University IBN KHALDOUN of Tiaret
ANNEXE DE MÉDECINE

Optique Géométrique

Mme CHIBANI F

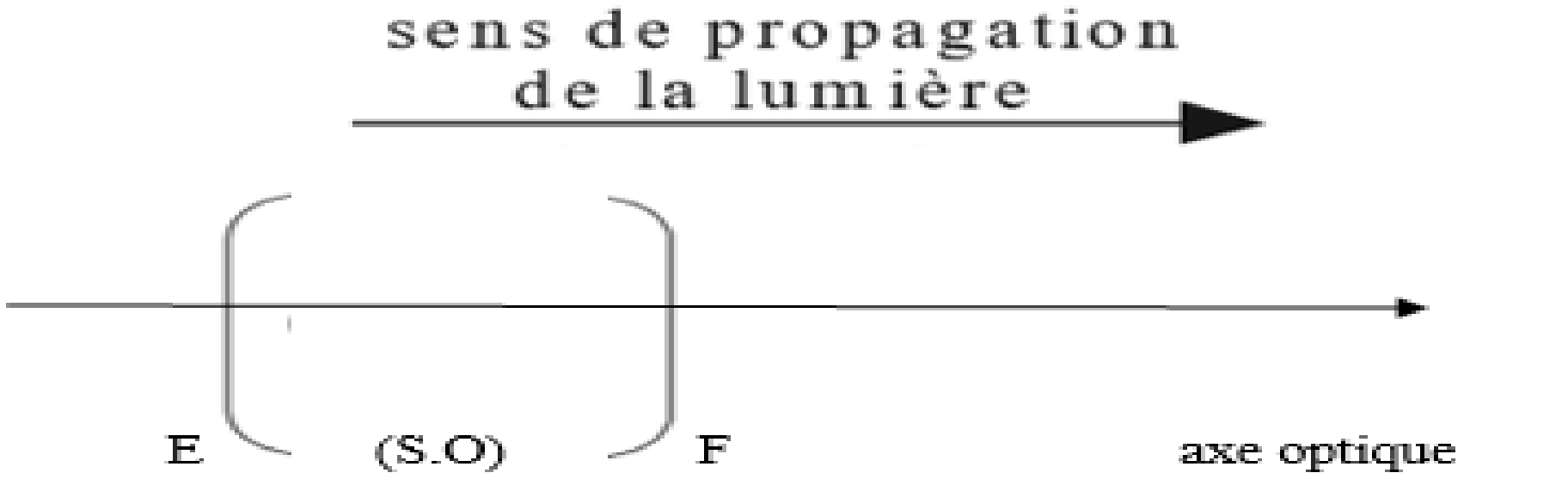
Optique Géométrique
Partie2

- Système optique
- Dioptres plans et sphériques
- Miroirs plans et sphériques

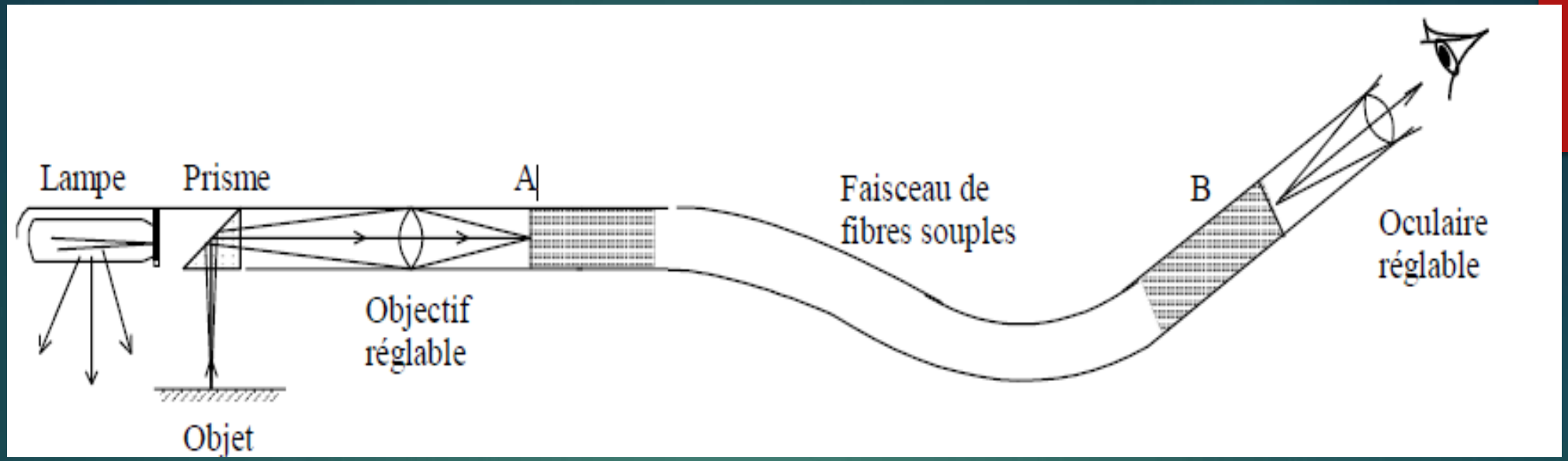
Systèmes optiques

Système optique et ses propriétés :

Le Système optique est constitué d'un ensemble d'instruments d'optique tels que des lentilles ou des miroirs etc., plus généralement de milieux transparents et homogènes séparés de dioptres, comportant une face entrée (E) et une face sortie.
Un système optique est dit centré s'il présente un axe de symétrie appelé axe optique, orientée selon le sens de la lumière incidente par convention de gauche à droite.



Système optique centré ayant une face entrée et une face sortie.



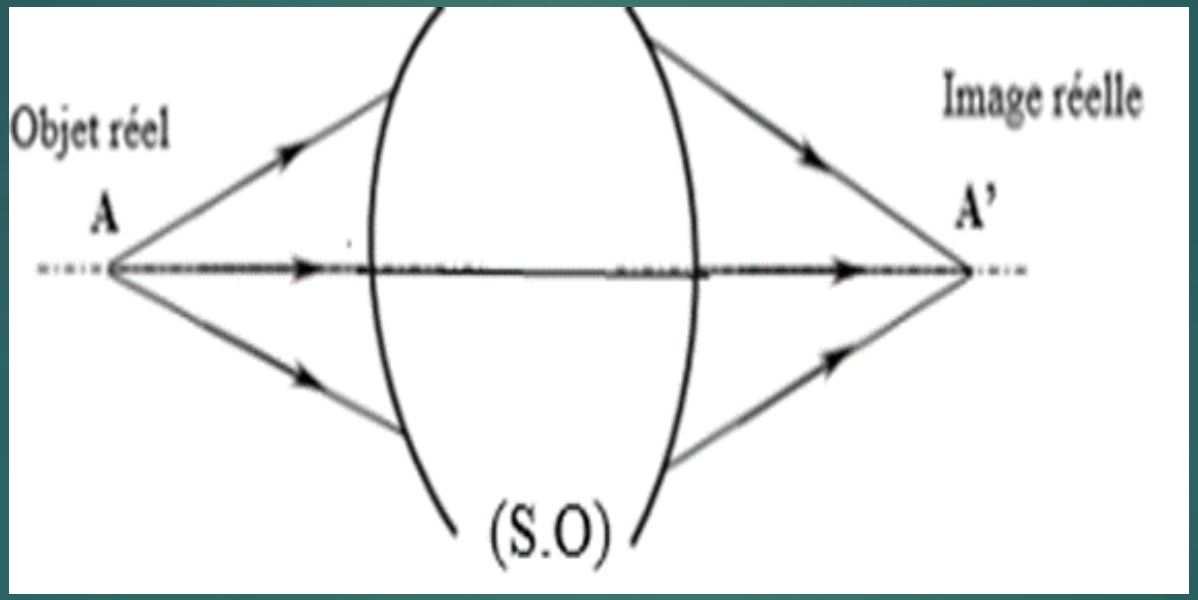
Application : Endoscopie

Cette conduction de la lumière par de très fines fibres de verre explique le fonctionnement d'appareils "d'optique à fibres" destinés à l'examen de cavités de l'organisme (endoscopes). Le schéma suivant montre un endoscope médical à fibre de verre, appareil utilisant la "conduction" de la lumière par un cylindre de petite section. La lampe alimentée par la broche, éclaire l'intérieur de l'organe. Un prisme à réflexion total et une lentille forment l'image de la partie observée sur l'extrémité A du faisceau de fibres. Le faisceau, formé d'environ 150 000 fibres, a un diamètre de 6,2 mm. Chaque fibre transmet la lumière qu'elle reçoit; à l'extrémité B du faisceau, on obtient donc une image identique à celle formée sur A.

Notion objet et image :

Si les rayons issus d'un point objet A qui traversent (S.O) et convergent vers A'.

A',est appelé image de A (A et A' sont conjugués par rapport au système optique.



Objet réel ou virtuel?

L'objet est réel si la lumière provient réellement de A (on peut toucher A)

Objet est virtuel si les prolongements des rayons émergents passent par A.

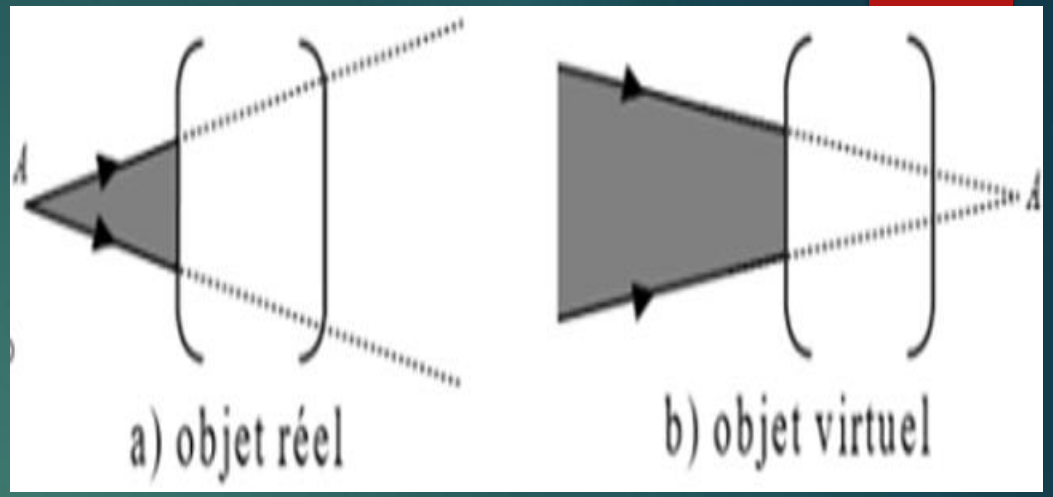
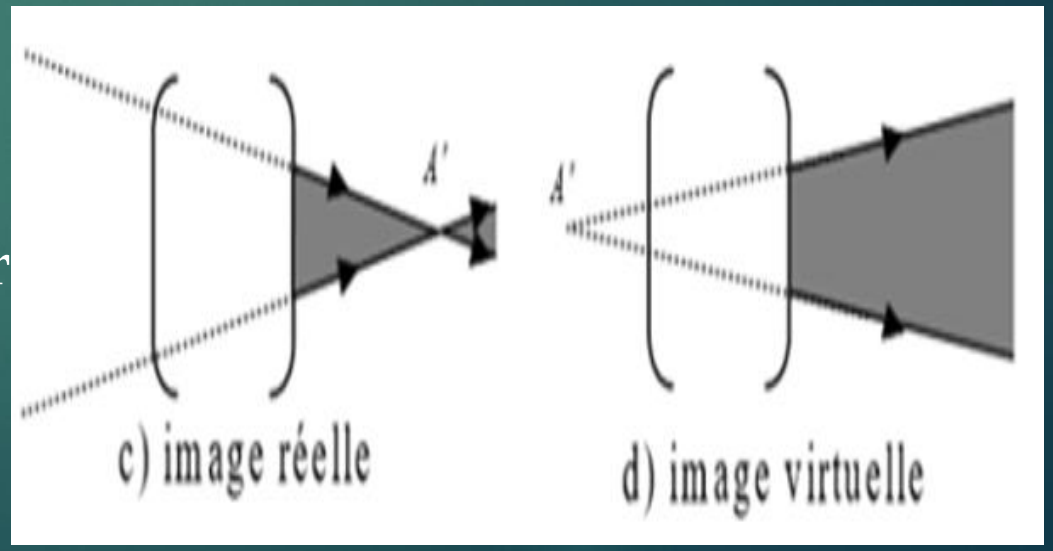


Image réelle ou virtuelle?

L'image est réelle si les rayons émergents passent effectivement par A' (on peut visualiser A' sur un écran).

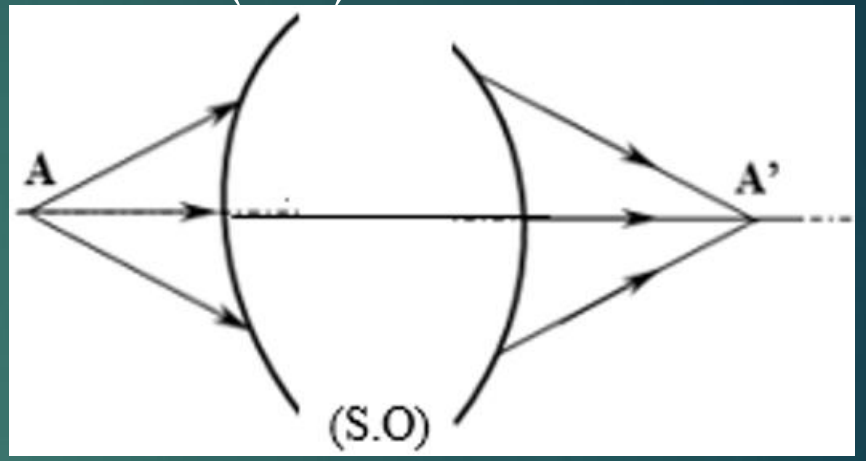
L'image est virtuelle si les prolongements des faisceaux émergents passent par A'.



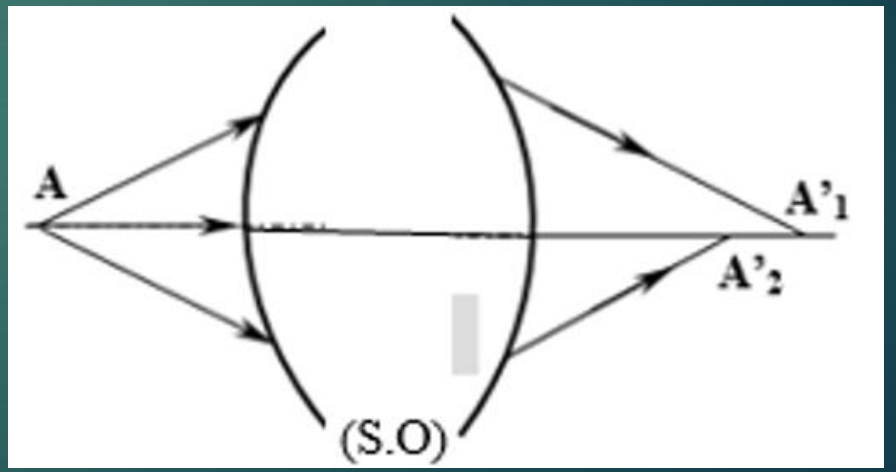
Notion de stigmatisme :

Un système optique (S.O) est stigmatisme lorsqu'à chaque point A d'un objet correspond un point A' d l'image. On dit que A et A' sont conjugués dans (S.O).

- **Stigmatisme absolu (rigoureux)** : si les rayons issus de A qui traversent (S.O) passent par A'.



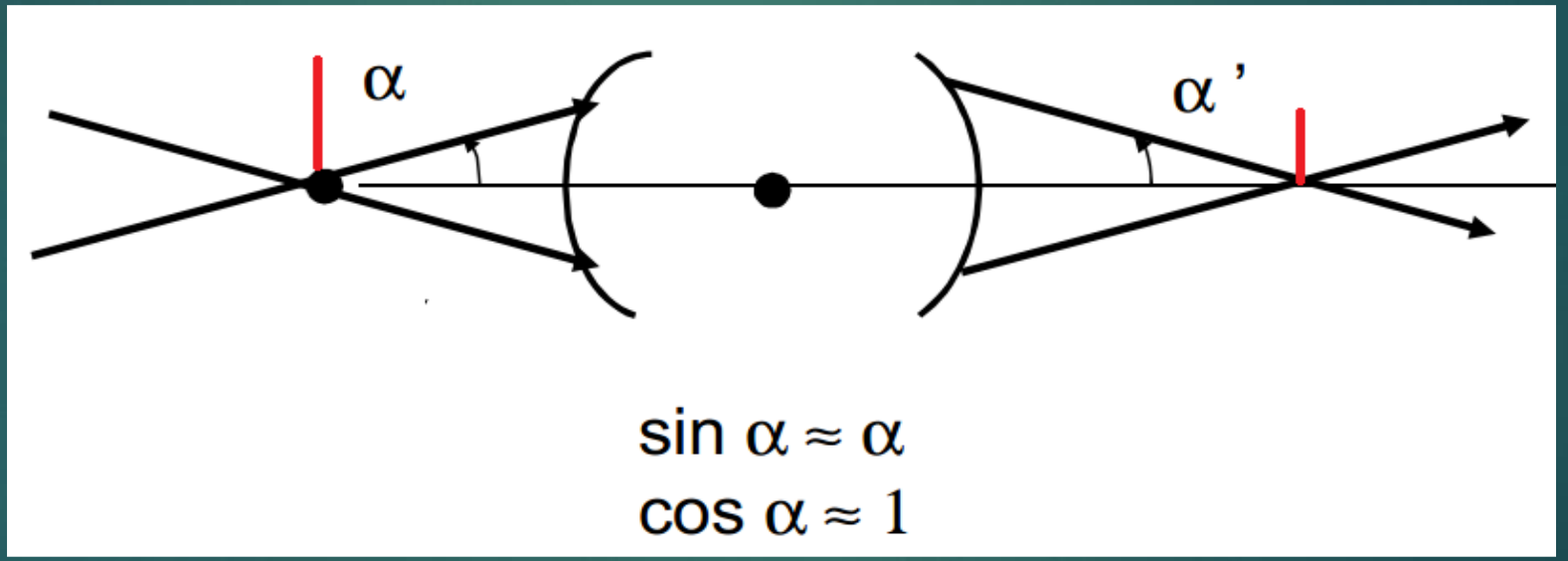
- **Stigmatisme approché** : si les rayons issus de A qui traversent (S.O) passent au voisinage de A' formant une petite tache



Lorsqu'un dioptre sphérique ne réalise pas un stigmatisme rigoureux, cela signifie que les rayons lumineux issus de différents points de l'objet ne convergent pas tous en un seul point net sur l'axe optique. Le stigmatisme rigoureux est une condition idéale où chaque point de l'objet est parfaitement mis au point sur l'axe optique, formant ainsi une image nette. Cependant, en pratique, il peut y avoir des aberrations optiques qui empêchent cela. Par conséquent on va utiliser les conditions de Gauss pour améliorer la qualité de l'image dans un dioptre sphérique lorsque le stigmatisme rigoureux n'est pas réalisé

Conditions de Gauss

- L'objet est dans un plan perpendiculaire à l'axe optique,
- Les points objets sont situés sur l'axe optique ou sur sont voisinage proche,
- Les rayons lumineux sont faiblement inclinés sur l'axe optique,
- Les angles d'incidence des rayons par rapport à l'axe optique de l'élément sont faibles

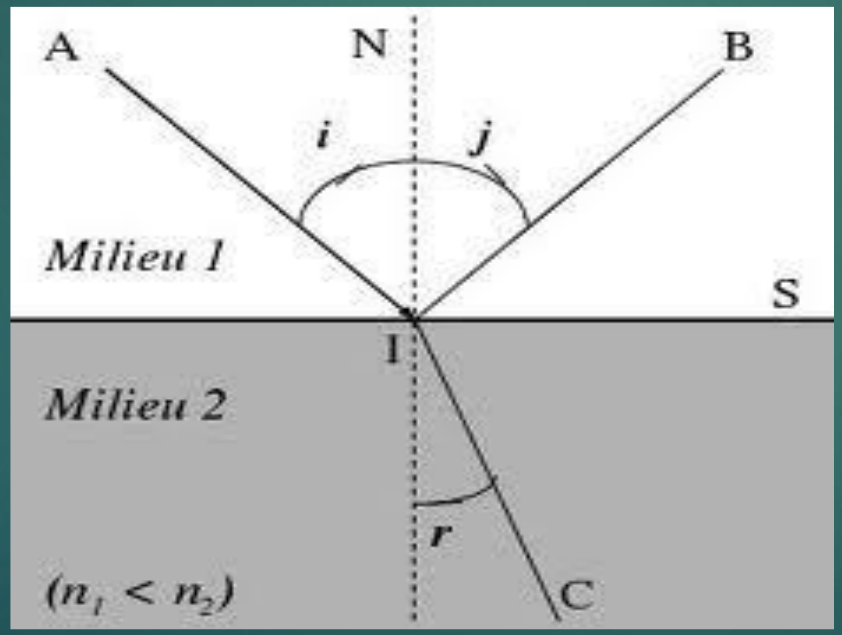


Dioptres plans et sphériques

Dioptre:

On appelle dioptre, une surface séparant deux milieux transparents d'indice de réfraction différents. Il peut être soit plan ou sphérique.

Dioptre plan: est une surface **plane** séparant deux milieux d'indice de réfraction différents.



Stigmatisme d'un dioptre plan:

La position de l'image A' dépend de l'angle d'incidence, l'image n'est pas unique. Il n'y a pas de stigmatisme rigoureux.

Triangle ASI $\tan i = \frac{\overline{SI}}{\overline{SA}}$

Triangle A'SI $\tan r = \frac{\overline{SI}}{\overline{SA'}}$

D'après la loi de Snell et Descartes : $n_1 sini = n_2 sinr$

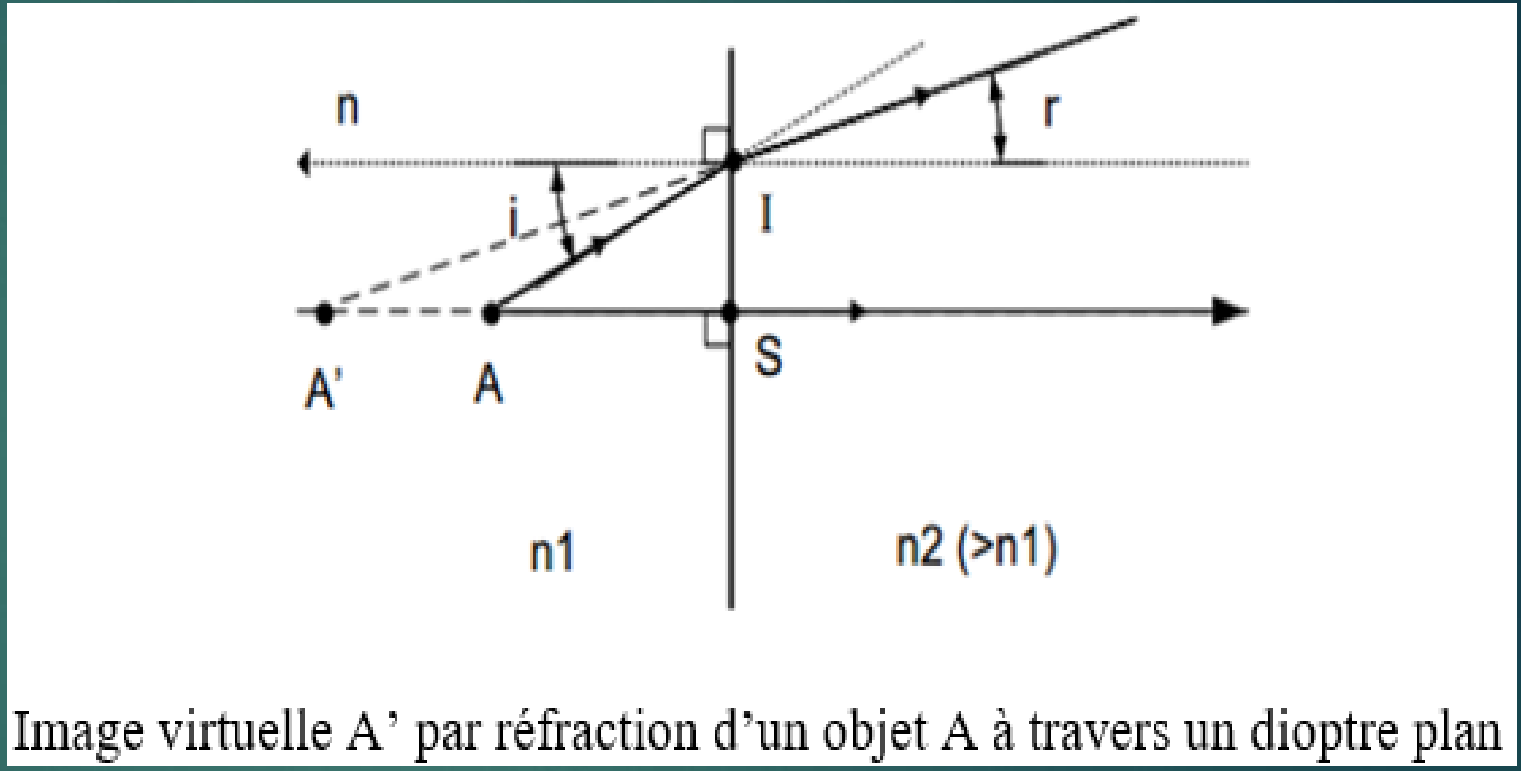


Image virtuelle A' par réfraction d'un objet A à travers un dioptre plan

d'autre part dans les conditions de Gauss on a i et r sont petits :

$\cos i \approx \cos r \approx 1$ et

$\sin i \approx i \;\; et \;\; \sin r \approx r$

$\tan i \approx i \;\; et \;\; \tan r \approx r$

$n_1 i = n_2 r$ et d'autre part $i = \frac{\bar{SI}}{SA}$ $\quad r = \frac{\bar{SI}}{SA'}$

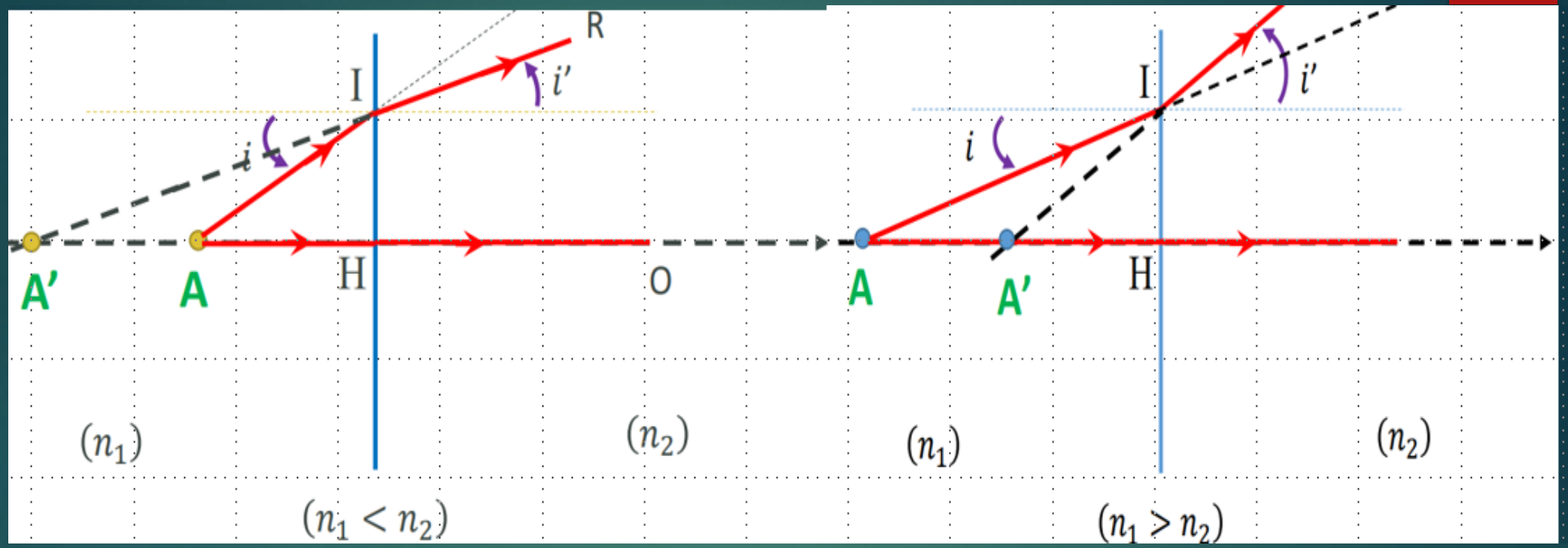
On obtient alors:

$$n_1 \frac{\bar{SI}}{SA} = n_2 \frac{\bar{SI}}{SA'}$$

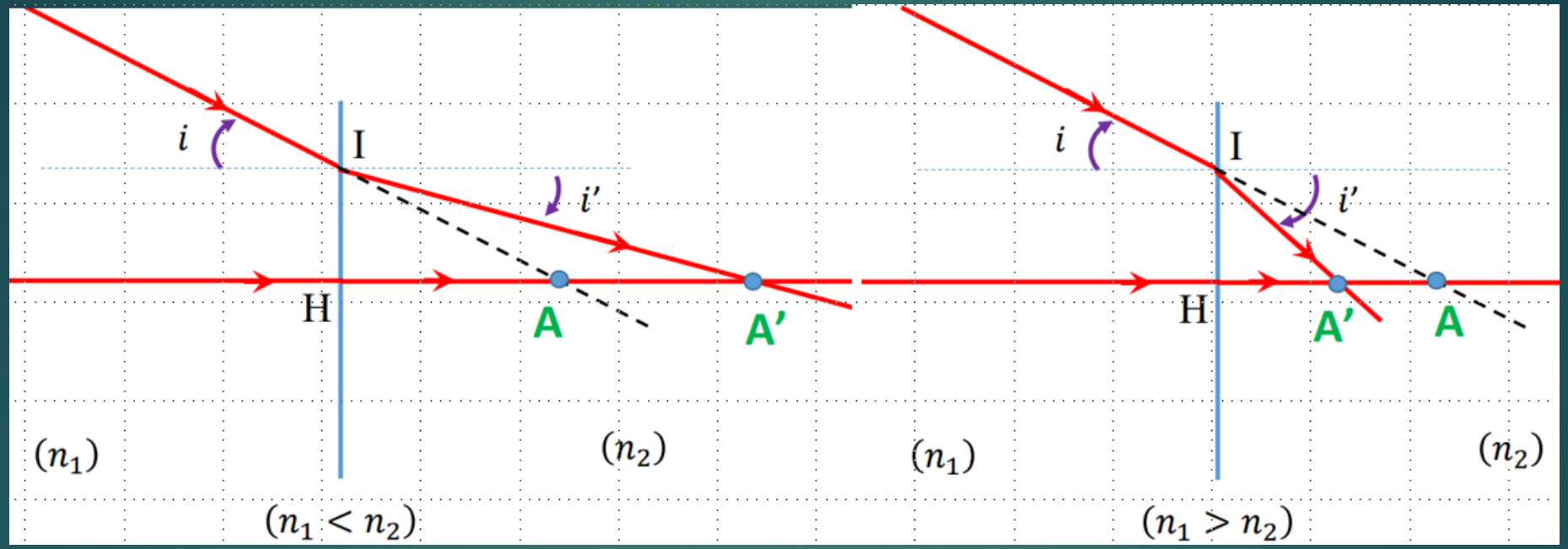
La relation de conjugaison des dioptres plans dans les conditions d'approximation de Gauss est :

$$\frac{n_1}{\overline{SA}} = \frac{n_2}{\overline{SA'}}$$

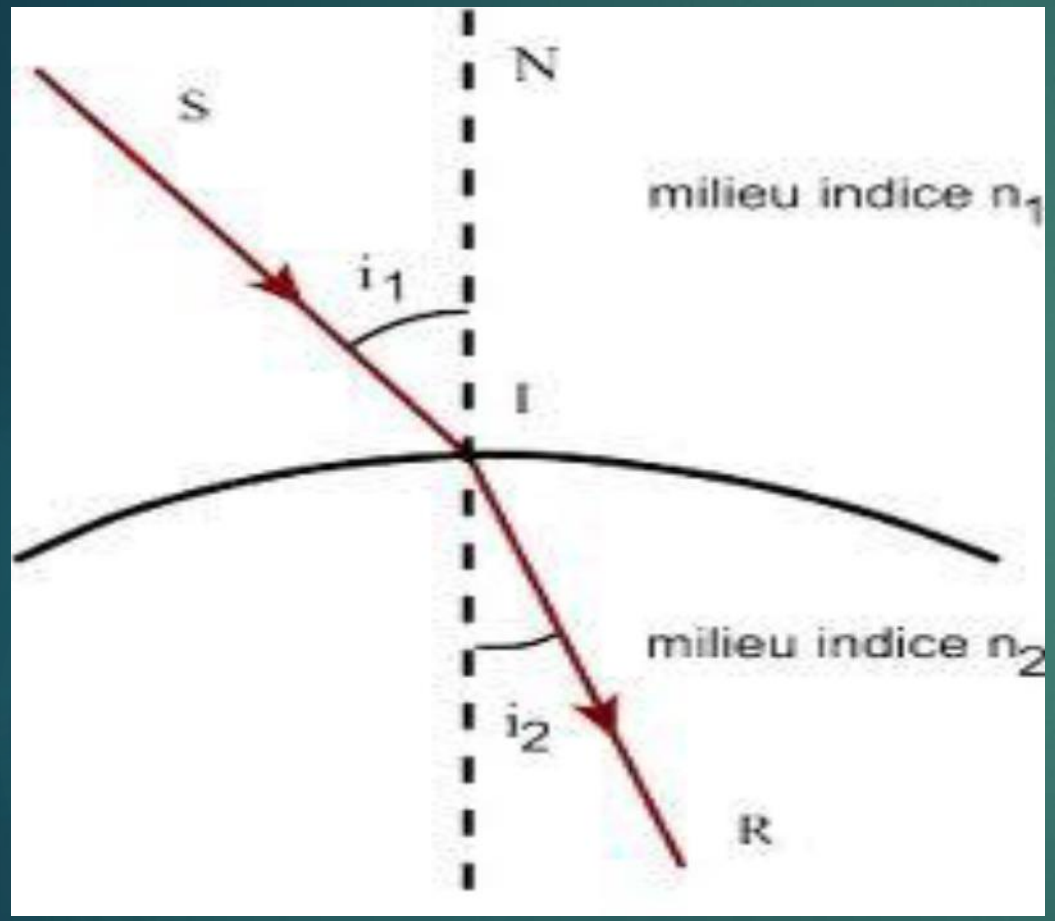
L’objet réel et image virtuelle :



L’objet virtuel et image réelle :



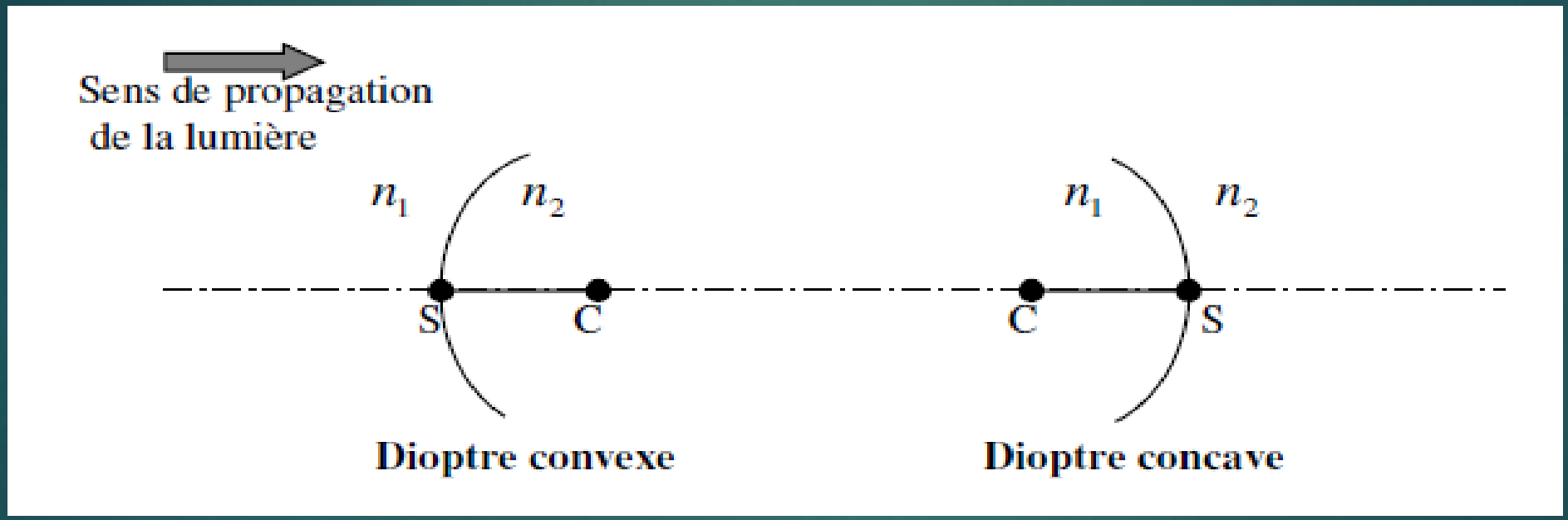
Dioptre sphérique: est une **portion de sphère** séparant deux milieux homogènes d'indices de réfraction différents



Le dioptre sphérique .est constitué par deux milieux transparents homogènes séparés par une surface sphérique de rayon de courbure R. Le sommet du dioptre est noté S et le centre de courbure est noté C. L'axe optique est maintenant un axe orienté dans le sens de la lumière incidente. Son origine est le sommet S du dioptre sphérique.

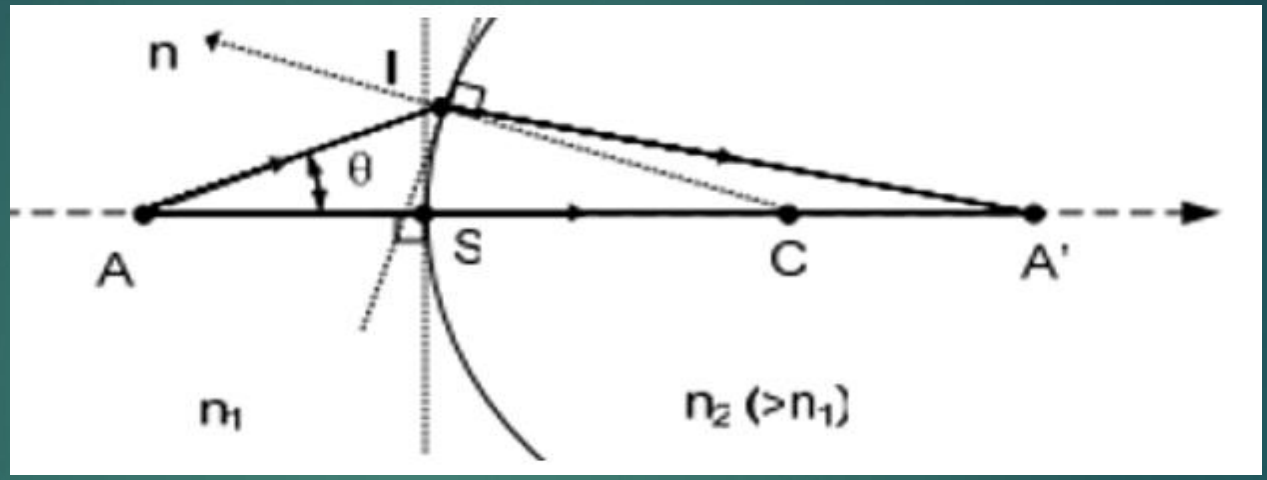
Si $\overline{SC} < 0$ le dioptre est concave

Si $\overline{SC} > 0$ le dioptre est convexe



Les lentilles et les miroirs sphériques sont des exemples de dispositifs optiques qui utilisent des dioptres sphériques pour manipuler la lumière

Relation de conjugaison du dioptre sphérique:



L'objet A et l'image A' sont liés par la relation de conjugaison suivante :

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

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

$\frac{n_2 - n_1}{\overline{SC}} = D$: Vergence du dioptre sphérique(appelée également puissance du dioptre)

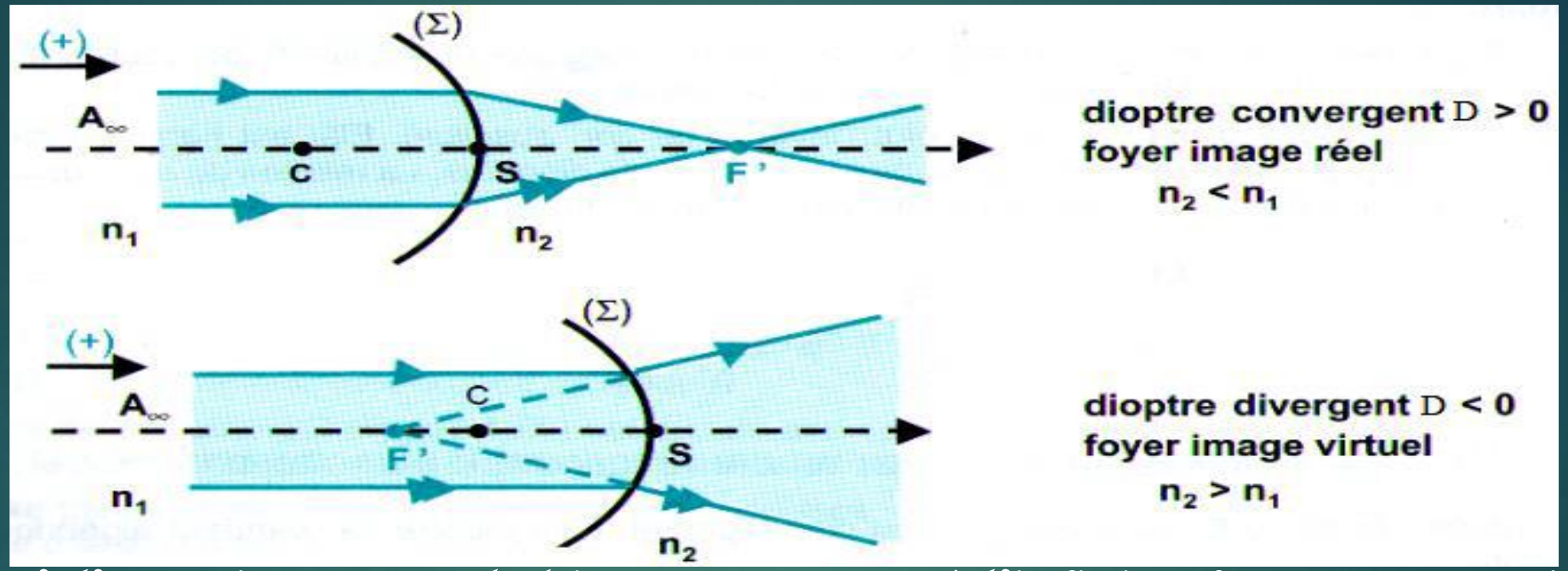
Son unité est dioptrie $\delta: m^{-1}$

Si D>0: Dioptre convergent ($n_2 - n_1 > 0$ et $\overline{SC} > 0$) ou ($n_2 - n_1 < 0$et $\overline{SC} < 0$

Si D<0: Dioptre divergent ($n_2 - n_1 > 0$ et $\overline{SC} < 0$) ou ($n_2 - n_1 < 0$ et $\overline{SC} > 0$)

Foyers et distances focales

Un foyer image F': est le point où convergent, après traversée du système optique, les rayons d'un faisceau parallèle. Il est dit principal sur l'axe principal, et secondaire en dehors de cet axe.



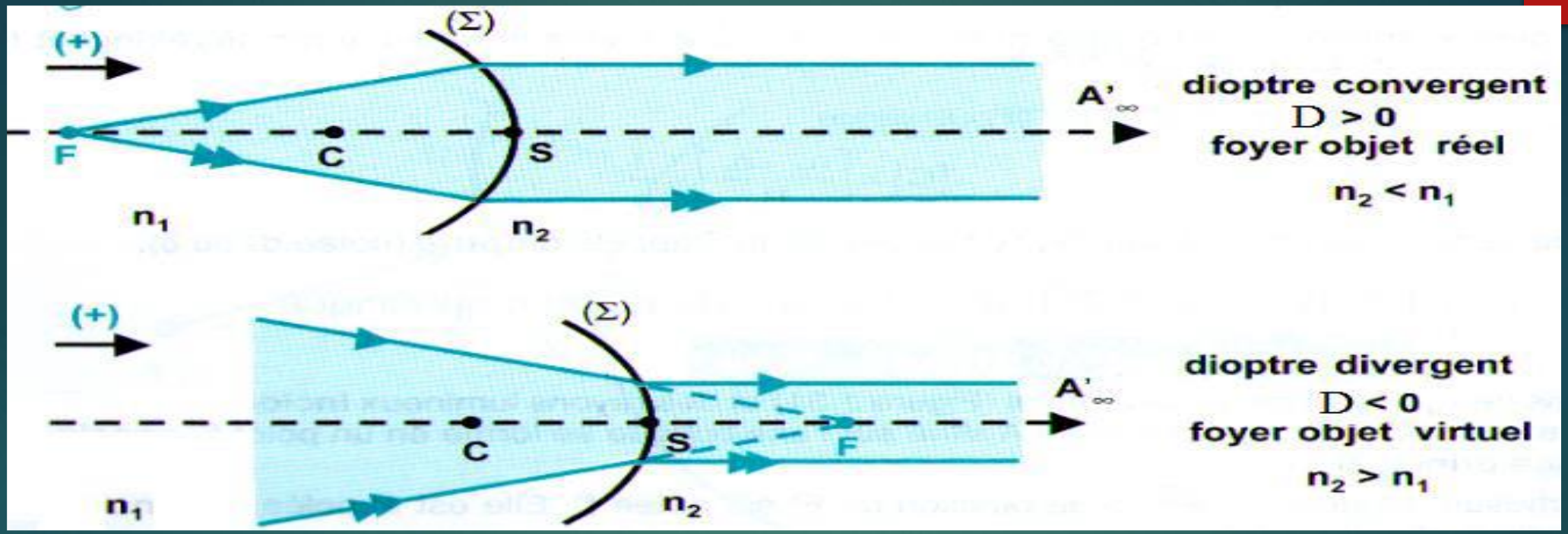
Si l'image A' d'un point ponctuel objet A se trouvant à l'infini se forme en un point F' alors ce point est appelé Foyer image principal

Distance Focale image: la mesure algébrique $\overline{SF'}$ de la position F' est noté f'

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

$\overline{SA} \to \infty$ d'où $\frac{1}{\overline{SA}} \to 0$ et A' coïncide avec F' c.-à-d. $\overline{SA'} = \overline{SF'}$ alors $\overline{SF'} = \frac{n_2}{n_2 - n_1}\overline{SC} = f'$

Un foyer objet: est le point d'où partent les rayons qui, après traversée du système optique, forment un faisceau parallèle.



Si un objet ponctuel A est situé au point Foyer objet F, son image A' se trouve à l'infini.

Distance Focale objet: la mesure algébrique $\overline{SF}$ de la position F est noté f

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

$\overline{SA'} \to \infty$ d'où $\frac{1}{SA'} \to 0$ et A coïncide avec F c.-à-d. $\overline{SA} = \overline{SF}$ alors $\overline{SF} = \frac{n_1}{n_1 - n_2}\overline{SC} = f$

$$\frac{f}{f'} = -\frac{n_1}{n_2} < 0$$

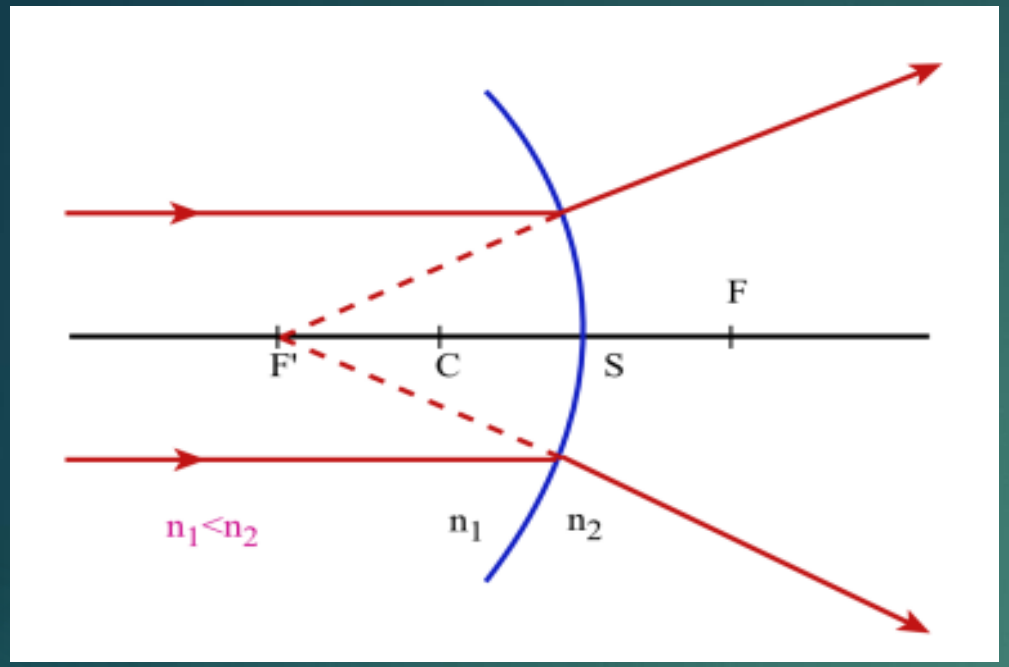
Le foyer image F' est le conjugué du foyer objet F

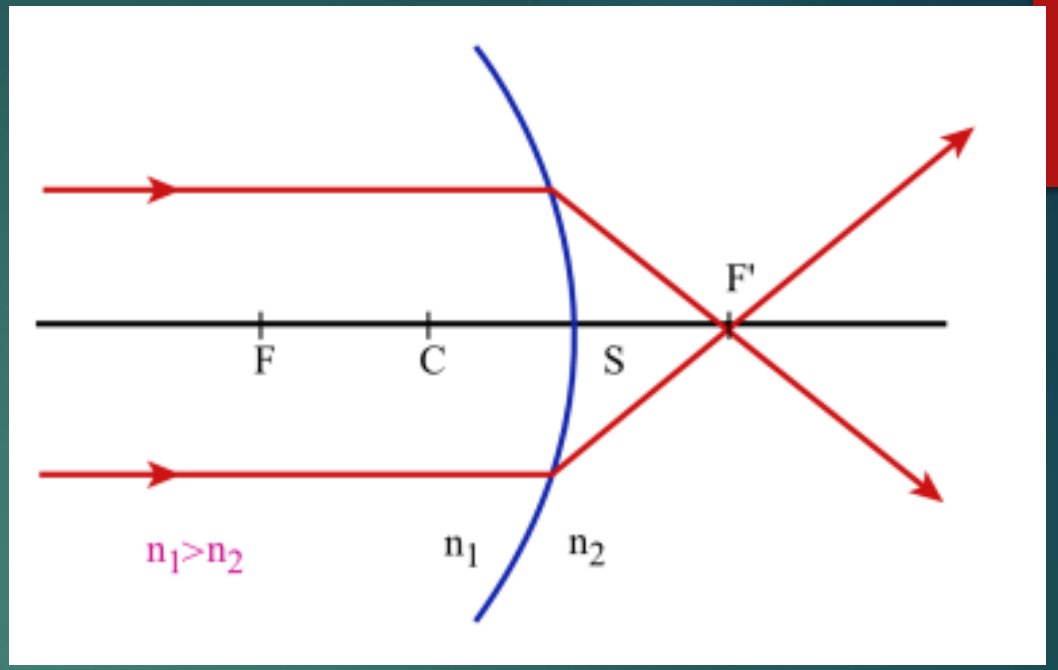
Relation entre distance focale et vergence:

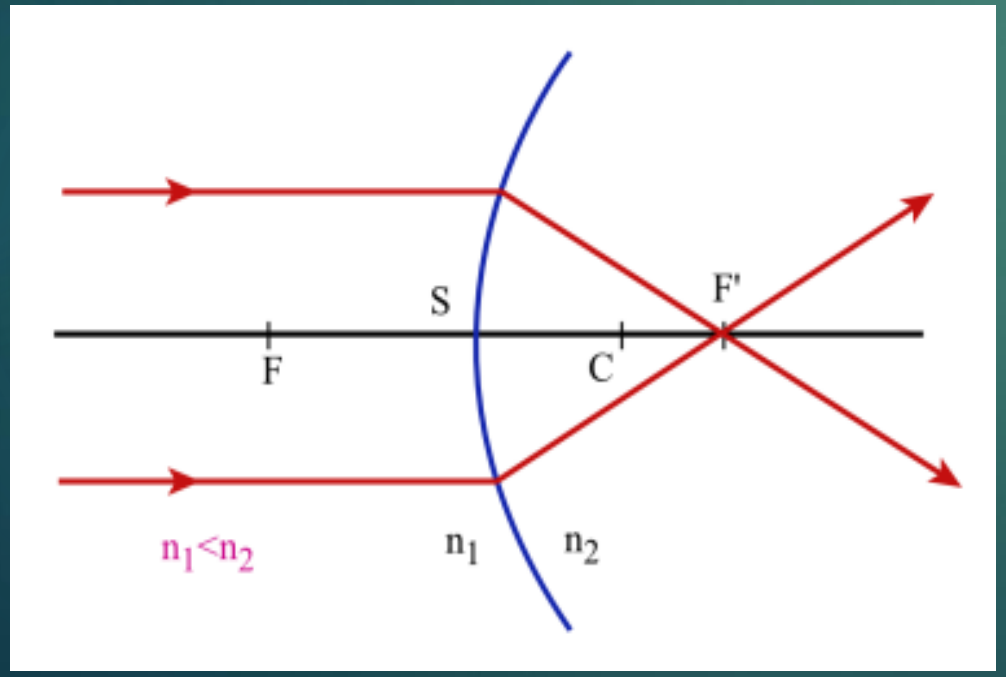
$$D = -\frac{n_1}{f} \text{ ou } D = \frac{n_2}{f'}$$

Si D > 0 donc f' > 0 et les foyers objets et images sont réels

Si D < 0 donc f' > 0 et les foyers objets et images sont virtuels


F
F'
C
S
$n_1<n_2$
n_1
n_2


F'
F
C
S
$n_1>n_2$
n_1
n_2


S
F'
F
C
$n_1<n_2$
n_1
n_2

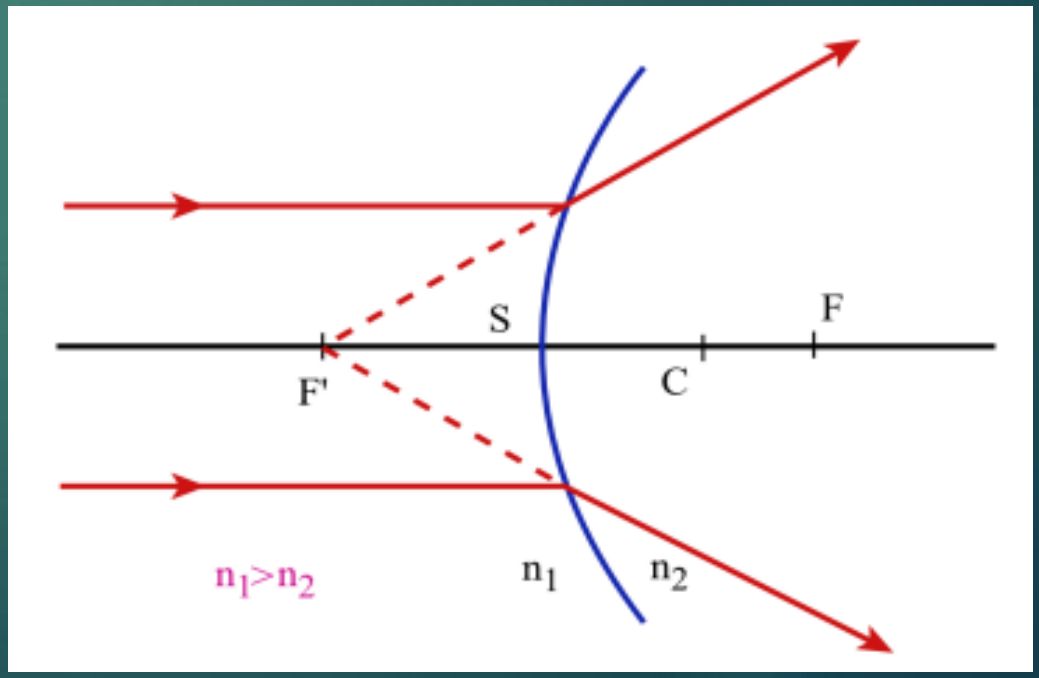
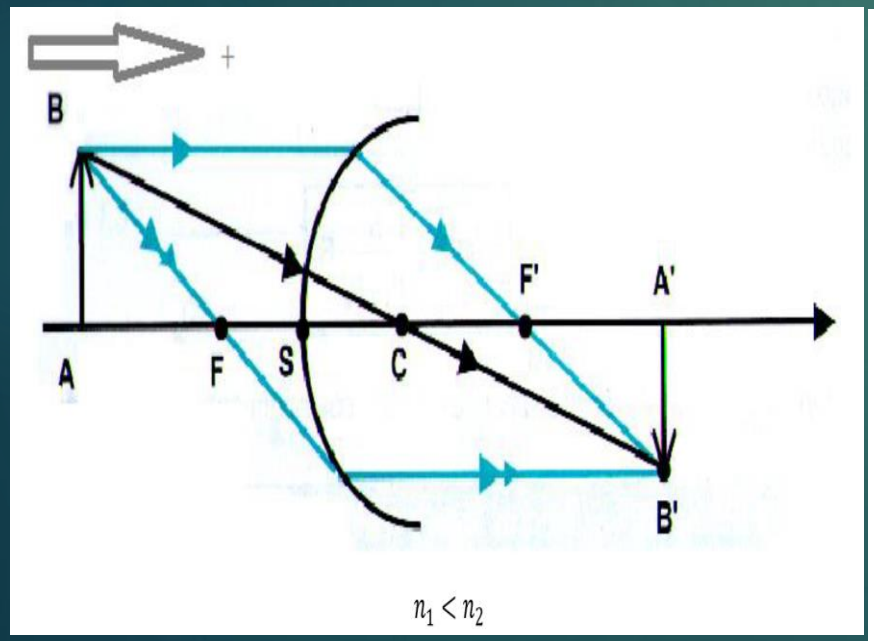
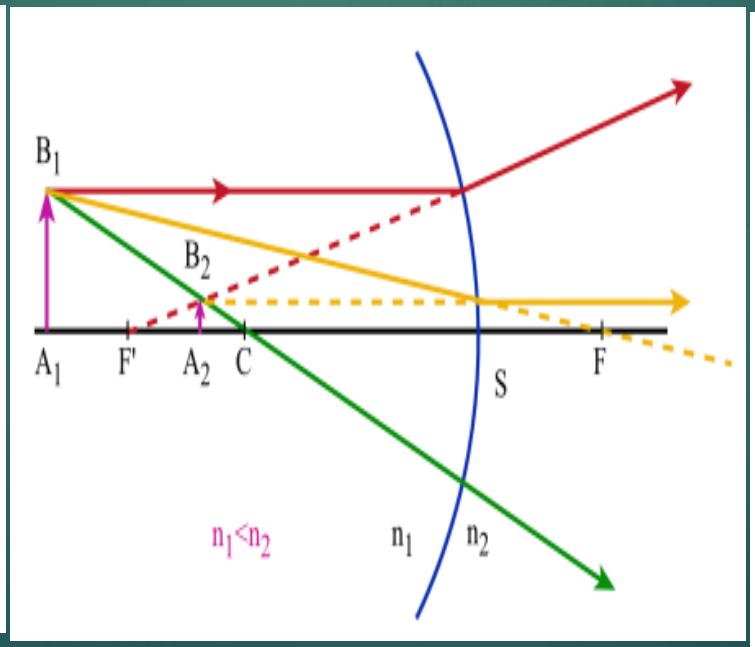
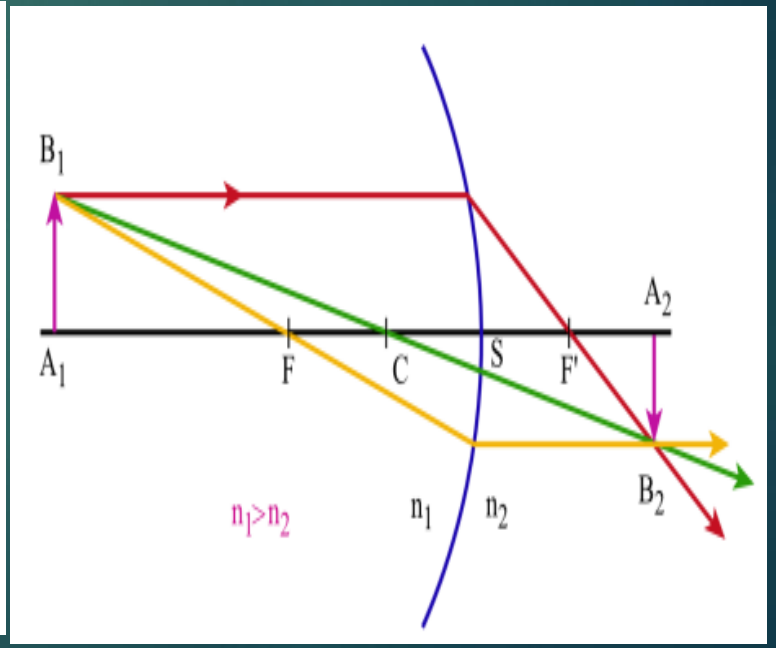

S
F
F'
C
$n_1>n_2$
n_1
n_2

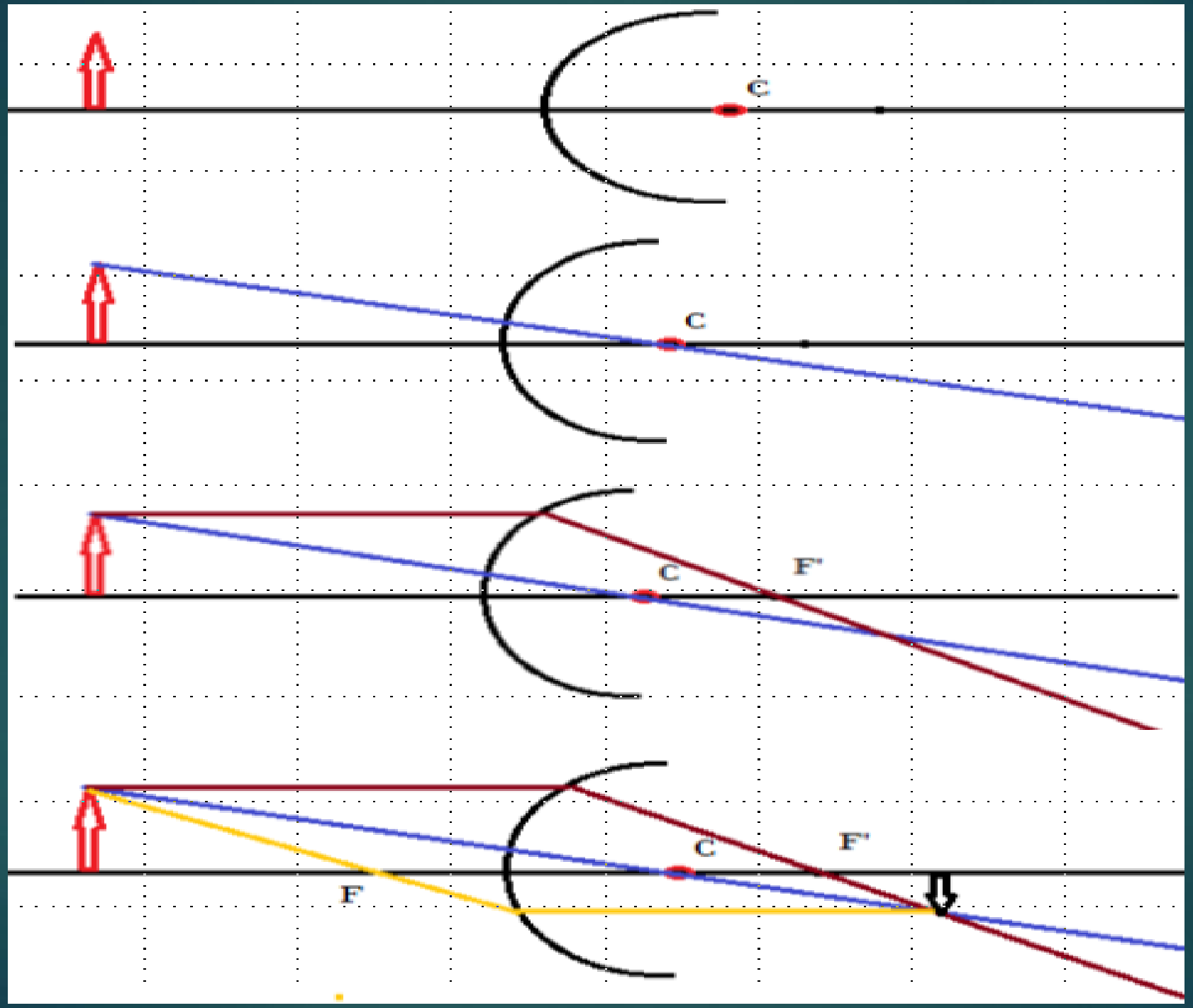
Image A'B' d'un objet AB:

- Dans les condition de Gauss
- Tout rayon passant par le centre de courbure C n'est pas dévié,
- Tout rayon incident parallèle à l'axe optique donne un rayon émergent passant par F',
- Tout rayon incident passant par F donne un rayon émergent parallèle à l'axe optique,
- L'image A'B' est PERPENDICULAIRE à l'axe optique,





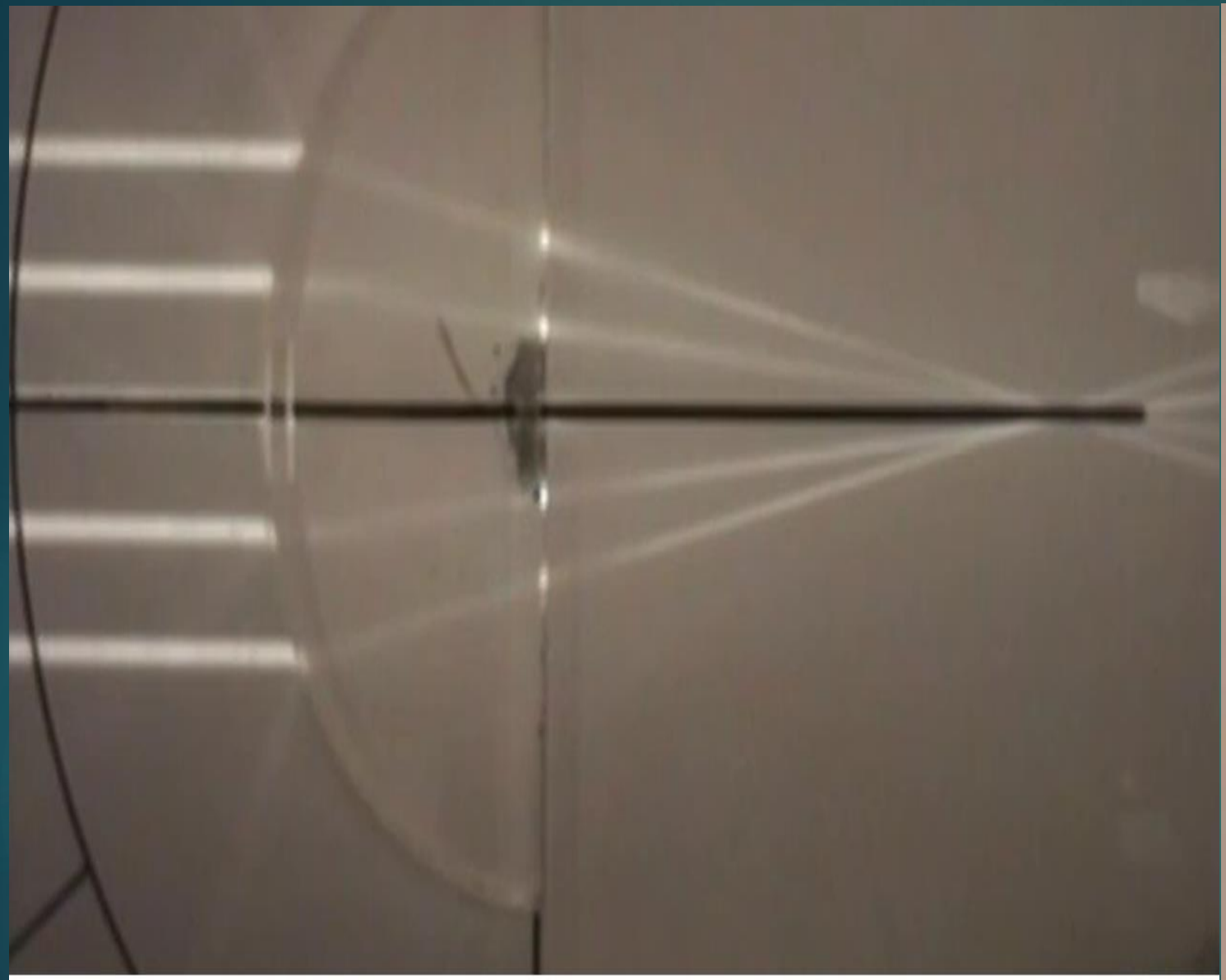



C
C
C
F'
C
F'
F

Relation de Newton: $\overline{F'S}, \overline{FS} = \overline{F'A'}, \overline{FA} = f, f' = f^2$

Grandissement transversale: $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$

- Si γ>0 alors l'image est et l'objet ont le même sens c.-à-d. l'image est dite « droite »
- Si γ <0 alors l'image est et l'objet ont deux sens opposé c.-à-d. l'image est dite « renversée »
- Si $|\boldsymbol{\gamma}| > \mathbf{1}$ l'image est plus grande que son objet
- Si $|\boldsymbol{\gamma}| < \mathbf{1}$ l'image est plus petite que son objet



Dioptre sphérique convergent

Dioptre sphérique divergent

Les miroirs plans et sphériques

On appelle miroir une surface de verre recouverte d'un mince dépôt métallique qui la rend parfaitement réfléchissante.

Miroirs plans :

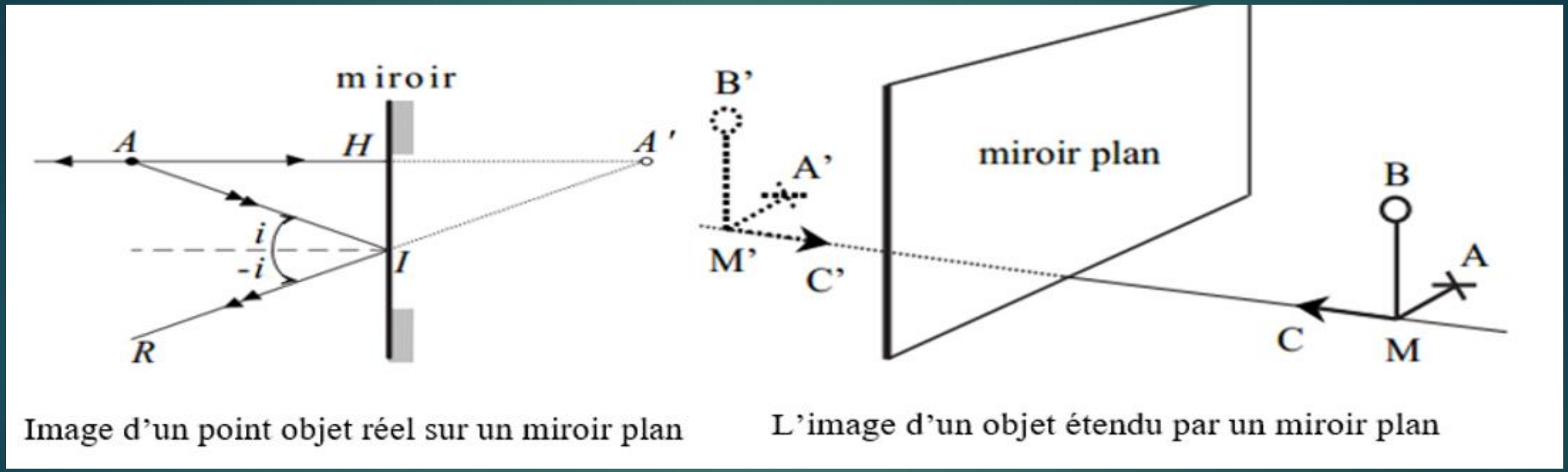


Image d'un point objet réel sur un miroir plan

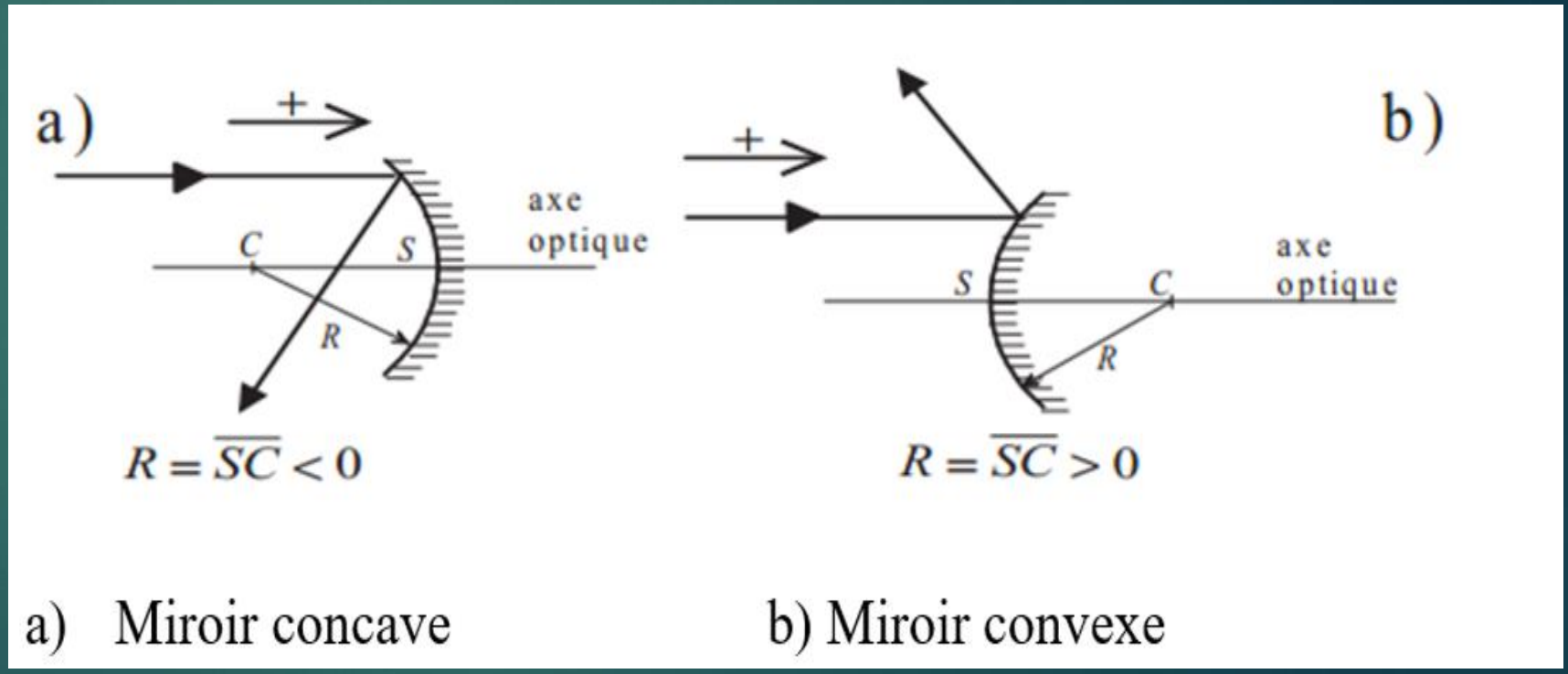
L'image d'un objet étendu par un miroir plan

D'après la loi de conjugaison du dioptre plan on a : $\frac{n_1}{\overline{SA}} = \frac{n_2}{\overline{SA'}}$ avec $n_1 = n_2 = 1$ (air)

$\overline{SA} = \overline{SA'}$ est la loi de conjugaison d'un miroir plan

Miroirs sphériques :

Un miroir sphérique est une portion de sphère parfaitement réfléchissante sur l'une de ces faces. On distingue de types de miroirs sphériques

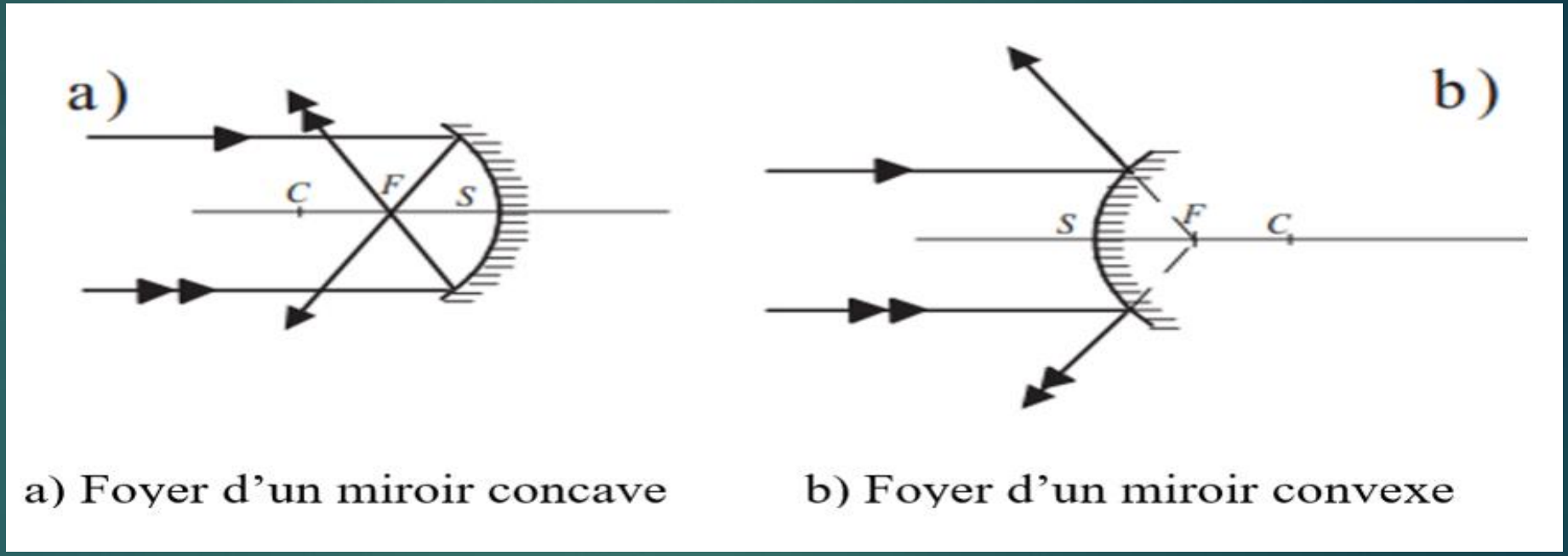


a) Miroir concave b) Miroir convexe

Le foyer d'un miroir sphérique (point foyer) :

Un point de l'axe optique est dit Foyer de telle manière, si tout objet placé en F son image se forme à l'infini sur l'axe optique, et inversement tout image formée en F son objet est à l'infini sur l'axe optique.

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



a) Foyer d'un miroir concave b) Foyer d'un miroir convexe

Si $\overline{SF} = \frac{\overline{SC}}{2} < 0$ le miroir est concave

Si $\overline{SF} = \frac{\overline{SC}}{2} > 0$ le miroir est convexe

Propriétés des rayons lumineux principaux:

- Un rayon passant par le centre optique C n'est pas dévié ;
- Un rayon passant par le sommet S d'un angle αest réfléchi par le même angle.
- Tout rayon parallèle à l'axe optique d'un miroir sphérique est réfléchi vers le point foyer ;
- Tout rayon incident passant le point foyer d'un miroir sphérique est réfléchi parallèlement à l'axe optique ;

Les relations de conjugaison des miroirs sphériques:

$\frac{1}{SA\prime} + \frac{1}{SA} = \frac{2}{SC}$ (Par rapport au Sommet)

$\overline{SA'} < 0 \Longrightarrow$ L'image est réelle ;

$\overline{SA'} > 0 \Longrightarrow$ L'image est virtuelle ;

Le grandissement transversale(linéaire) :

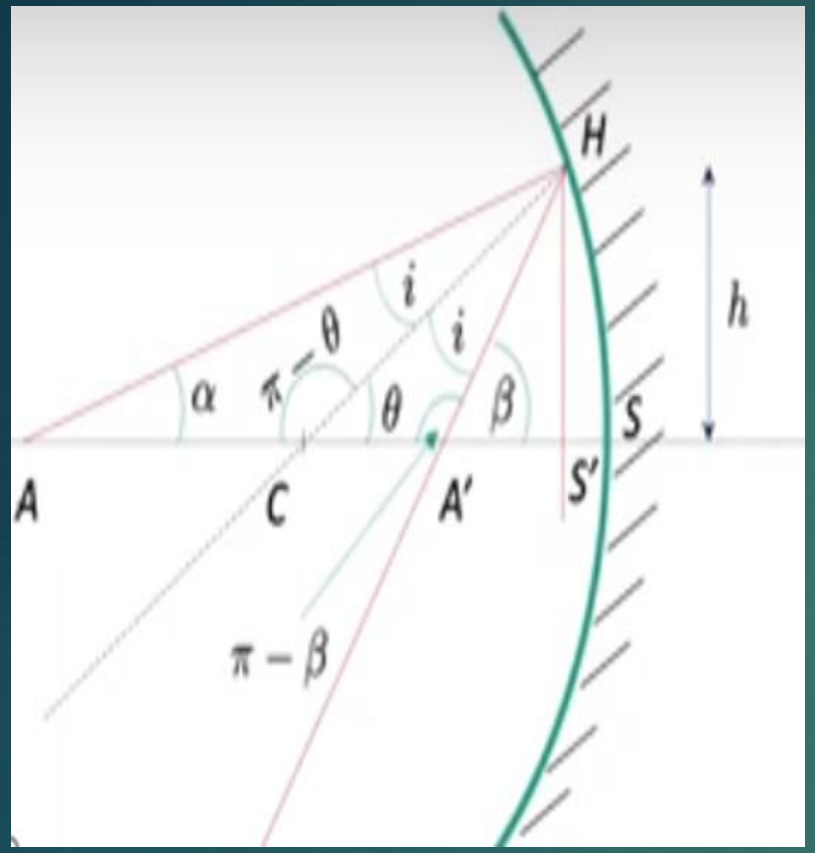
$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -\frac{\overline{SA'}}{\overline{SA}}$$

Si $\boldsymbol{\gamma > 0}$ l'image est droite

Si $\boldsymbol{\gamma < 0}$ l'image est renversée

Si $\boldsymbol{|\gamma| > 1}$ l'image est plus grande que son objet

Si $\boldsymbol{|\gamma| < 1}$ l'image est plus petite que son objet



Dans le triangle ACH : $\alpha + i + \pi - \theta = \pi \Longrightarrow \alpha = \theta - i$

Dans le triangle A'CH : $\theta + i + \pi - \beta = \pi \Longrightarrow \beta = \theta + i$

Si on est dans les conditions de Gauss(les angles sont petits et S' coïncide avec S)

$$tan\theta = \frac{h}{\overline{SC}}$$

$$tan\alpha = \tan(\theta - i) = \frac{h}{\overline{SA}} \approx \theta - i$$

$$tan\beta = \tan(\theta + i) = \frac{h}{\overline{SA'}} \approx \theta + i$$

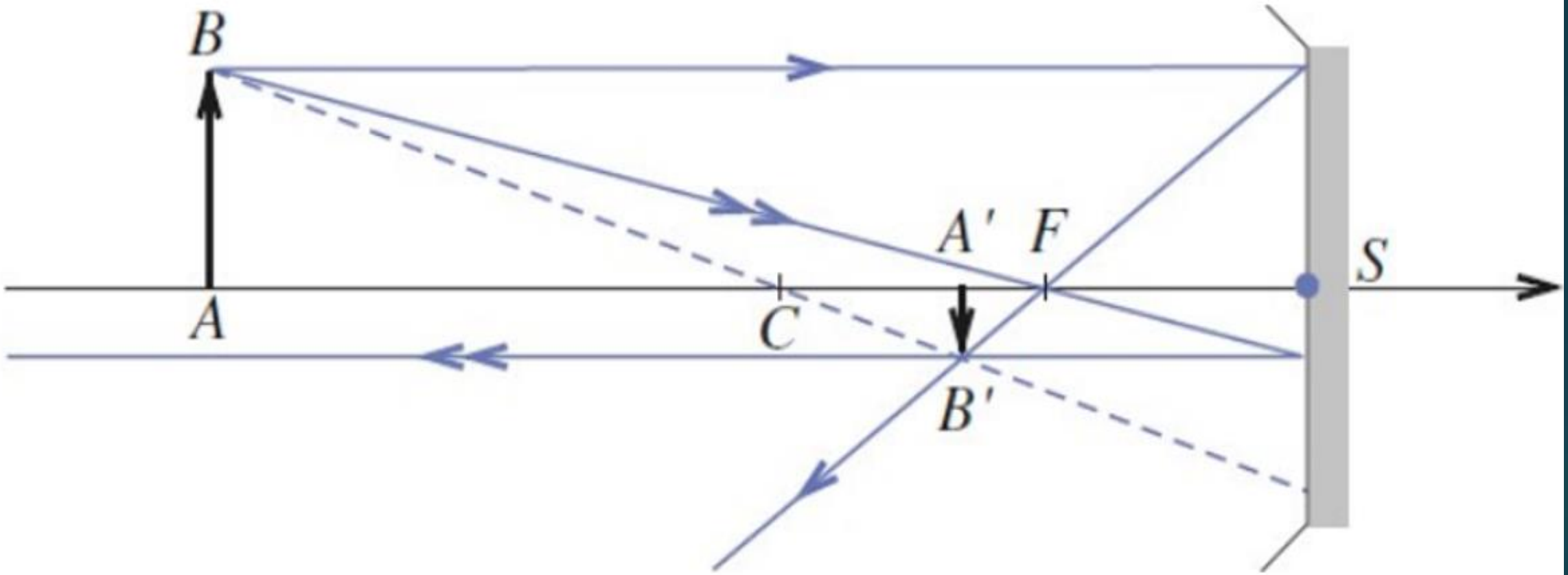
$$\frac{h}{\overline{SA}} + \frac{h}{\overline{SA'}} = 2\theta \Rightarrow \frac{h}{\overline{SA}} + \frac{h}{\overline{SA'}} = 2\frac{h}{\overline{SC}}$$

Alors on obtient : $\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{\overline{SC}}$

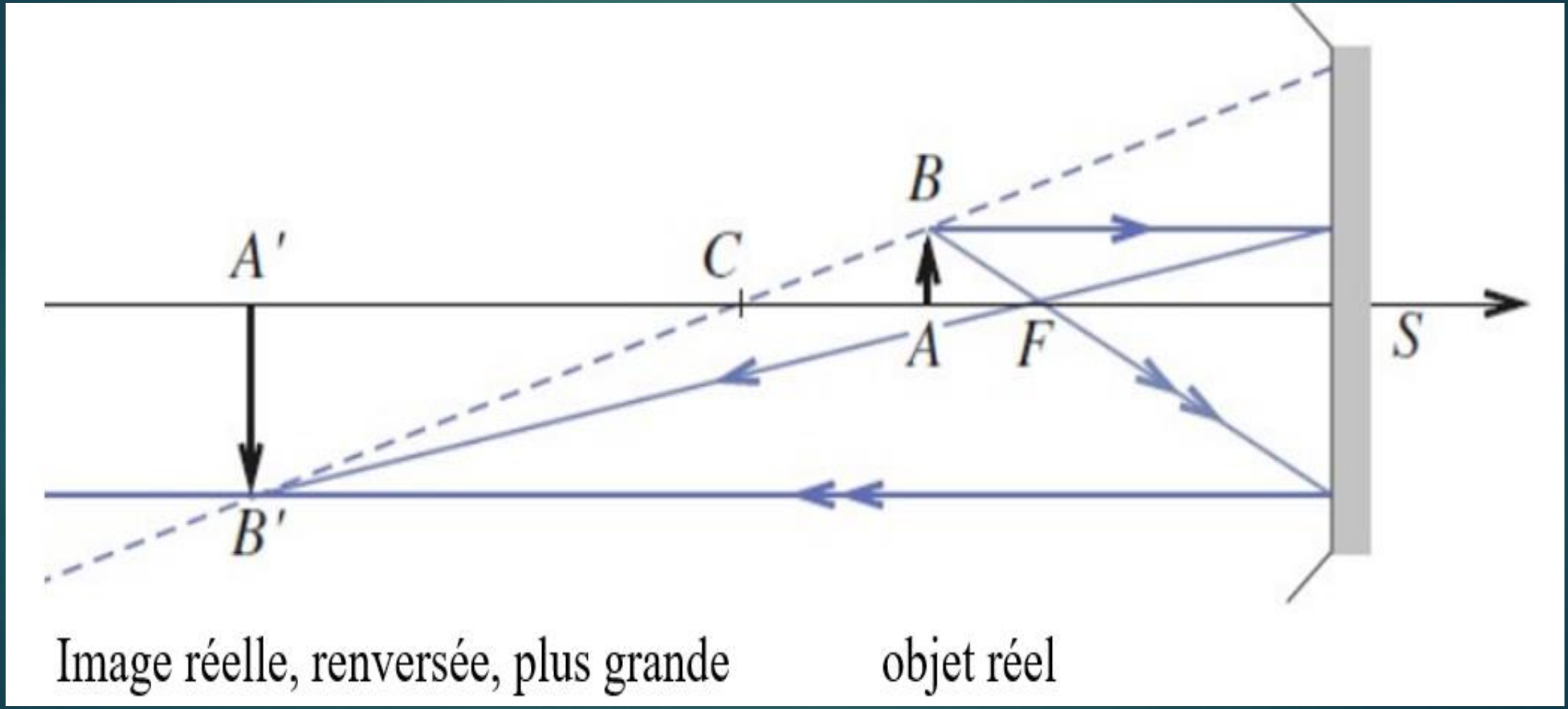
Miroirs sphériques concave

Constructions d'image d'un objet à travers un miroirs concave:

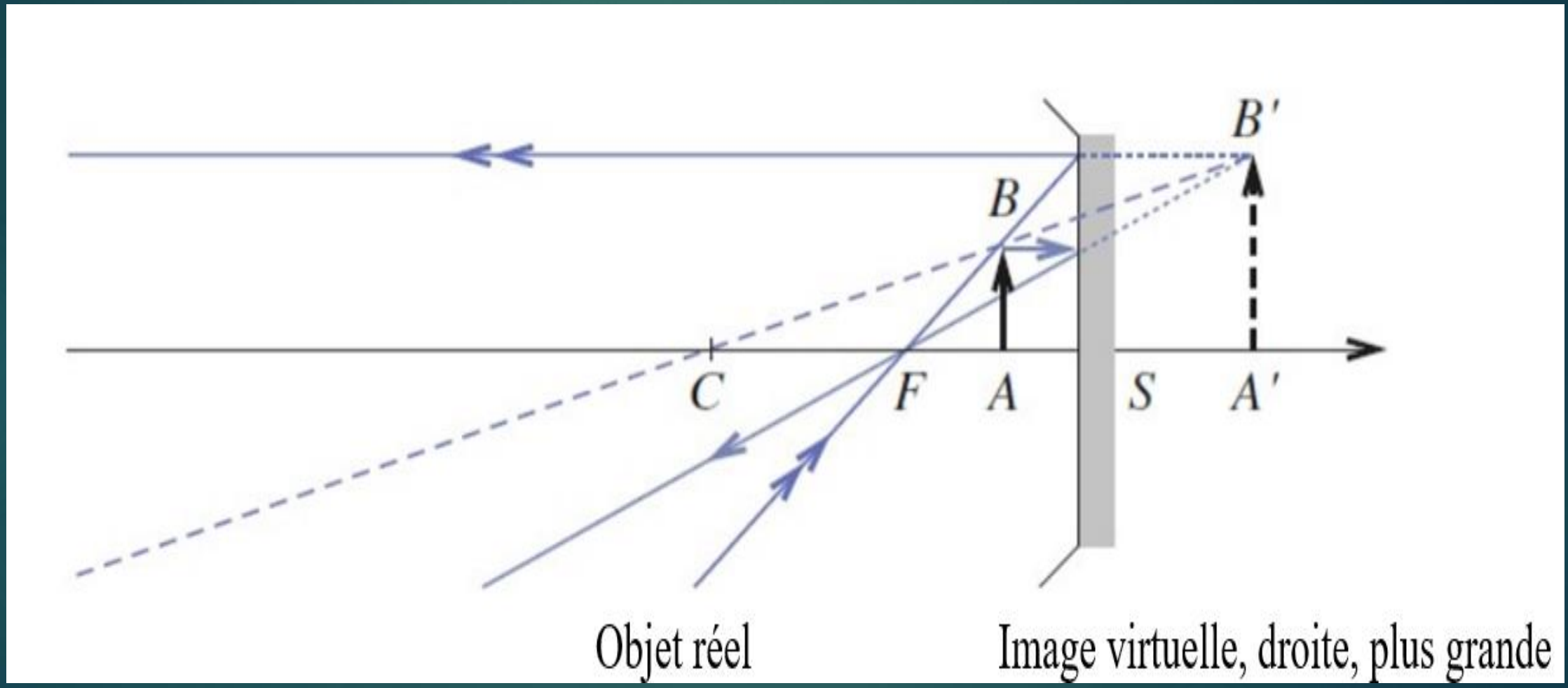
- $-\infty < \overline{SA} < \overline{SC}$



- $\overline{SC} < \overline{SA} < \overline{SF}$



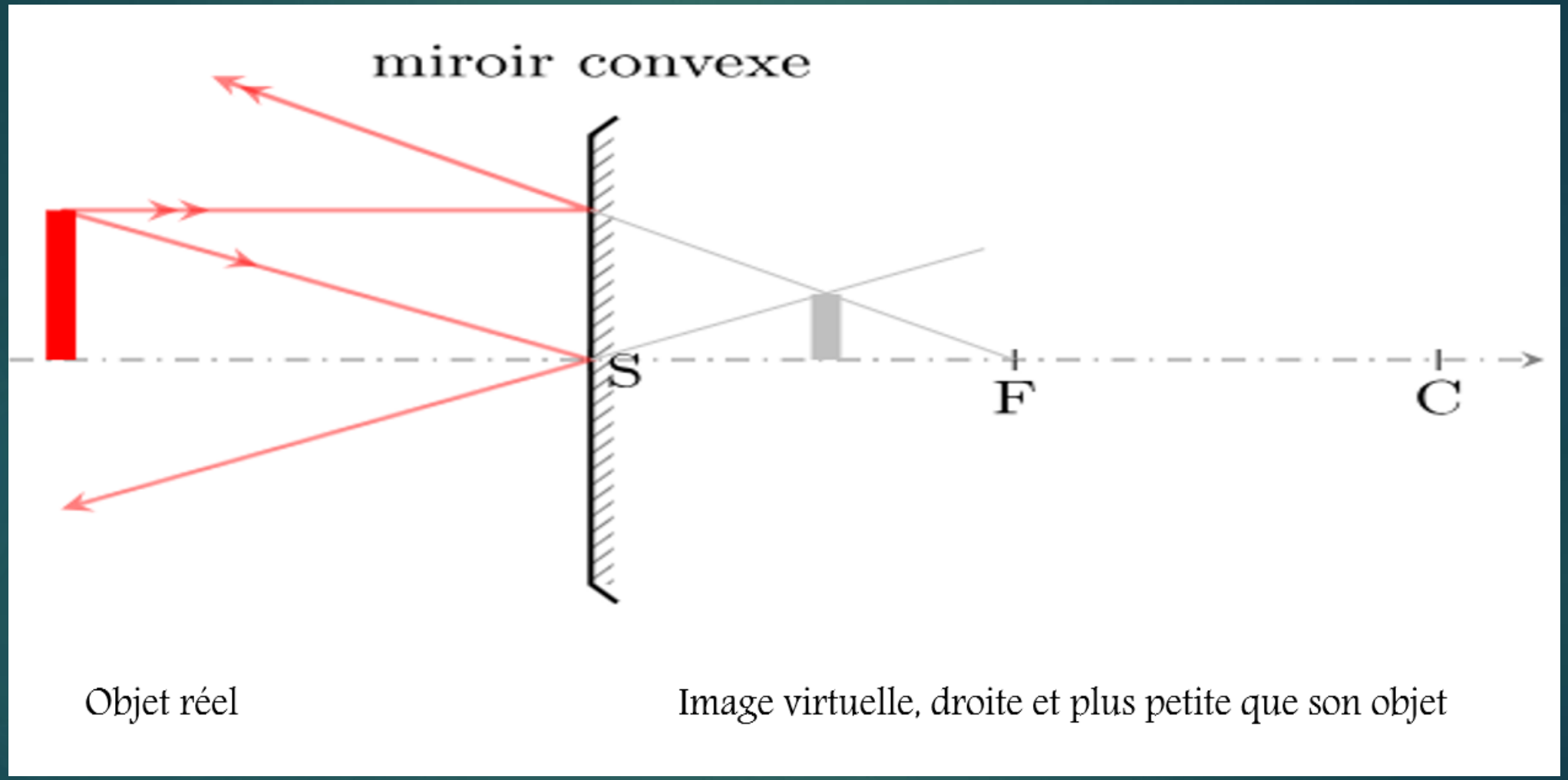
- $\overline{SF} < \overline{SA}$



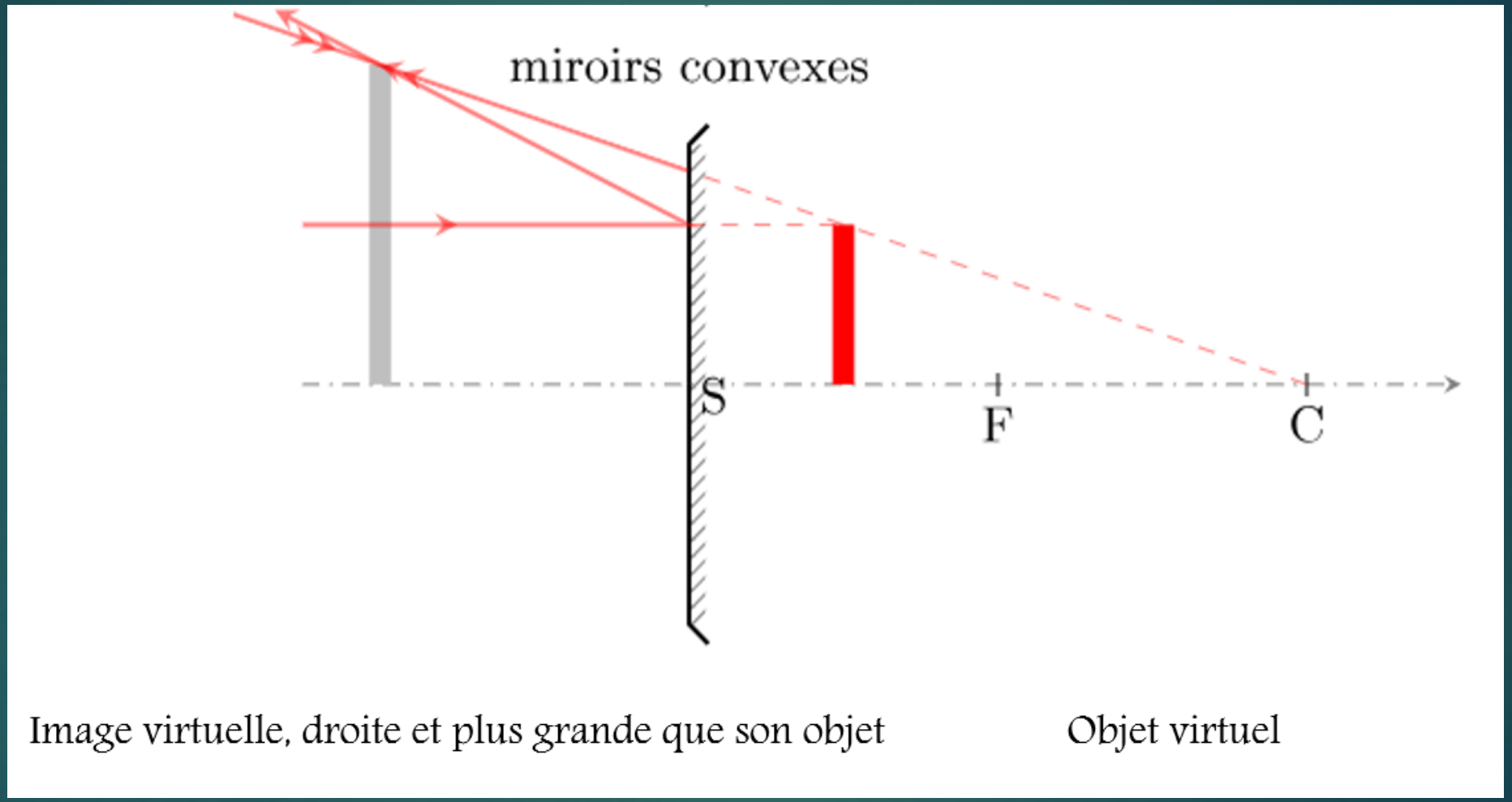
Miroirs sphériques convexe

Constructions d'image d'un objet à travers un miroirs convexe:

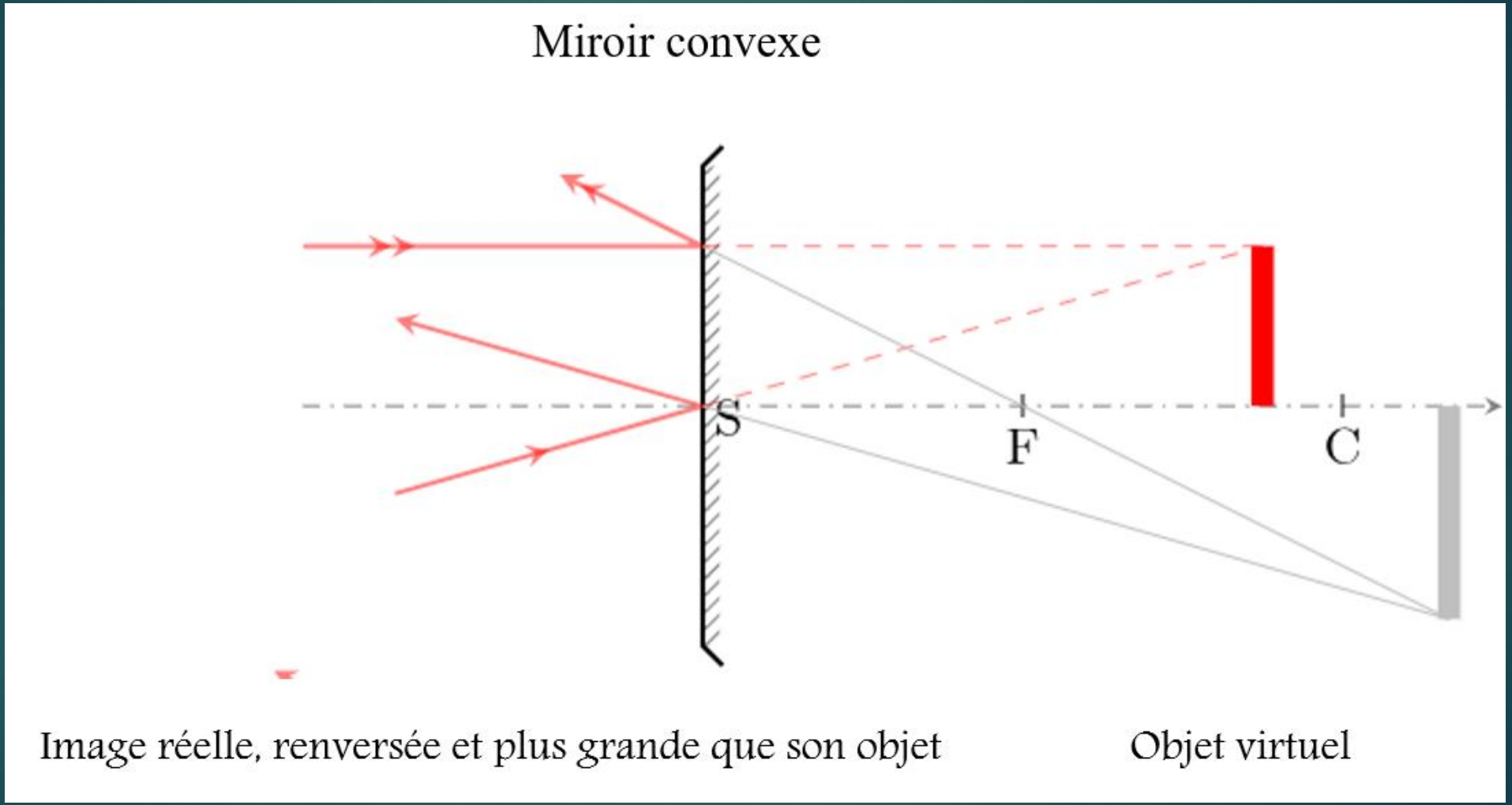
- $\overline{SA} < 0$



- $\overline{SA} < \overline{SF}$



- $\overline{SF} < \overline{SA}$



Merci pour votre attention