الكلية المتعددة التخصصات - خريبكة -

جامعة السلطان مولاي سليمان
ⵜⴰⵙⴷⴰⵡⵉⵜ ⵙⵙⵓⵍⵟⴰⵏ ⵎⵓⵍⴰⵢ ⵙⵍⵉⵎⴰⵏ
Université Sultan Moulay Slimane

# Cours d'Optique Géométrique

## Filières_SMPC_$S_2$

Y . BAHOU

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2019-2020

# Chapitre IV

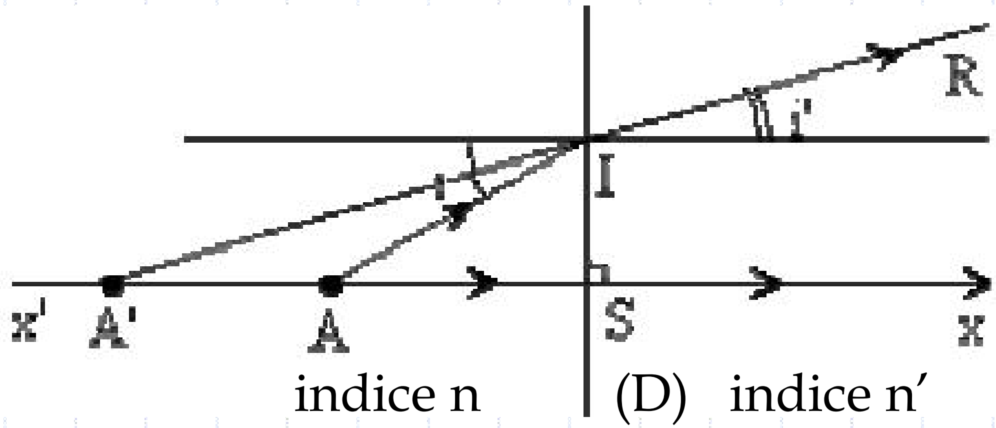
*La réfraction de la Lumière*

La réfraction de la lumière peut se définir comme le changement de direction d'un rayon incident quand ce dernier passe d'un milieu à un autre milieu différent.

## I- Le Dioptre plane :

Un dioptre plan est une surface séparent deux milieux homogènes transparents d'indices différents.

### 1– construction géométrique – recherche du stigmatisme



Soit (D) la surface de séparation de deux milieux homogènes et isotopes respectifs n et n′.

Soient A un point lumineux situé dans le premier milieu et x′x la normale à (D) passant par A et S.

Un rayon incident quelconque AI donne un rayon réfracté IR dans le plan d'incidence (I, x′x) dont la position est définie par l'angle i′ tel que :

$$n' \sin i' = n \sin i$$

Le rayon incident AS normal au dioptre le traverse sans déviation. Les deux rayons émergents IR et Sx se coupent en A′.

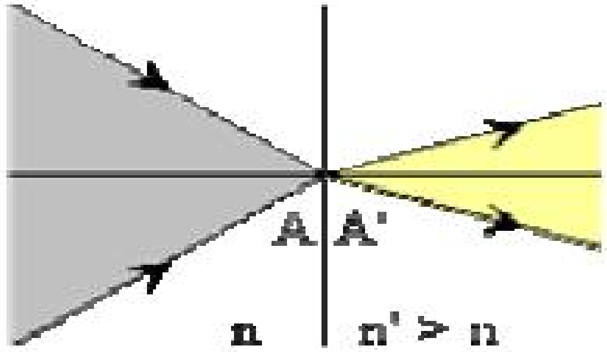
Pour qu'il y ait stigmatisme il faut que A′ ne varie pas avec l'inclinaison du rayon AI.

$$SI = SA\tan i = SA'\tan i' \quad donc \quad \overline{SA'} = \overline{SA}\frac{\tan i}{\tan i'}$$

Quand i varie, i' varie dans le même sens, le rapport des sinus de ces angles restent constant mais le rapport de leurs tangentes ne reste pas constant donc A' varie. Il n'y a pas stigmatisme pour un point A quelconque sauf dans deux cas particuliers :

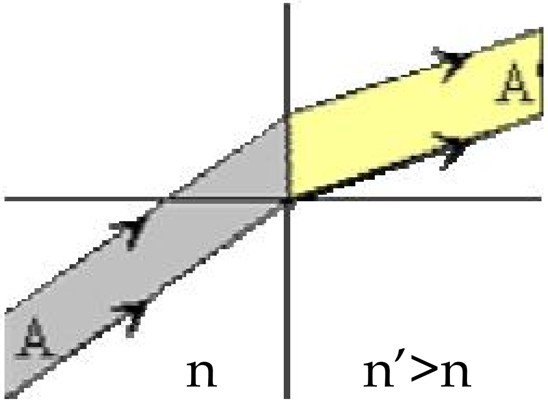
## ***le point A est sur la surface du dioptre***

Si SA=SA' : tout point de la surface réfractant est à lui-même son image.




Un faisceau conique convergent de sommet A donne un faisceau divergent de même sommet mais d'ouverture différente.

## *le point A est à l'infini*




Tous les rayons incidents provenant d'un point A à l'infini sont parallèles et donnent des rayons réfléchis également parallèles entre eux.

L'image A' est donc aussi à l'infini mais dans une direction en général différente.

## 2- *Stigmatisme approché :*

La relation précédente peut s'écrire $\overline{SA'} = \overline{SA}\dfrac{n'\cos i'}{n\cos i}$

et devient, au 2ème ordre près lorsque les angles sont faibles, $\overline{SA'} = \overline{SA}\dfrac{n'}{n}$

Dans ces conditions, <u>tous les rayons issus de A passent par A'</u>. Il y a stigmatisme approché pour tout point à distance finie qui n'envoie sur la surface qu'un faisceau de rayons peu inclinés par rapport à la normale.

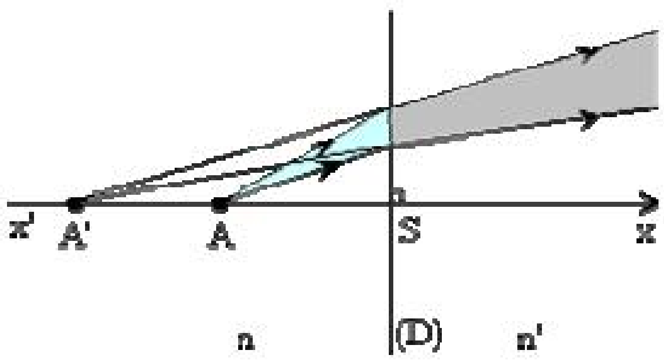
La formule précédente est <u>la relation de conjugaison</u> des dioptres sphériques plans dans les conditions de stigmatisme approché, particulièrement pour les conditions d'approximations de Gauss, c'est-à-dire :

- Dioptre de faible ouverture
- Objet plan de petite dimension perpendiculaire à l'axe principale et centré sur cet axe

Dans ces conditions, l'image est acceptable, plane perpendiculaire à l'axe et égale à l'objet.

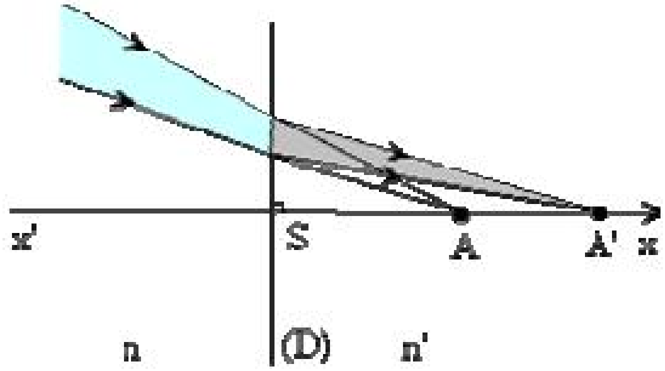
## *3- Nature des images :*

### *a- Objet réel (n<n') :*




L'image A' est virtuelle, $\overline{SA'} > \overline{SA}$

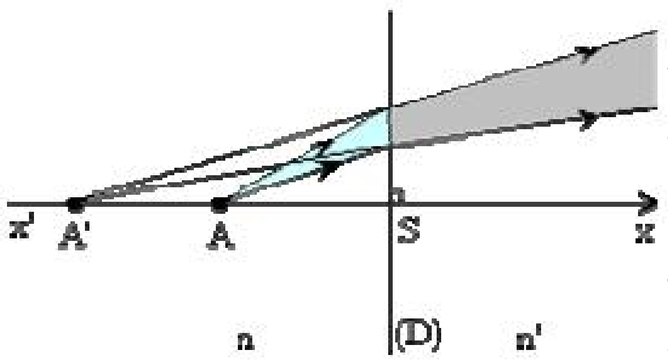
### *b- Objet virtuel (n<n') :*




L'image A' est réelle $\overline{SA'} > \overline{SA}$

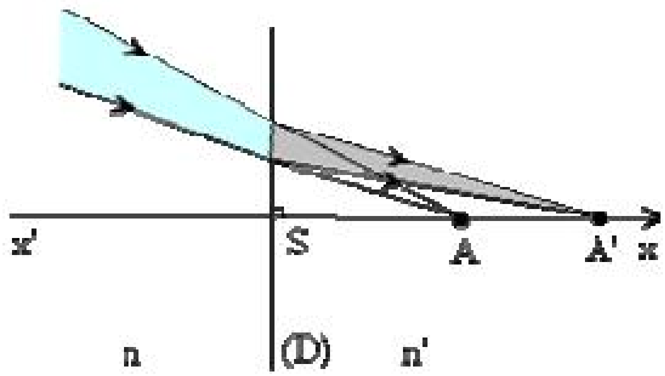
## 3- Nature des images :

### a- Objet réel (n<n′) :



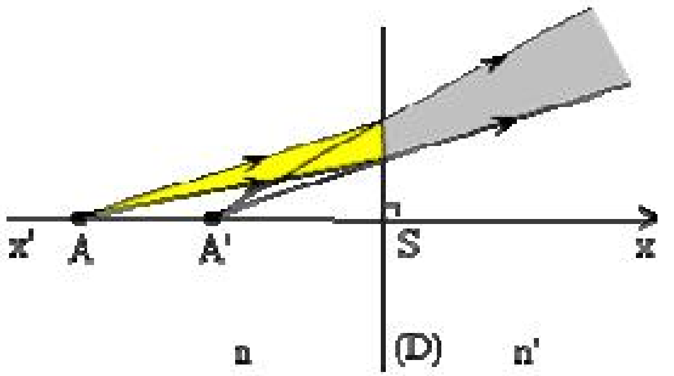

L′image A′ est virtuelle, $\overline{SA'} > \overline{SA}$

### b- Objet virtuel (n<n′) :



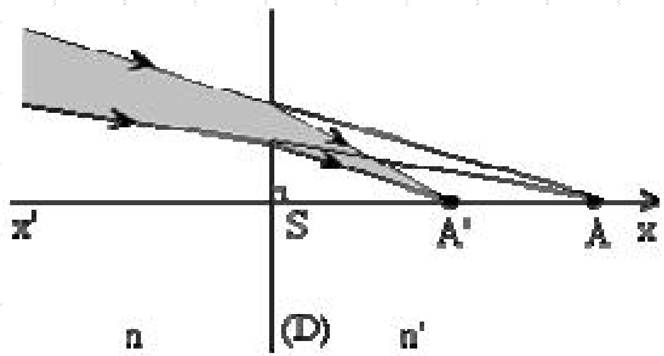

L′image A′ est réelle $\overline{SA'} > \overline{SA}$

### C- Objet réel (n′<n) :




L′image A′ est virtuelle, $\overline{SA'} < \overline{SA}$

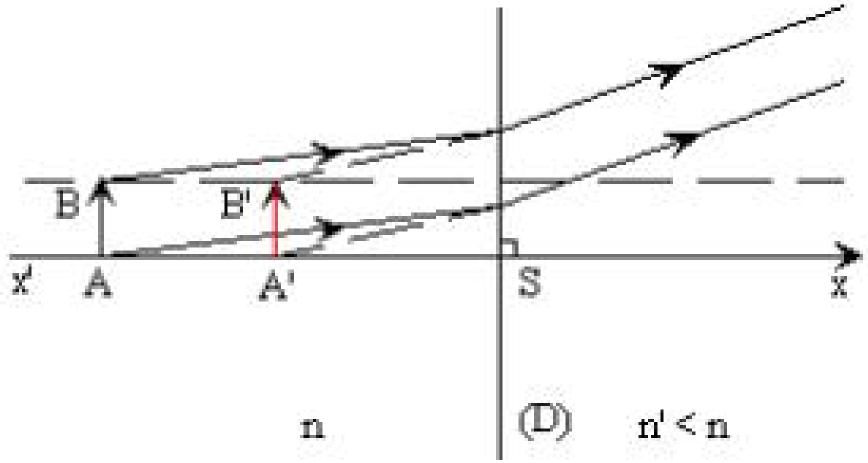
### d- Objet virtuel (n′<n) :




L′image A′ est réelle, $\overline{SA'} < \overline{SA}$

## 4- *Application :*

### *- Objet parallèle au dioptre plan*




Les points A et B étant à la même distance du dioptre, leurs images A′ et B′ le sont également.

L'image A′B′ a même orientation que l'objet AB et même dimension : $\overline{A'B'} = \overline{AB}$

$\Gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = 1$ alors l'objet et l'image ont même taille.

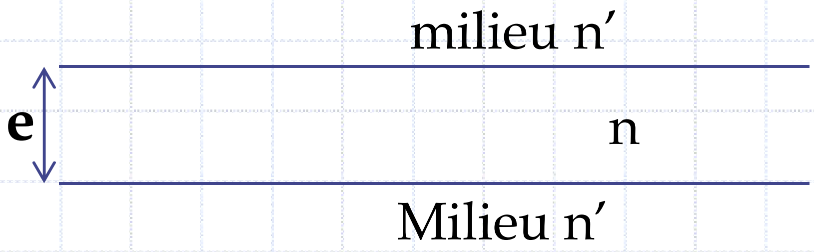
$\Gamma < 0$ alors l'image A′B′ est renversée par rapport à l'objet

$\Gamma > 0$ alors l'image A′B′ est droite par rapport à l'objet

## *II- La lame à faces parallèles :*

Une lame à faces parallèles se définie comme une association de deux dioptres plans //.

On se limite au cas ou les deux faces de la lame se trouvent dans le même milieu. On la représente par :




Une lame à faces // est caractérisée par son indice n et son épaisseur e. le milieu dans lequel plonge la lame est généralement l'air d'indice égale à l'unité.

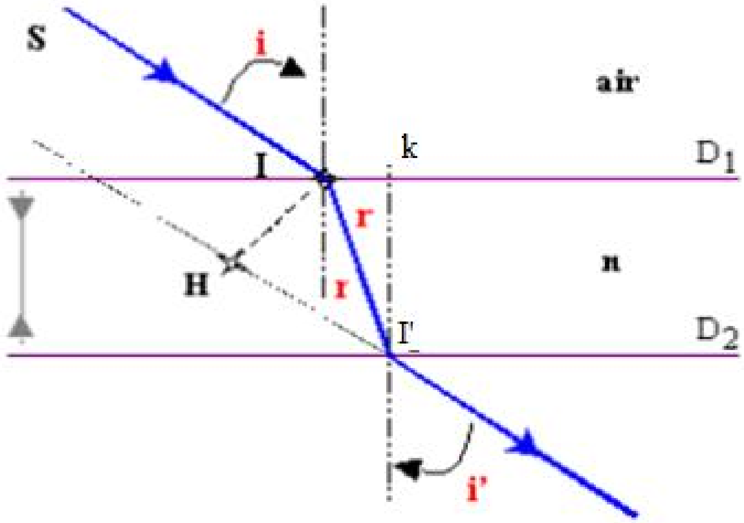
## 1- Propriétés des lames à faces parallèles :

Sur le dioptre D1 :

$$1.\sin i = n.\sin r$$

Sur le dioptre D2 :

$$n.\sin r = \sin i'$$




On conclut que i=i' c'est-à-dire que le faisceau I'R sortant de la deuxième face est // à SI. on dira que le faisceau incident n'est pas dévié mais subit seulement un déplacement latéral.

## 2- Calcul du déplacement latéral d :

$$\text{dans le triangle (IHI') } \sin(i-r) = \frac{\overline{IH}}{II'}$$

$$\text{dans le triangle (KII') } \cos r = \frac{\overline{I'K}}{II'}$$

$$\text{alors : } \overline{HI} = d = e.\sin(i-r)/\cos r$$

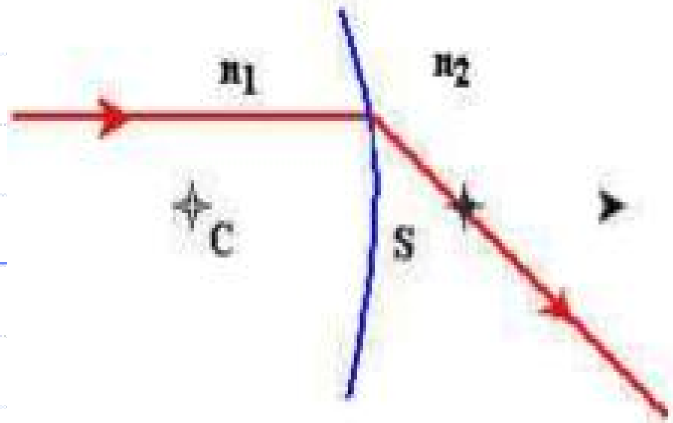
## *III- Le dioptre sphérique :*

### *1- Généralités :*

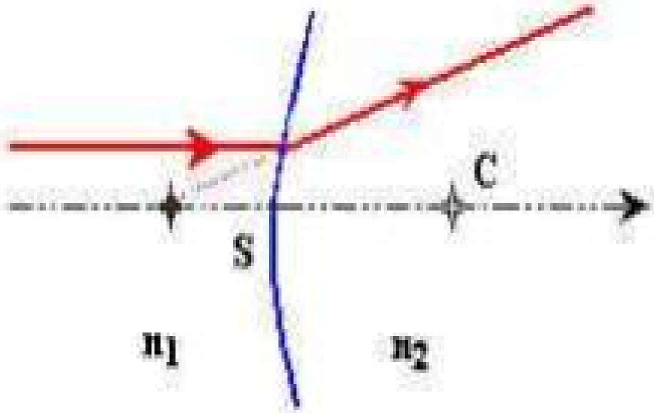
Un dioptre sphérique est constitué par l'association de deux milieux transparents et homogènes d'indices différents telle que la surface de séparation est sphérique.

Il est caractérisé par un centre C, un sommet S et un rayon R=SC. On parlera de deux types de dioptres :

- Dioptre sphérique convergent : caractérisé par un centre C se trouvant dans le milieu le plus réfringent (indice le plus élevé).
- Dioptre sphérique divergent : caractérisé par un centre C se trouvant dans le milieu le moins réfringent (indice le moins élevé)




Dioptre convergent

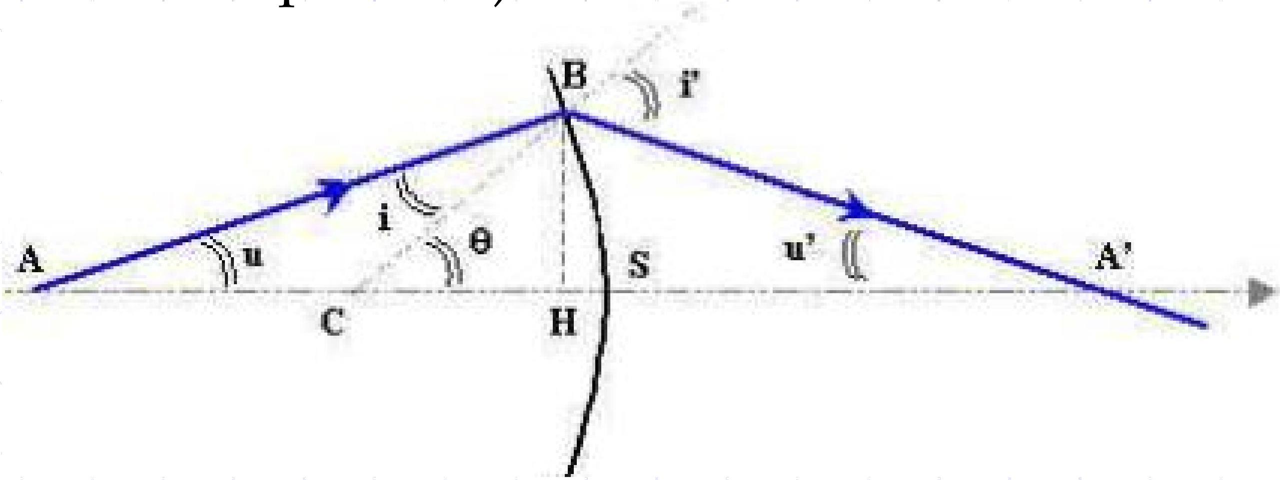



Dioptre convergent

## *2- Recherche du stigmatisme pour les dioptres sphériques :*

### *a- Stigmatisme rigoureux*

Dioptre sphérique convergent, A est placé sur l'axe optique devant la face d'entrée de ce dioptre. Construction l'image A′ de A à travers le dioptre (on considère que n>n′).



- Cherchons si l’image A′ de A ne dépend pas de la direction du rayon incident

Nous avons : $tg\,u = \overline{HB}/\overline{AH},\ tg\,\bar{\ } = \overline{HB}/\overline{CH}$ et $tgu' = \overline{HB}/\overline{HA'}$

En plus : $u + i + ® - \bar{\ } = ®\ et\ \bar{\ } + u' + ® - i' = ®$

donc : $i = \bar{\ } - u\ et\ i' = \bar{\ } + u'$ et puisque n sin i=n′ sin i′

On remarque que la position A′ est fonction de u′ et que u′ est fonction de i′ et i est lui-même fonction de i, donc on conclut qu’on ne peut pas avoir pas de stigmatisme rigoureux sauf si le point A est au centre C ou sur la surface du dioptre.

## b- Stigmatisme approché et formule de conjugaison

On se place dans les conditions d'approximation de Gauss pour lesquelles les angles d'incidences sont petits.

Dans ces conditions nous : $tg\, u \approx u\ ;\ tg\, \overline{\ } \approx \overline{\ }\quad et \quad tgu' \approx u'$

et puisque : $i = \overline{\ } - u \quad alors \ : i = (\overline{HB} / \overline{CH}) - (\overline{HB} / \overline{AH})$

et puisque : $i' = \overline{\ } + u' \ alors \ : i' = (\overline{HB} / \overline{CH}) + (\overline{HB} / \overline{HA'})$

On la loi de Descartes donne : $n.\sin i = n'.\sin i'\ c.à.d\ \ n.i = n'.i'$

donc : $n.(\overline{HB} / \overline{CH}) - n.(\overline{HB} / \overline{AH}) = n'.(\overline{HB} / \overline{CH}) + n'.(\overline{HB} / \overline{HA'})$

et comme H=S alors on obtient (1) : $\boxed{\dfrac{n'}{\overline{SA'}} - \dfrac{n}{\overline{SA}} = \dfrac{(n'-n)}{\overline{SC}}}$

C'est la relation de conjugaison des dioptres sphériques dans les conditions d'approximation de Gauss avec origine au sommet S.

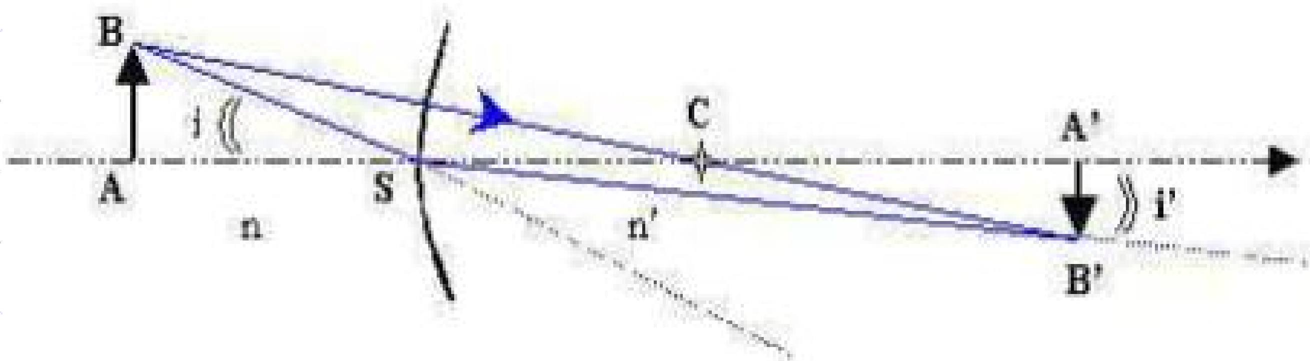
On peut aussi écrire une autre relation de conjugaison des dioptres sphériques avec origine au centre C :

On développant (1) $n'.(\overline{Sc} + \overline{CA}).\overline{A'C} = n.(\overline{Sc} + \overline{CA'}).\overline{AC}$

$$\boxed{\frac{n}{\overline{CA'}} - \frac{n'}{\overline{CA}} = \frac{(n - n')}{\overline{CS}}}$$

## 3- Grandissement linéaire :

A'B' est l'image d'un objet AB à l'aide du dioptre sphérique convergent de sommet S.




$$\Gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

*nous avons* $n.\sin i = n'\sin i'$

*et dans le cas les angles sont petites*:

$n.\overline{AB}/\overline{AS} = n'.\overline{A'B'}/\overline{A'S}$

$$\Gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{n.\overline{SA'}}{n'.\overline{SA}}$$

## 4- Points et plans focaux :

### a-foyers objet et image

Le foyer objet F est un point objet défini quand l'image est à l'infini, c.à.d. A' à l'infini. À partir de la relation de conjugaison :

$$\frac{(n'-n)}{\overline{SC}} = (0) - \frac{n}{\overline{SF}} \quad \Rightarrow \; f = \overline{SF} = n.\overline{SC}\,/(n - n')$$

Le foyer image F' est un point image défini quand l'objet est à l'infini, c.à.d. A à l'infini. À partir de la relation de conjugaison :

$$\frac{(n'-n)}{\overline{SC}} = \frac{n'}{\overline{SF'}} - (0) \quad \Rightarrow \; f' = \overline{SF'} = n'.\overline{SC}\,/(n'-n)$$

Entre les deux relations nous pouvons décrire :

$$\overline{SF'}/\overline{SF} = f/f' = -n/n'$$

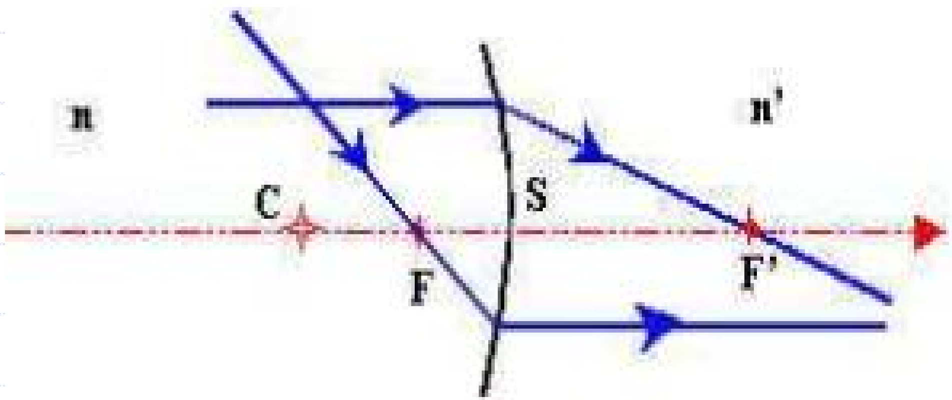
et puisque n et n′ >0 alors f et f′ de signes contraires. Les foyers objets et image sont toujours de part et d'autre du sommet S du dioptre.

## *Remarque* :

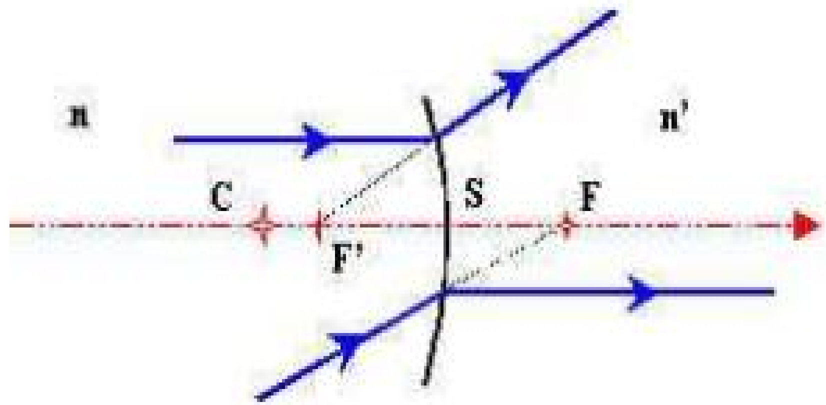
1- un dioptre sphérique est dit convergent si sa distance focale f′ image est positive.

2- un dioptre sphérique est dit divergent si sa distance focal f′ image est négative.

***1ère cas : n>n′ dioptre convergent***



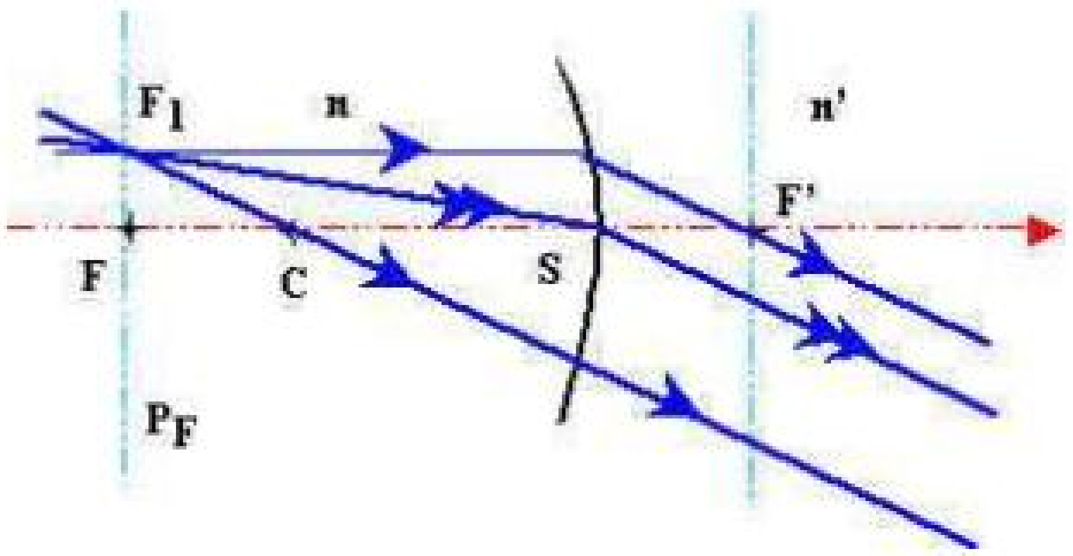

***2ème cas : n<n′ dioptre divergent***



## *b- plans focaux objet et image*

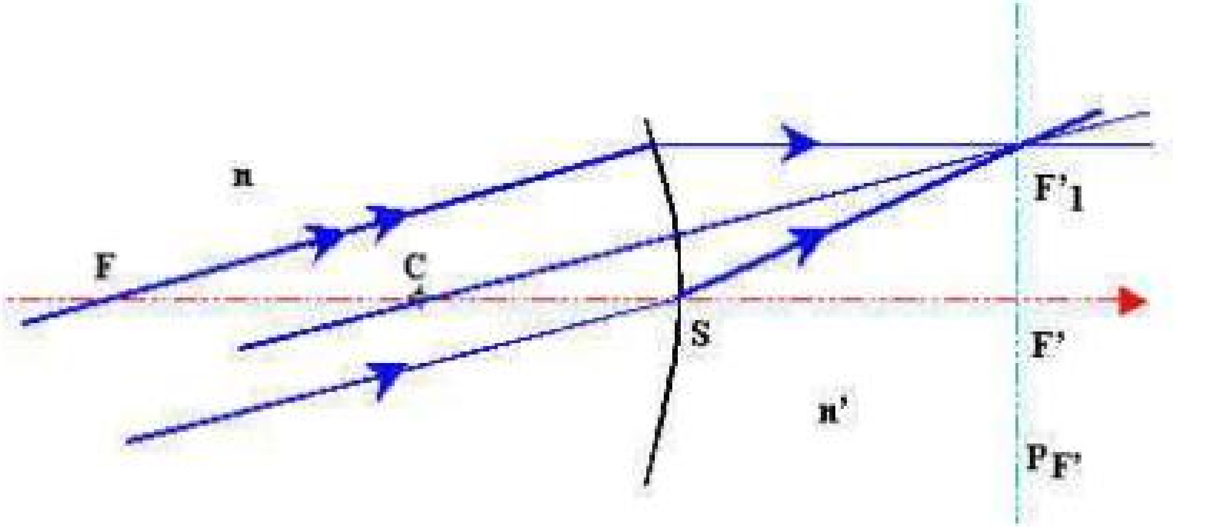
Ce sont des plans perpendiculaire à l'axe principale et passant par les points foyers objet et image respectivement on les notes $P_F$ et $P_{F'}$

***1- propriété du plan focal objet :***




Tous les rayons passant par F1 appartenant à $P_F$ émergerons parallèlement à CF1. F1 est appelé foyer objet secondaire.

## 1- propriété du plan focal image :




Tous les rayons émergeant passant par F'1 appartenant à $P_{F'}$ auront des incidents parallèles à CF'1. F'1 est appelé foyer image secondaire.

## 5- Formule de Newton :

$$\frac{n'}{\overline{SA'}} - \frac{n}{\overline{SA}} = \frac{(n'-n)}{\overline{SC}} \quad on \ \ multiplie \quad par \ \ \overline{SC}/(n'-n)$$

$$\overline{SA'} = \overline{SF'} + \overline{F'A'} \ \ et \ \ \overline{SA} = \overline{SF} + \overline{FA}$$

$$\Rightarrow \ f.f' - \overline{FA}.\overline{F'A'} = 0$$

## *6- la vergence d'un dioptre :*

La vergence d'un dioptre objet (image) est le produit de l'indice du milieu par l'inverse de la mesure algébrique, à partir du sommet de la position de l'objet (image). L'unité de la vergence est la dioptrie δ en $m^{-1}$

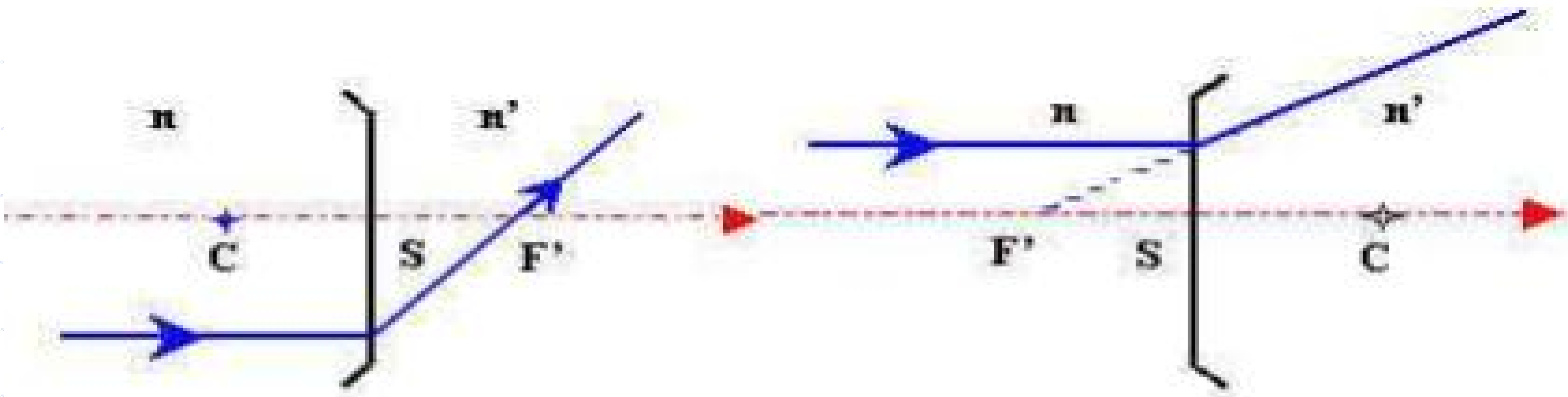
$$Pour\ un\ objet\ nous\ avons\ la\ vergence\ de\ l'objet\ V_A = n / \overline{SA}$$

$$Pour\ une\ image\ nous\ avons\ la\ vergence\ de\ l'image\ V_B = n' / \overline{SA'}$$

$$Pour\ un\ dioptre\ nous\ avons\ la\ vergence\ du\ dioptre$$

$$V_D = (n' - n) / \overline{SA'} = V_B - V_A$$

## *7- représentation d'un dioptre sphérique dans les conditions de Gauss :*




*dioptre un convergent* $n > n'$ *dioptre un divergent* $n > n'$