 F_2} = \delta$
intervalle optique



F' par construction

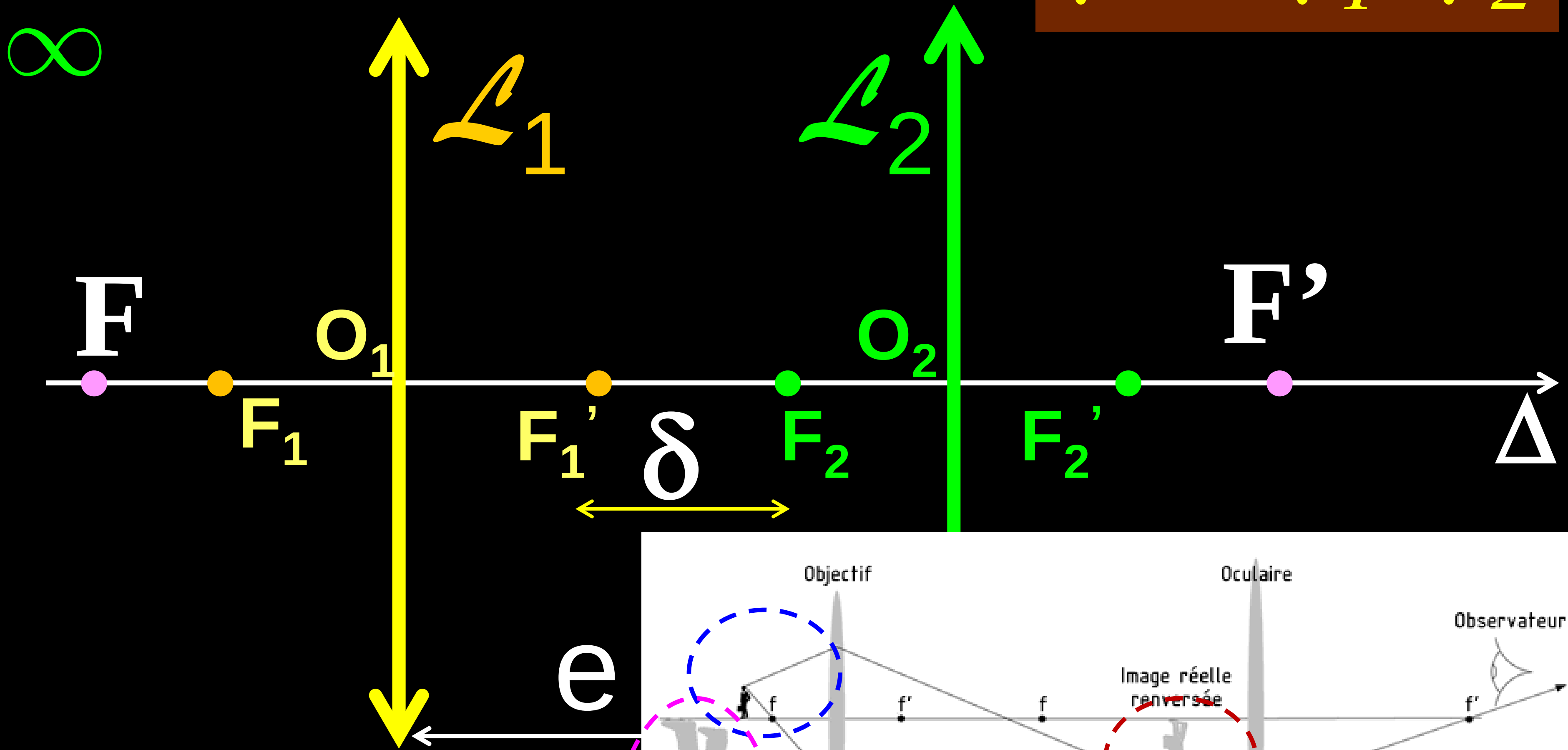
$$\boxed{\overline{F_2F'_1}\cdot\overline{F'_2F'} = \overline{O_2F_2}\cdot\overline{O_2F'_2} = -f'^2_2}$$

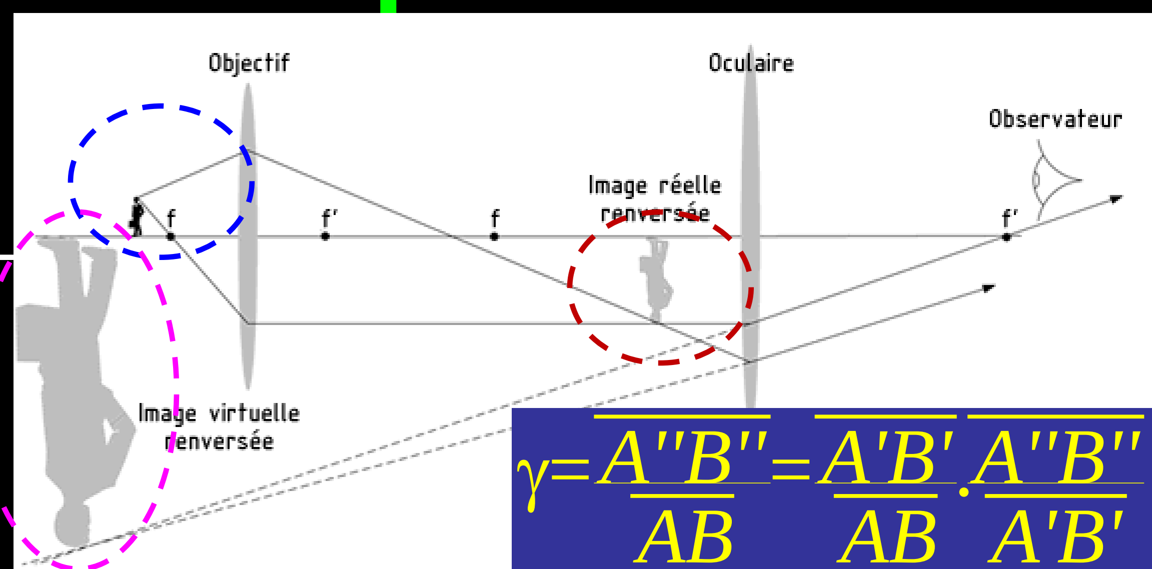


$$\boxed{\overline{F_1F}\cdot\overline{F'_1F_2} = \overline{O_1F_1}\cdot\overline{O_1F'_1} = -f'^2_1}$$

$$AB \xrightarrow{\mathcal{L}_1(O_1, f'_1)} A'B' \xrightarrow{\mathcal{L}_2(O_2, f'_2)} A''B''$$

$$\gamma = \gamma_1 \cdot \gamma_2$$





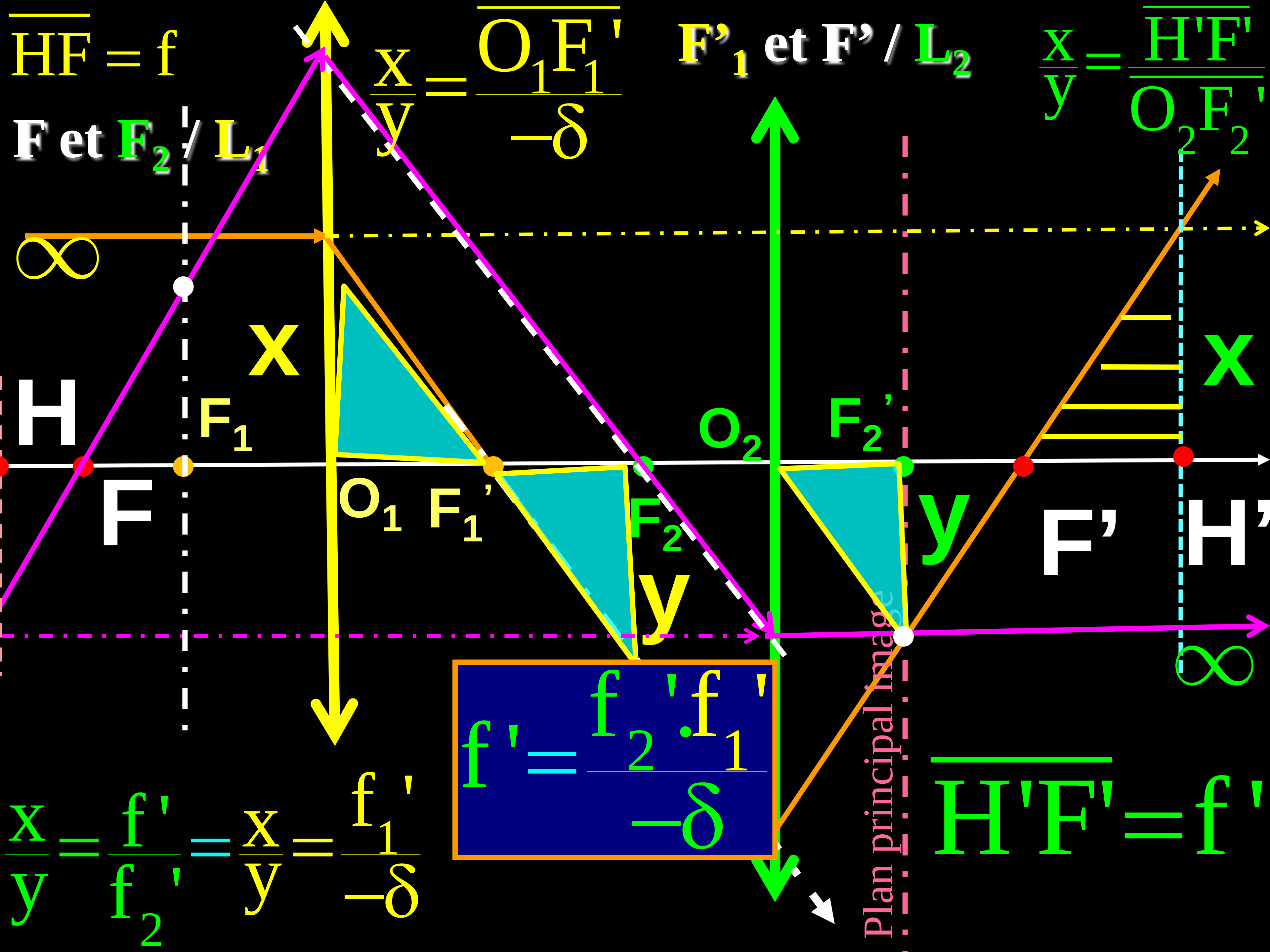
$$V = V_1 + V_2 - e.V_1.V_2$$

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

Distance focale d'un doublet

vergence d'un doublet

par le calcul



$\overline{HF} = f$
F et F_2 / L_1
$\frac{x}{y} = \frac{\overline{O_1F_1'}}{-\delta}$
F'_1 et F' / L_2
$\frac{x}{y} = \frac{\overline{H'F'}}{\overline{O_2F_2'}}$
∞
H
F
F_1
x
O_1
F_1'
F_2
y
O_2
F_2'
y
F'
H'
x
∞
$f' = \frac{f_2'.f_1'}{-\delta}$
$\frac{x}{y} = \frac{f'}{f_2'} = \frac{x}{y} = \frac{f_1'}{-\delta}$
Plan principal image
$\overline{H'F'} = f'$

$$\delta = \overline{F_1'F_2} = \overline{F'_1O_1} + \overline{O_1O_2} + \overline{O_2F_2} = -f_1' + e - f_2'$$

$$f' = \frac{f_1' . f_2'}{-\delta}$$

D'où :

$$V = \frac{1}{f'} = \frac{1}{\overline{OF'}} = -\frac{1}{f} = \frac{-1}{\overline{OF}} = \frac{-\delta}{f_1' \cdot f_2'} = \frac{1}{f_2'} + \frac{1}{f_1'} - \frac{e}{f_1' \cdot f_2'}$$

vergence d'un doublet

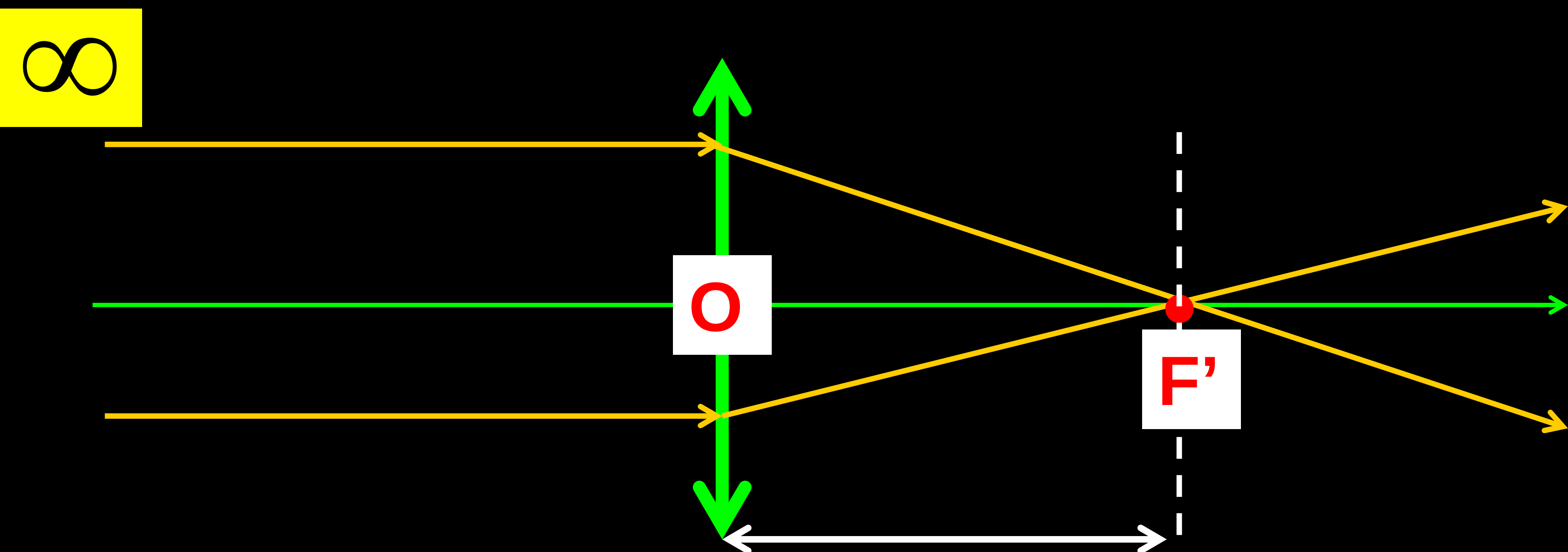
$$\boxed{V_{Doublet} = V_1 + V_2 - e . V_1 . V_2}$$

Formule de Gullstrand

Mesure de la distance focale

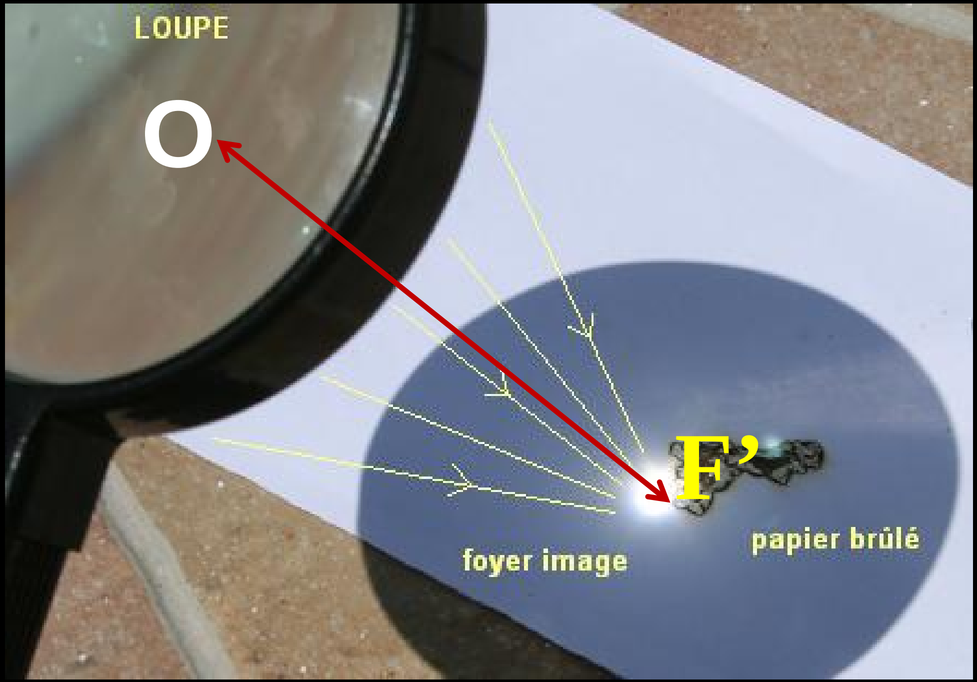
Objet à l'infini

Méthode n°1



Méthode 1 : Objet placé à l'infini

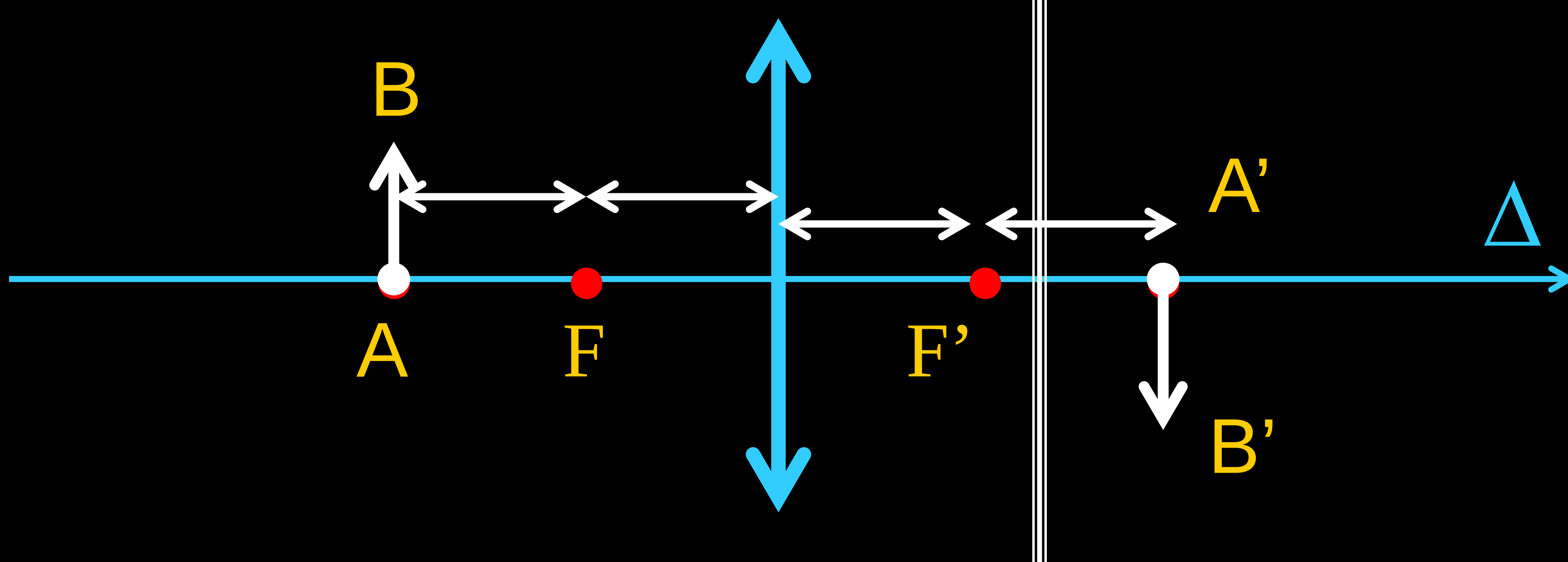
On recherche le **plan focal image de la lentille**, en formant sur un écran l'image d'un **objet situé à l'infini**, et on mesure ensuite la distance de ce verre dépoli à la lentille.



$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -1$$

Méthode de Silbermann

Méthode n°2



$$\gamma = -1 = \frac{p'}{p} \qquad \frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'} \qquad \frac{1}{p'} + \frac{1}{p'} = \frac{2}{p'} = \frac{1}{f'}$$

$$p' = 2.f', \quad p = -2.f'$$

$$\overline{OA'} = p' = 2.f', \quad \overline{OA} = p = -2.f'$$

$$\overline{AA'} = \overline{AO} + \overline{OA'} = -\overline{OA} + \overline{OA'}$$

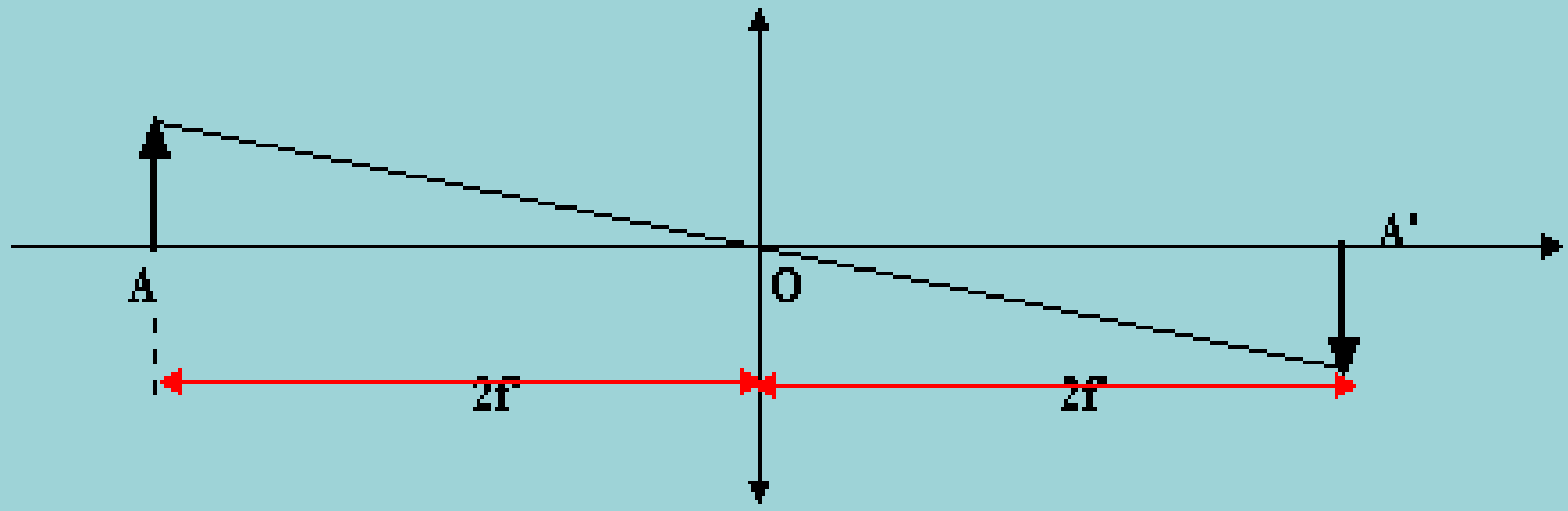
$$\overline{AA'} = -\left(-2.f'\right) + \left(+2.f'\right) = 4.f'$$

$$\boxed{\overline{OF'} = f' = \frac{\overline{AA'}}{4}}$$

$$\boxed{AB \xrightarrow{\mathcal{L}(O,f')} A'B'}$$

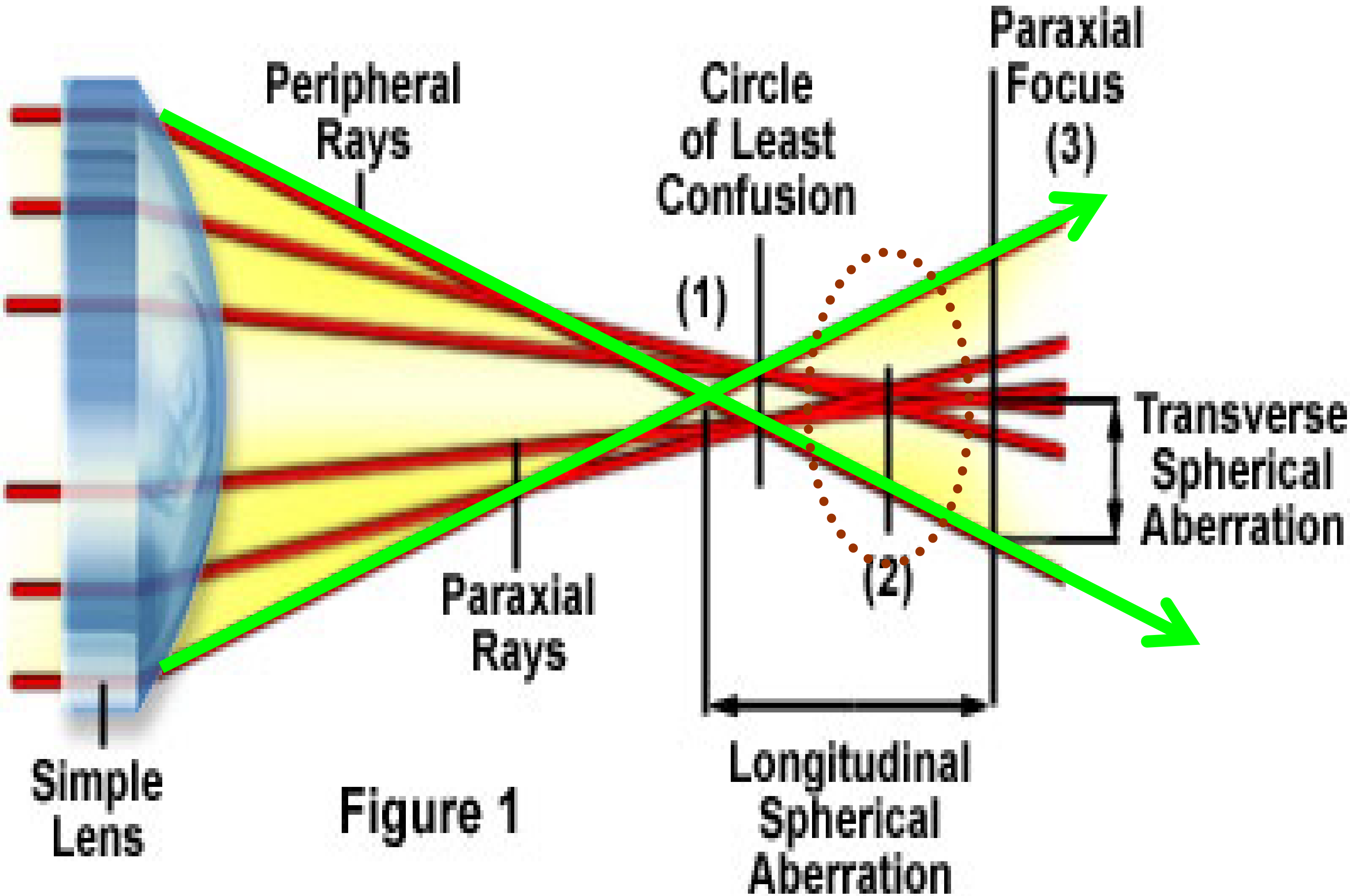
ii) Méthode de **Silbermann** : Il existe une situation pour laquelle p'= p et (A'B'/AB) = 1 (image et objet de même dimension)

On a alors p'= p = 2f'.



Les abérations

Longitudinal and Transverse Spherical Aberration



Axial Chromatic Aberration

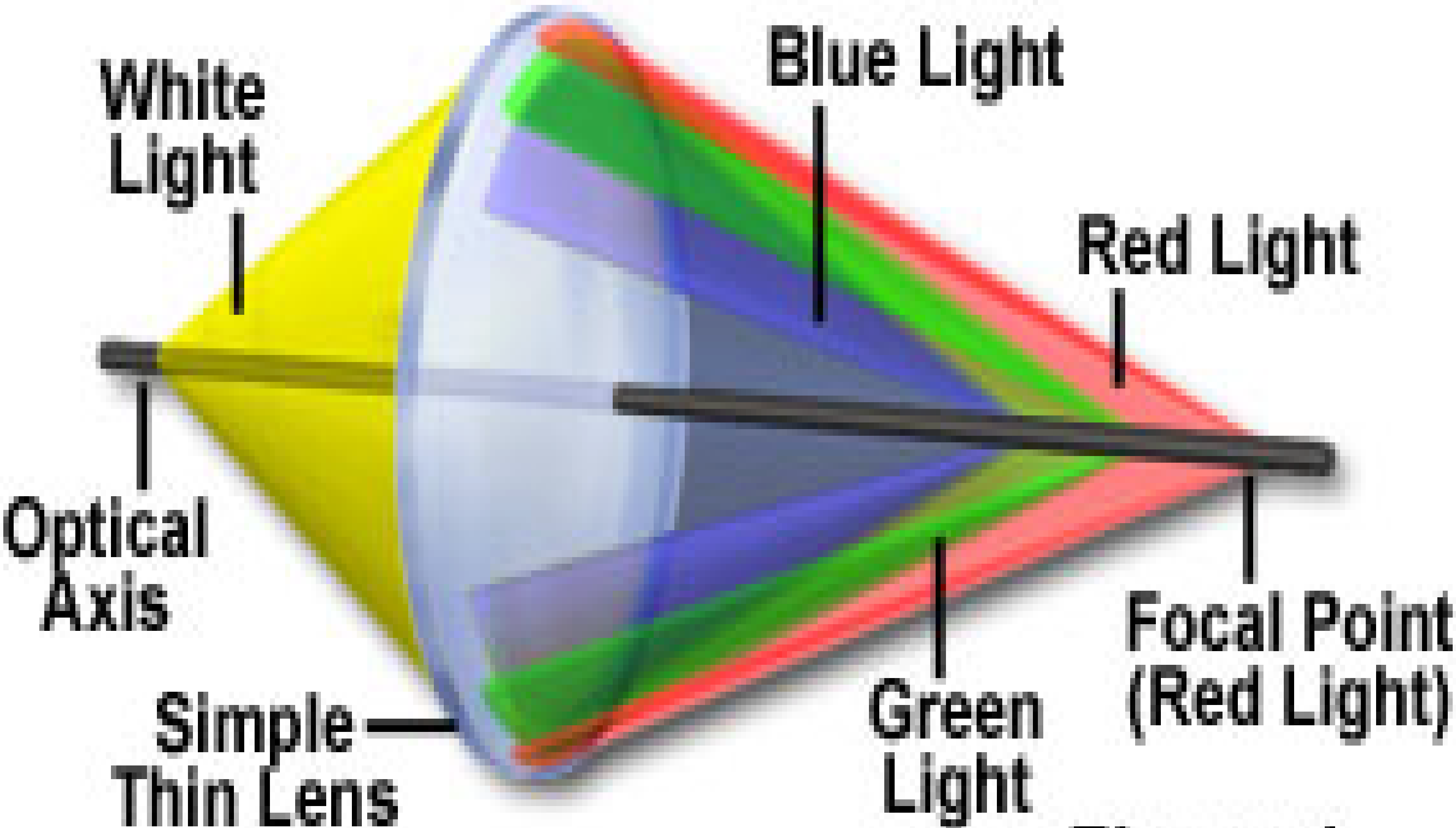
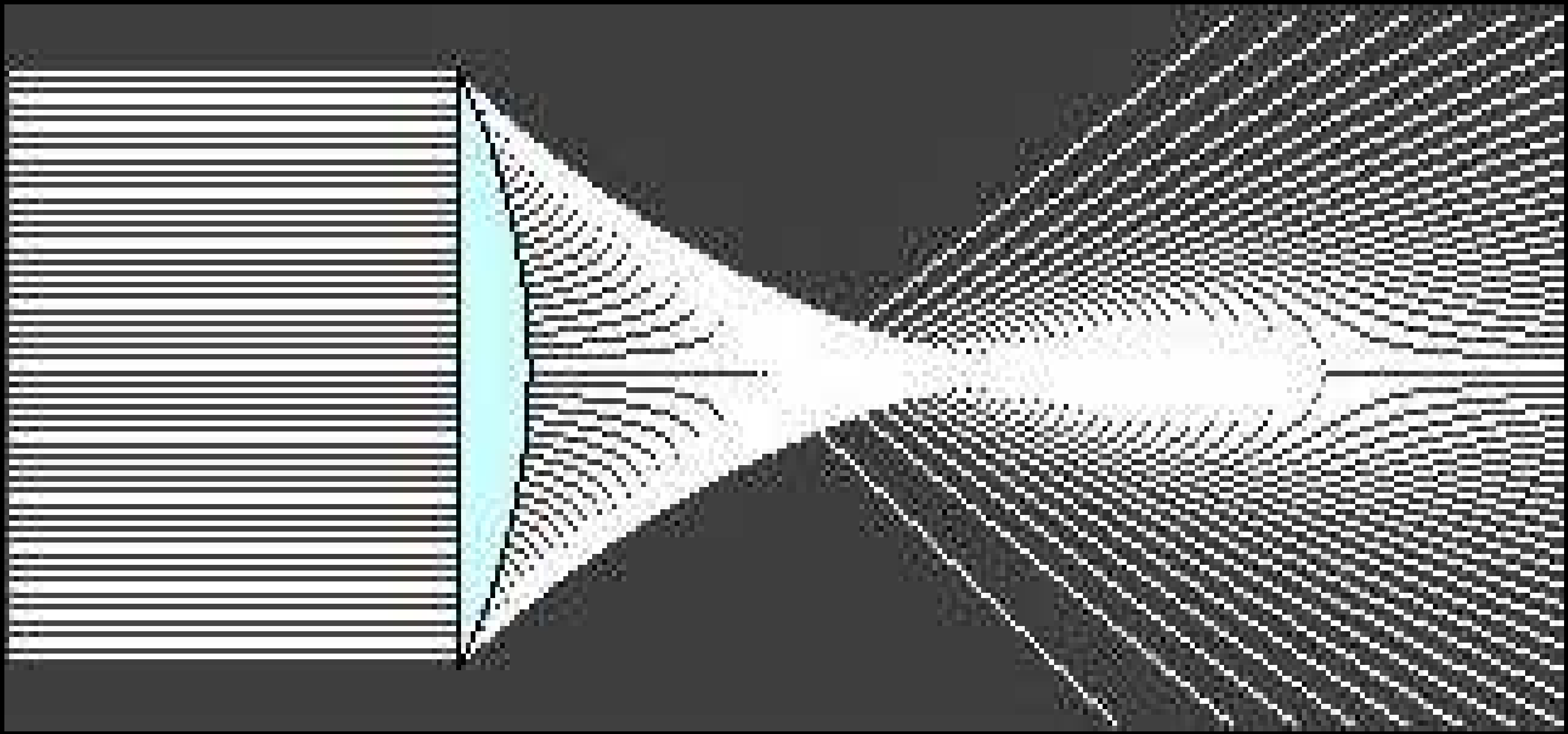


Figure 1



Aberration géométrique

Fin...

Les instruments