Université Ibn Tofail
Faculté des Science
Département de Physique
Kenitra

<u>***Filière***</u>

Licence en MIP (Semestre 2)

Module : Optique Géométrique

Auteur :

Pr. AL IBRAHMI EL MEHDI

Année Universitaire 2024-2025

Support du cours d’optique géométrique

- **Notions fondamentales de l’optique géométrique**

- Rayon lumineux, faisceau lumineux.
- Indice d’un milieu.
- Principe de FERMAT, lois de SNELL-DESCARTES.
- Applications (prisme, fibres optiques, Lentille, Microscope, œil, …).

- **Formation d’images en optique géométrique**

- Notion d’image, espace objet, espace image.
- Stigmatisme et Aplanétisme.
- Approximation et Conditions de GAUSS.

· Étude de quelques systèmes centrés simples dans les conditions de GAUSS

-Dioptre sphérique, cas particulier du dioptre plan. Prisme.

-Miroirs sphérique, cas particulier du miroir plan.

-Lentilles sphériques minces.

- Associations des systèmes centrés.·

I. Lumière visible

La lumière peut être considérée comme étant l'agent physique indispensable à la vision. **Elle a un double aspect :**

1- Aspect ondulatoire et 2- Aspect corpusculaire

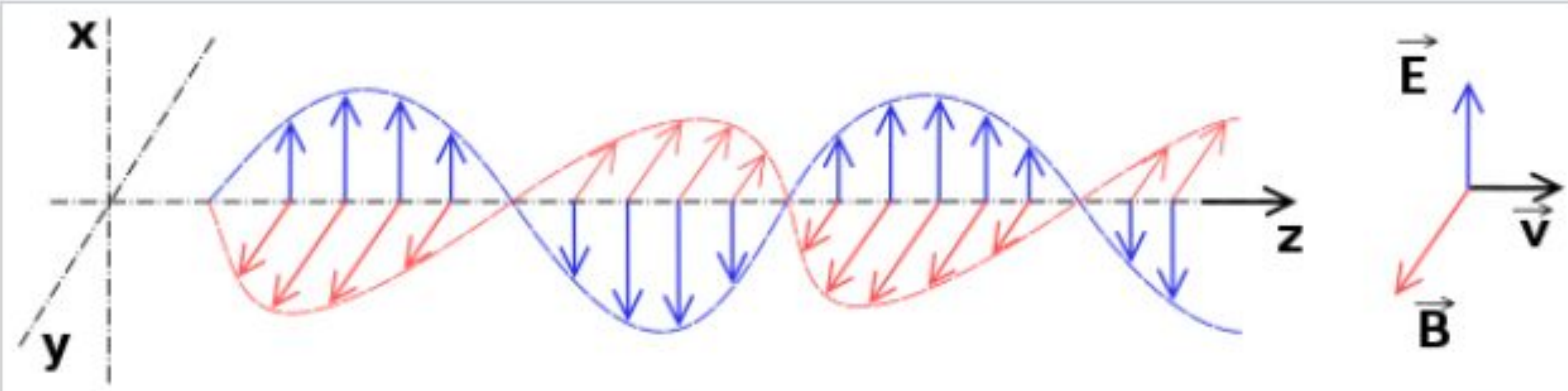
1- Aspect ondulatoire: c'est une perturbation de l'espace associée à la présence d'un champ électromagnétique qui varie dans l'espace et dans le temps,

Donc **la lumière** fait partie **des ondes électromagnétiques.**

2- Aspect corpusculaire : c'est un flux de particules ''photons'' (Masse – Energie, ….).

En optique Physique

seul le caractère ondulatoire est considéré.



Onde électromagnétique : oscillation couplée du champ électrique et du champ magnétique, modèle du dipôle vibrant (le trièdre $\left(\vec{v},\vec{E},\vec{B}\right)$ doit être direct).

$$\boxed{v_{propagation} = \frac{c}{n} = \frac{\omega}{k}}$$

une onde plane monochromatique :

$$X(t) = A e^{i(\vec{k}.\vec{r} - \omega t)}$$

ω est la pulsation **(($\omega = 2\pi f$))**. Son unité est le rad.s^{-1}

k est le vecteur d'onde, en m^{-1}
$k=2\pi/\lambda$ et r = vecteur position en m

T est la période en s,
$T=2\pi/\omega$. Elle s'exprime en seconde.
λ est la longueur d'onde, en m.

c) Relation:

La longueur d’onde **λ** dans le vide et la fréquence **ν** d’une radiation lumineuse sont liées par la relation:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Vitesse de la lumière dans le vide
$c = 3{,}00\ 10^{8}\ m.s^{-1}$

Longueur d’onde en mètre (m).

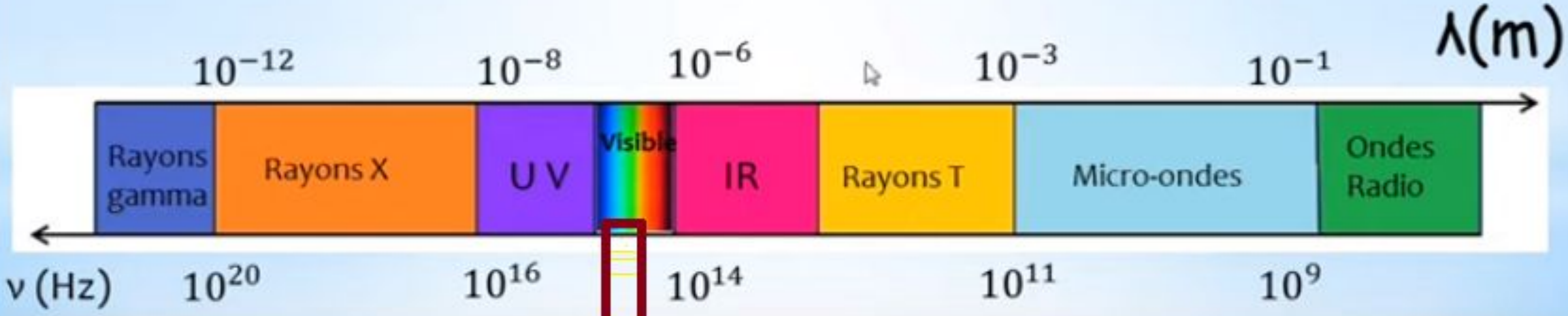
Fréquence en hertz (Hz)

En optique géométrique, aucun aspect physique n’est pris en compte

mais **sont des rayons lumineux** qui se propagent dans le milieu considéré (indice n),

b) Longueur d'onde:

Une radiation est caractérisée par sa longueur onde **λ** (lambda) et par sa fréquence **ν** (nu).
Certaines radiations ne sont pas visibles par l'œil humain.



Longueur d'onde dans le visible 400nm (Lambda) 800nm

Cas : Optique Géométrique

II.1 Milieu de propagation:

La lumière se propage en ligne droite dans les milieux suivants :

Milieu homogène : c’est un milieu qui a **la même composition.**

Milieu transparent : il laisse passer la lumière et les objets sont nettement visibles (eau pure, verre,…).

Milieu translucide : il laisse passer la lumière mais les objets ne sont pas bien visibles (papier calque, verre dépoli, …).

Milieu isotrope : est un **milieu dont les propriétés sont identiques quelle que soit la direction d'observation,** où la lumière se propage.

Un M.H.T.I est un milieu homogène, transparent et isotrope.

Un milieu est homogène **s'il possède la même composition et les mêmes propriétés en tout point**.

Le vide, le verre et l'air sont en général des milieux homogènes pour la dispersion de la lumière.

II- 1. Faisceau lumineux : un paquet de rayons lumineux:

C'est La partie de l'espace éclairée par une source de lumière. On la considère comme étant un ensemble de rayons lumineux indépendants les uns des autres.

Types de faisceaux

Faisceau cylindrique : les rayons sont parallèles (Fig: 1); la source de lumière est étendue; les surfaces d'ondes sont planes.

Faisceau conique convergent : les rayons se dirigent vers un même point S (Fig: 2); les surfaces d'ondes sont sphériques.

Faisceau conique divergent : les rayons viennent d'une même source ponctuelle S (Fig: 3); les surfaces d'ondes sont sphériques.

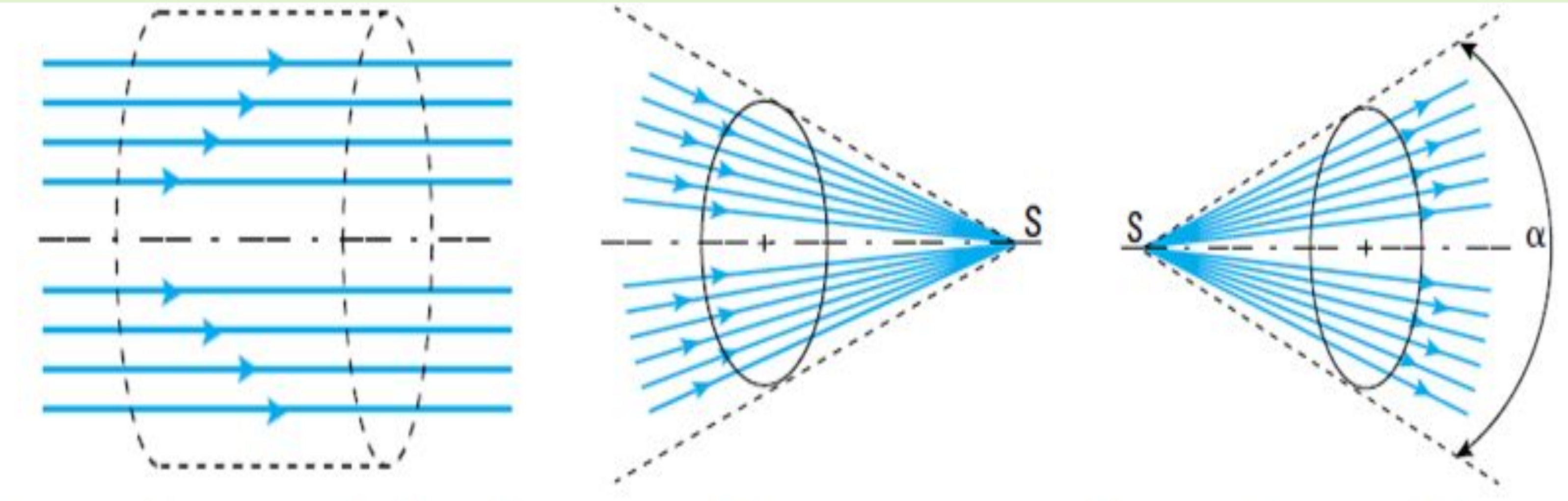
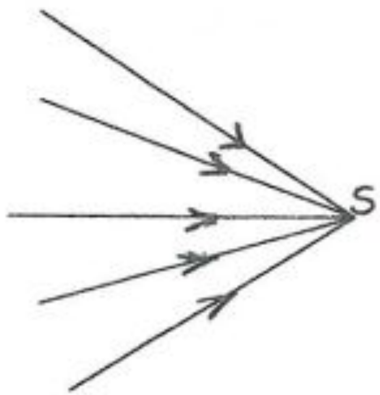


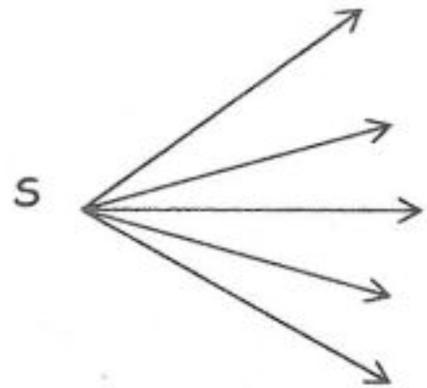
Fig. 1 Faisceau cylindrique // Fig. 2 Faisceau convergent Fig. 3 Faisceau divergent

Figure I: Types des Faisceaux lumineux :

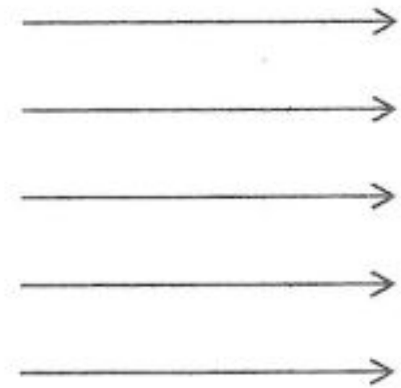
Sens de la propagation de la lumière



Faisceau convergent
Tous les rayons se dirigent vers un même point S



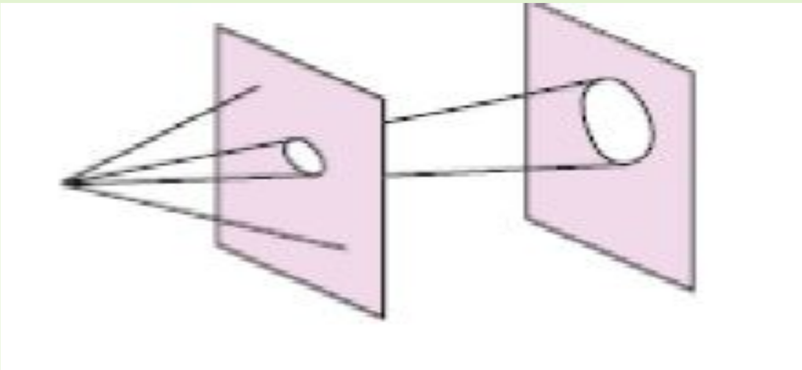
Faisceau divergent
Tous les rayons viennent d'un même point S



Faisceau //
Tous les rayons sont parallèles

Remarque : Un rayon lumineux doit indiquer le sens de propagation de la lumière.

faisceau lumineux sur écran percé.



L’image d’un faisceau sur un écran placé en parallèle à un autre écran sera un disque lumineux appelé **image géométrique du pinceau (faisceau).**

II.3 Surfaces optiques

En optique géométrique, les surfaces considérées sont:

-**Le dioptre** : c’est une surface qui sépare deux **MHTI** d’indices différentes ; c’est une surface dite **Réfractantes**.

- **Le miroir :** c’est une surface qui réfléchit la lumière ; la partie non réfléchissante est toujours hachurée en noir.

II. 4 Indice de réfraction

L'indice n d'un milieu est le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et la vitesse de la lumière dans le milieu : **$n=c/v$** . (pour toujours **$n>1$**)

$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

Suivant La formule établie empiriquement par Cauchy

- L'indice de réfraction d'un milieu dépend de la longueur d'onde, si le rayon lumineux est composé (comme la lumière blanche) de plusieurs couleurs, chacune de ces couleurs sera réfractée suivant son indice de réfraction. Il en résulte une dispersion des couleurs du rayon incident.

- n varie avec λ suivant la loi de Cauchy :

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

matière	A	B
verre quartz	1,4580	0,00354
verre borosilicate BK7	1,5046	0,00420
couronne de verre dur K5	1,5220	0,00459
Verre avec couronne baryum BaK4	1,5690	0,00531
Flint Glass avec barium BaF10	1,6700	0,00743
SF10 en verre de silex Dense	1,7280	0,01342

$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

indice de réfraction pour certains matériaux

matière	*n* à λ= 589,3 nm
hélium	1 000 036
air en des conditions normales	1000 292 6
le dioxyde de carbone	1000 45
glace	1.31
eau (20 ° C)	1333
éthanol	1,36
glycérine	1472 9
sel	1516
brome	1661
verre (typique)	1,5 à 1,9
diamant	2419
silicium	3.4

Conséquence: En Optique géométrique

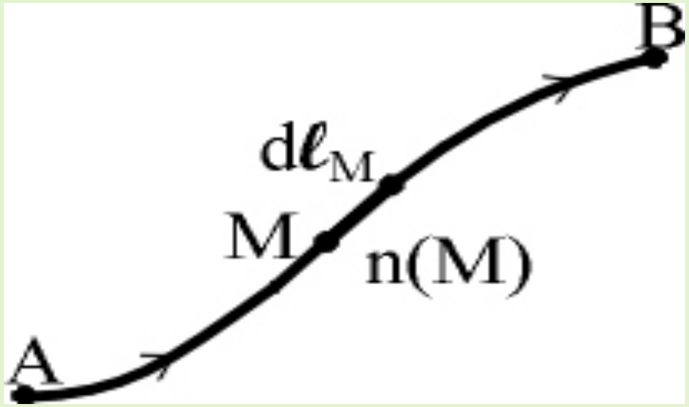
Dans un milieu d'indice n, la fréquence, reste cste (même rayon lumineux);

Mais <u>la longueur d'onde change</u> :

$\lambda=\lambda_{vide}/n$: La vitesse de la lumière est réduite, l'oscillation a lieu sur une distance réduite.

II.4.3 Chemin optique

Pour une courbe (C) allant de A à B, qui est en général un rayon lumineux, on appelle **chemin optique** la quantité L = [AB]:



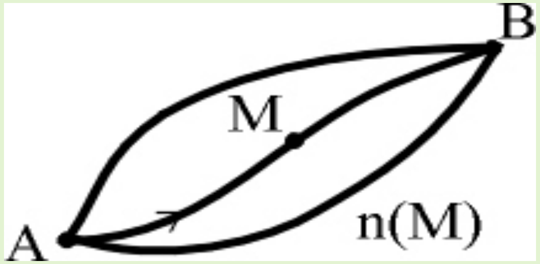
$$[AB] = \int_A^B n(M)\,d\ell_M$$

$$t_{AB} = \frac{AB}{v} = \frac{n\,AB}{c} = \frac{[AB]}{c}$$

$$[AB] = \int_{A}^{B} n(M)\, d\ell_M$$

III.1 Enoncé du principe de FERMAT

Le trajet suivi par la lumière pour aller d’un point A à un point B correspond à une valeur <u>stationnaire</u> du chemin optique [AB] c’est à dire extrémal / aux autres chemins.



<u>Distance [AMB] sera un minimum / à celui des autres chemins.</u>

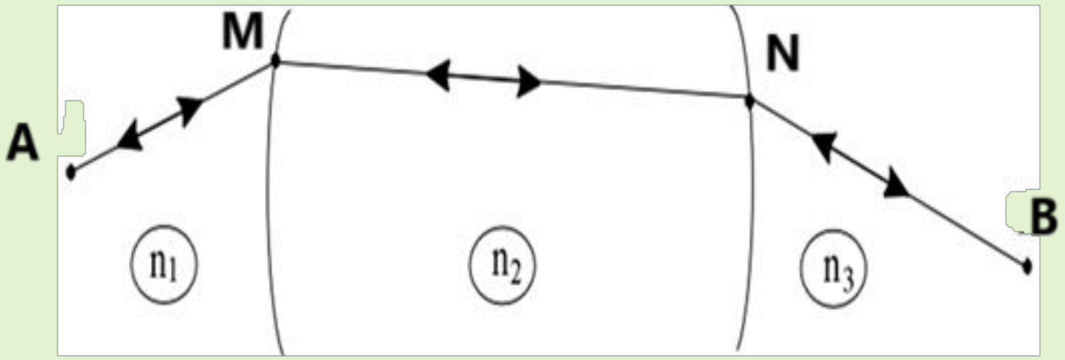
III.2 Propagation dans un milieu homogène :

Le principe **de Fermat** est équivalent au principe de **propagation rectiligne** :

Principe de Fermat: Retour inverse de la lumière

Entre 2 points lumineux **(A et M)** d'un même milieu homogène, la lumière se propage en ligne droite dans les 2 sens (principe du retour inverse).

Entre 2 points lumineux **(A et B)** dans les milieux homogènes différents, la lumière se propage en une succession de lignes droites, selon le même chemin dans les 2 sens.



I. Lois de Snell- Descartes:

1. Principe de propagation rectiligne

Dans un milieu homogène et transparent, la lumière se propage en ligne droite.

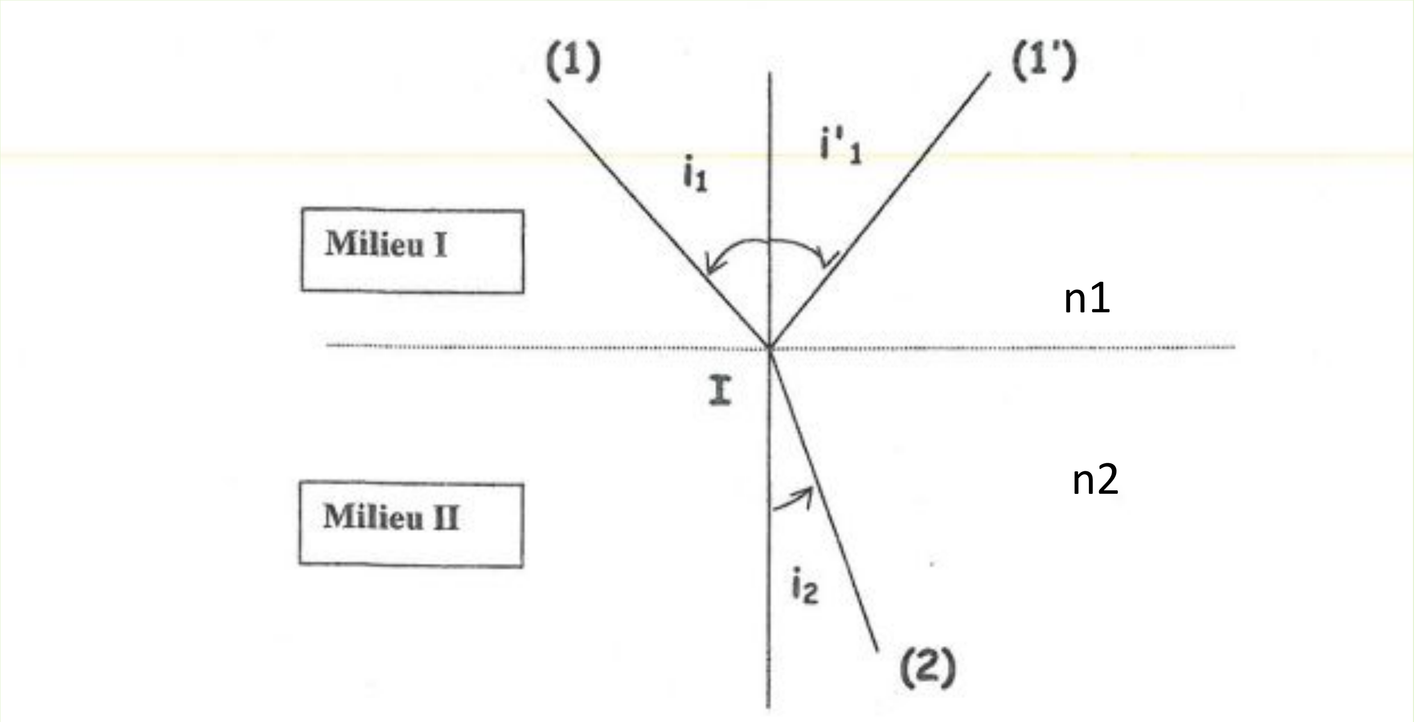
2. Principe du retour inverse

Le trajet suivi par la lumière ne dépend pas du sens de propagation.

3. Propagation de la lumière dans deux milieux successifs.

Deux milieux différends séparés par une surface **constituent un dioptre**

Propagation de la lumière dans deux milieux successifs



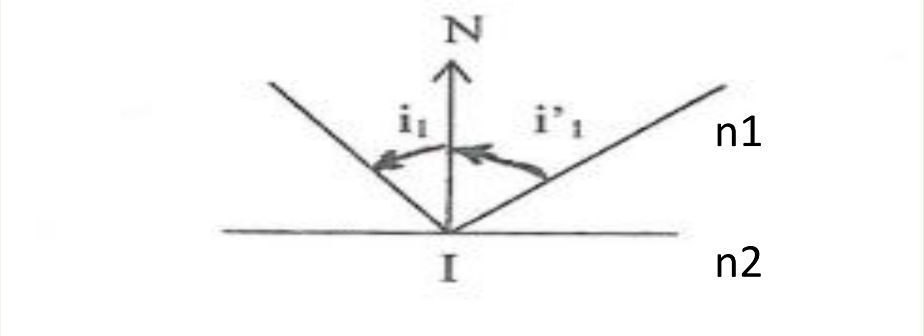
(1) : Rayon incident
(2) : Rayon réfracté
(1') : Rayon réfléchi

i1 : angle d'incidence
i'1: angle de réflexion
i2 : angle de réfraction

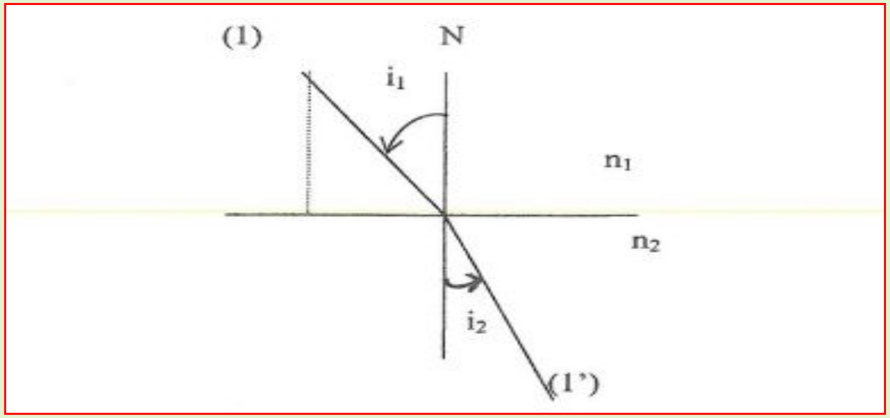
a) Applications : Lois de Snell-Descartes

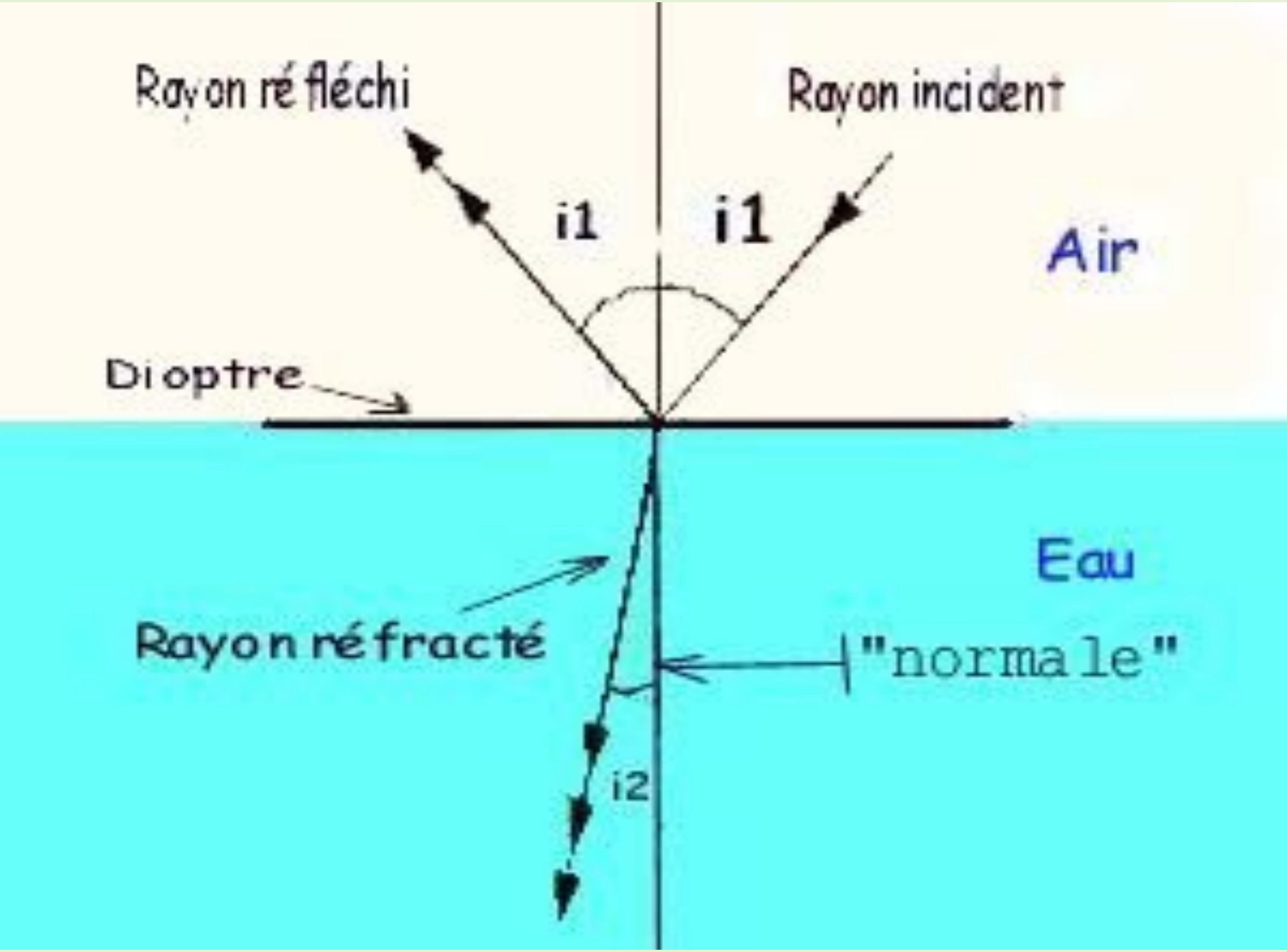
Loi 1 : Le rayon réfléchit et le rayon réfracté sont dans le plan d'incidence.

Loi 2 : L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence (i1 = i’1).



Loi 3 : L'angle de réfraction i2 est lié à l'angle d'incidence i1 par: $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$




Rayon réfléchi
Rayon incident
i1
i1
Air
Dioptre
Eau
Rayon réfracté
"normale"
i2

V. Construction de Huygens: construction géométrique du rayon réfracté par un dioptre

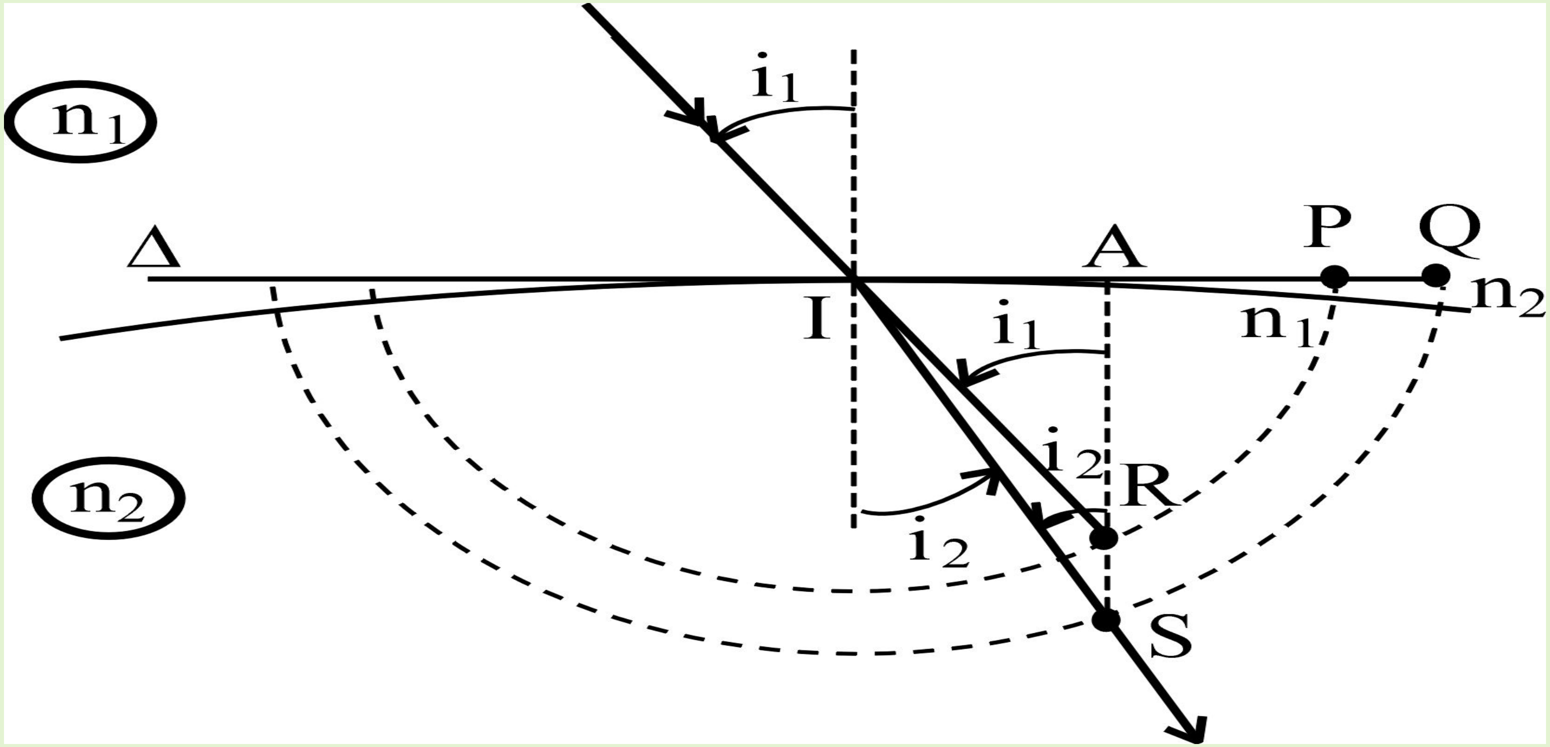
En I, point d'incidence sur le dioptre, on trace un cercle de rayon n_1 et un autre de rayon n_2. Ces 2 cercles coupent la tangente à la surface de séparation Δ en P et Q.
On prolonge le rayon incident jusqu'à ce qu'il coupe le cercle correspondant à l'indice du milieu incident (de rayon n_1 sur le schéma) → soit R.

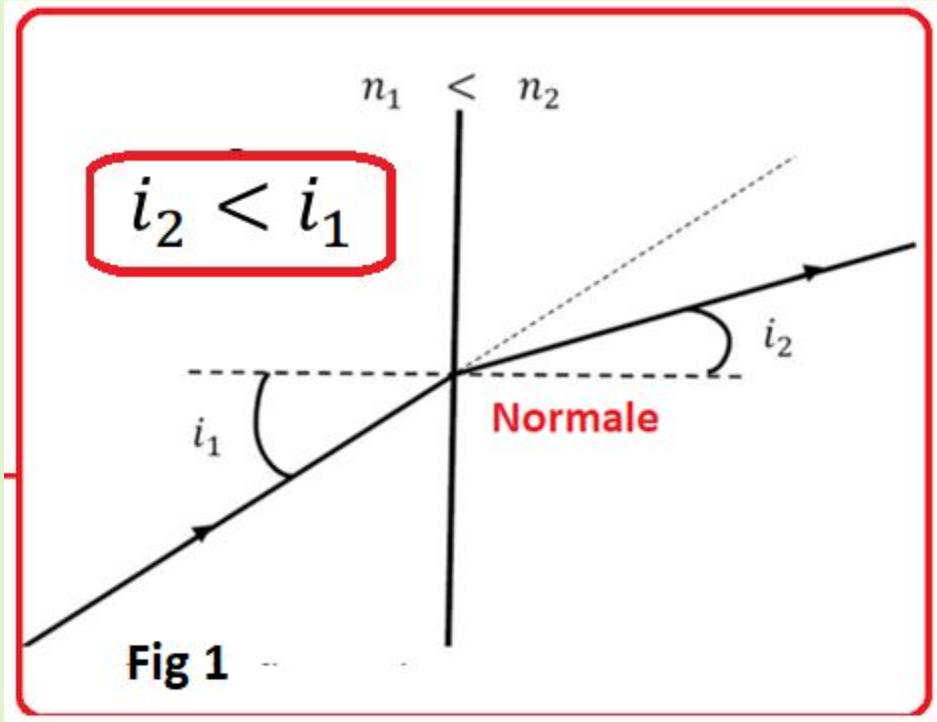
A partir de R, on mène la perpendiculaire à Δ qui coupe d'une part Δ en A et d'autre part le cercle correspondant au cercle émergent (de rayon n_2 sur le schéma) en S. Le rayon IS est le rayon réfracté.

$$IA = IR \sin i_1 = IS \sin i_2$$

avec $IR = n_1$ et $IS = n_2$

soit **n1 sini1 = n2 sin i2**





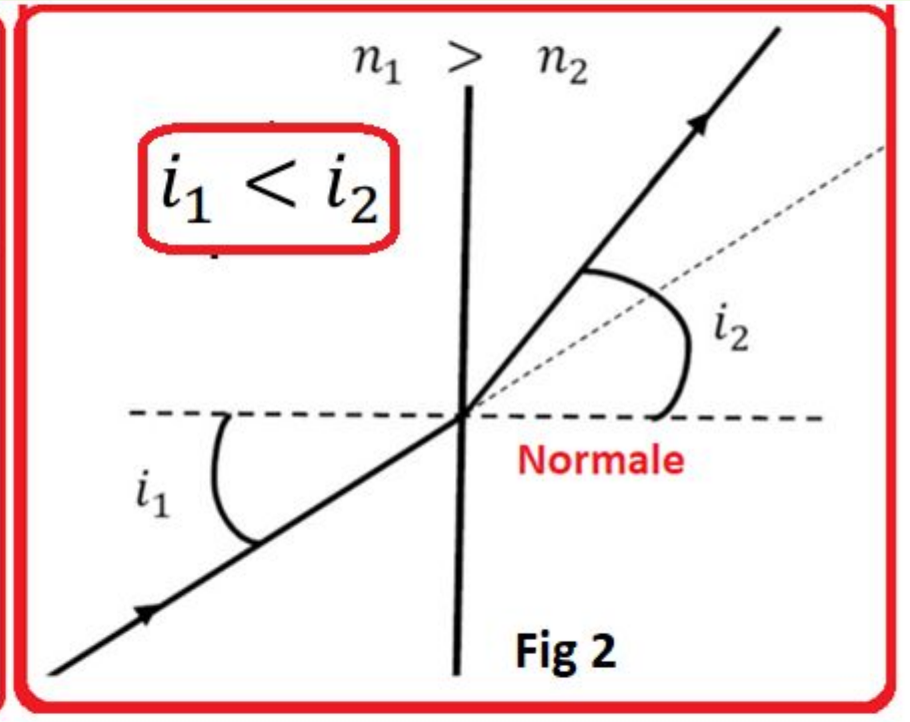
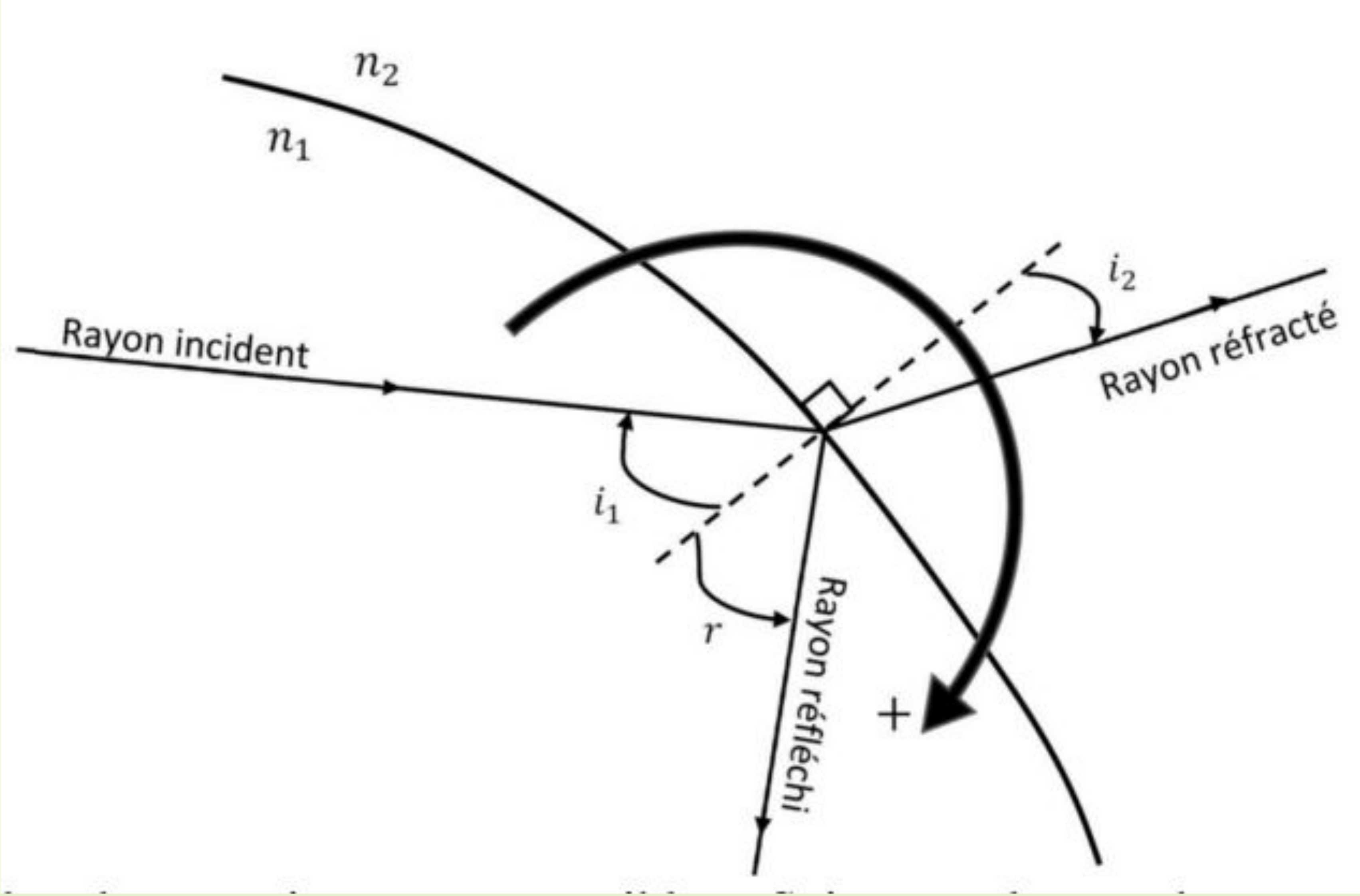


Fig 1: Le rayon réfracté se rapproche de la normale en fonction de (n_1 et n_2).

Fig 2: Le rayon réfracté s’ éloigne de la normale en fonction de (n_1 et n_2).

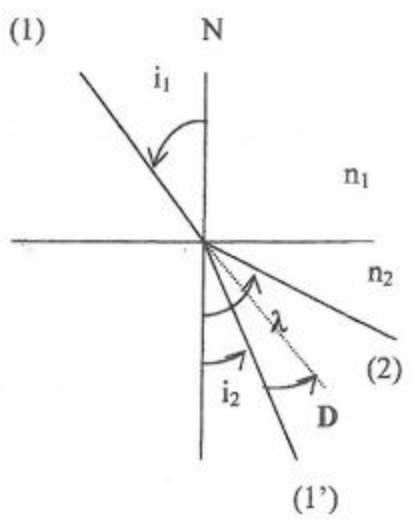
Dioptre sphérique



b) Discussion des lois de réfraction

1er cas: $n1 < n2$: milieu 2 est plus refreinent que le milieu 1

On parle d'incidence rasante: I1 = (π/2) .



n1sin i1 = n2 sin i2 :

Or (n1< n2) ce qui **donne i1>i2**

I1 = (π/2) alors sin (ƛ) = (n1/n2) sin (**π/2**) = (n1/n2)

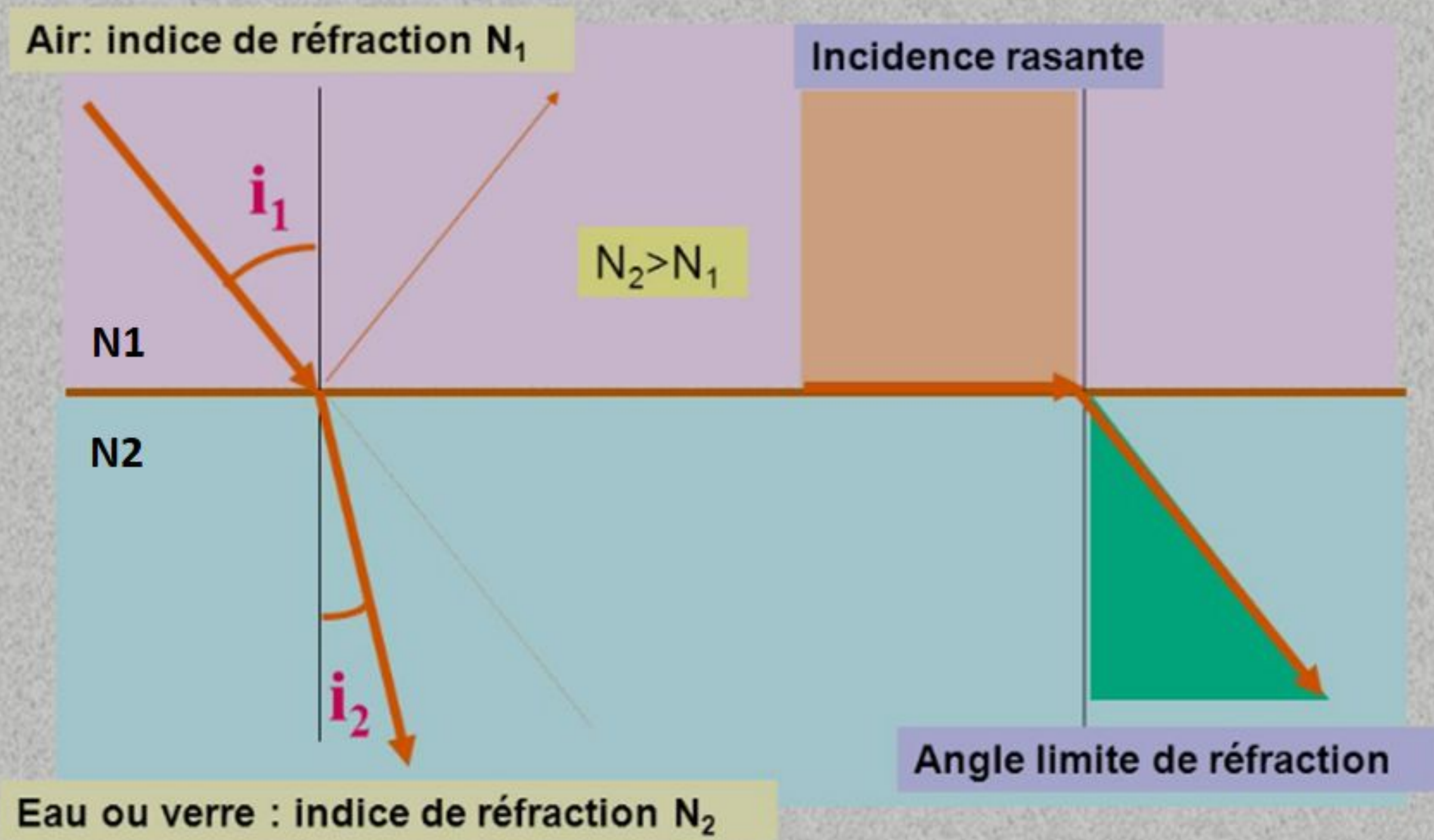
ƛ est appelé angle limite de Réfraction

Aucun rayon ne peut dévier au-delà de l'angle ƛ

Il n' y a pas un angle de réfraction supérieur à ƛ

Càd: on ne peut jamais avoir un angle (ϴ > ƛ)

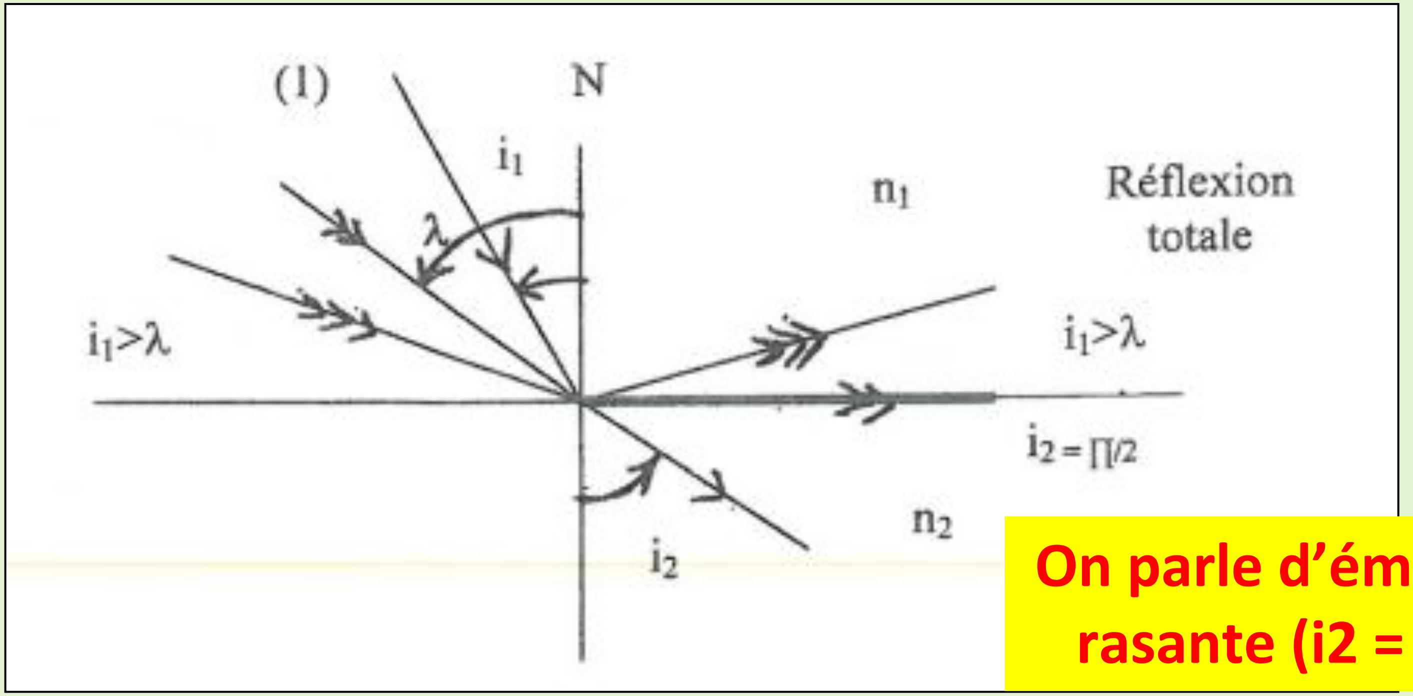
La Réfraction



$$N_1 . \sin i_1 = N_2 . \sin i_2$$

b) Discussion des lois de réfraction:

2eme cas: $n1 > n2$: milieu 1 est plus refreinent que le milieu 2



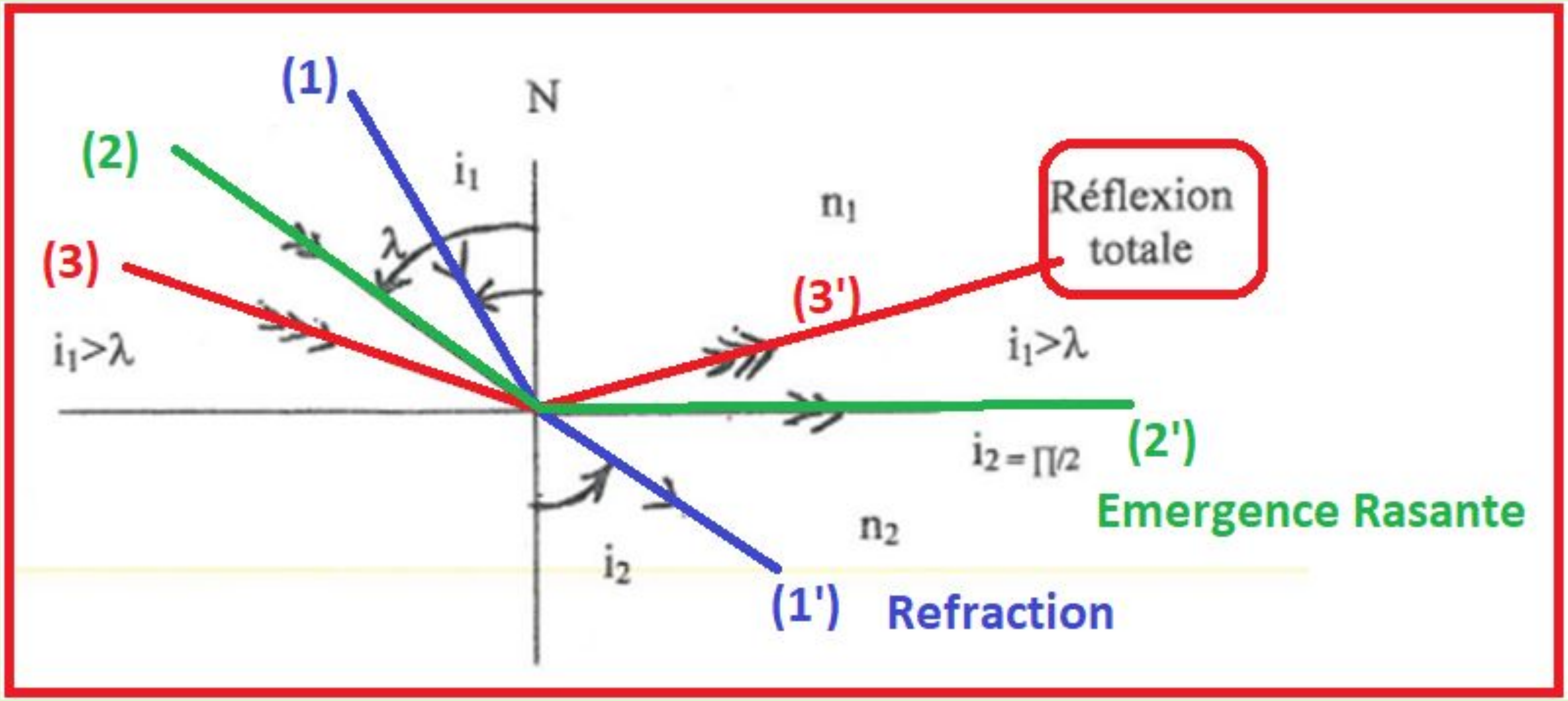
On parle d'émergence rasante (i2 = π/2) .

(i1 < i2)

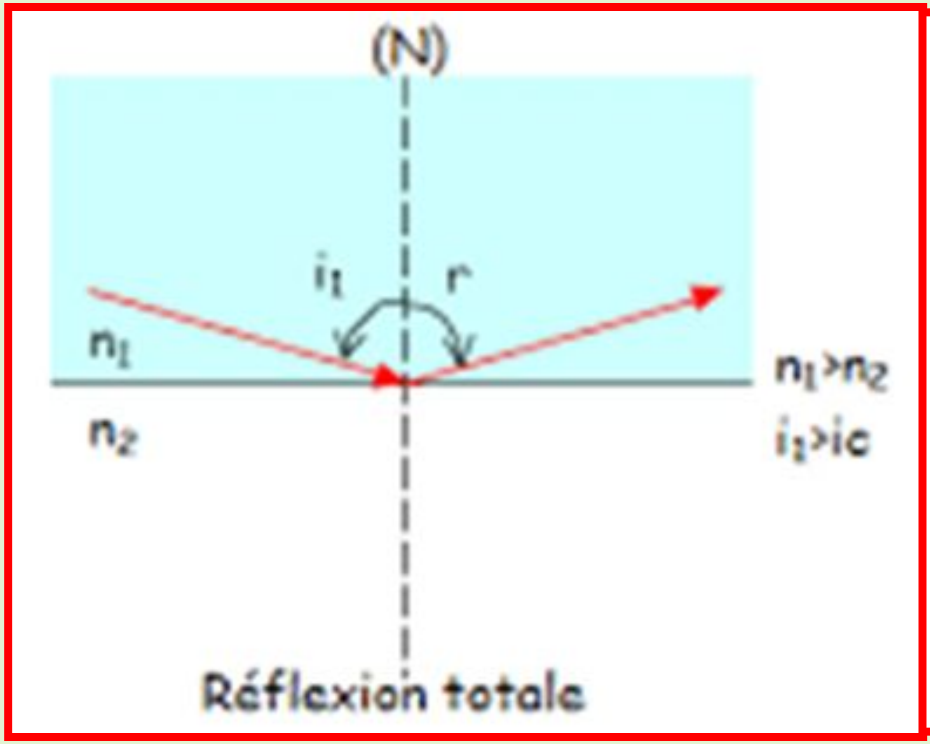
Si (i2 = π/2) alors (i1 = ƛ) n1 sin i1 = n2 sin i2 =n2

Sin (i1) = n2/n1 = sin ƛ Si (i1 > ƛ) alors (i2 > π/2)

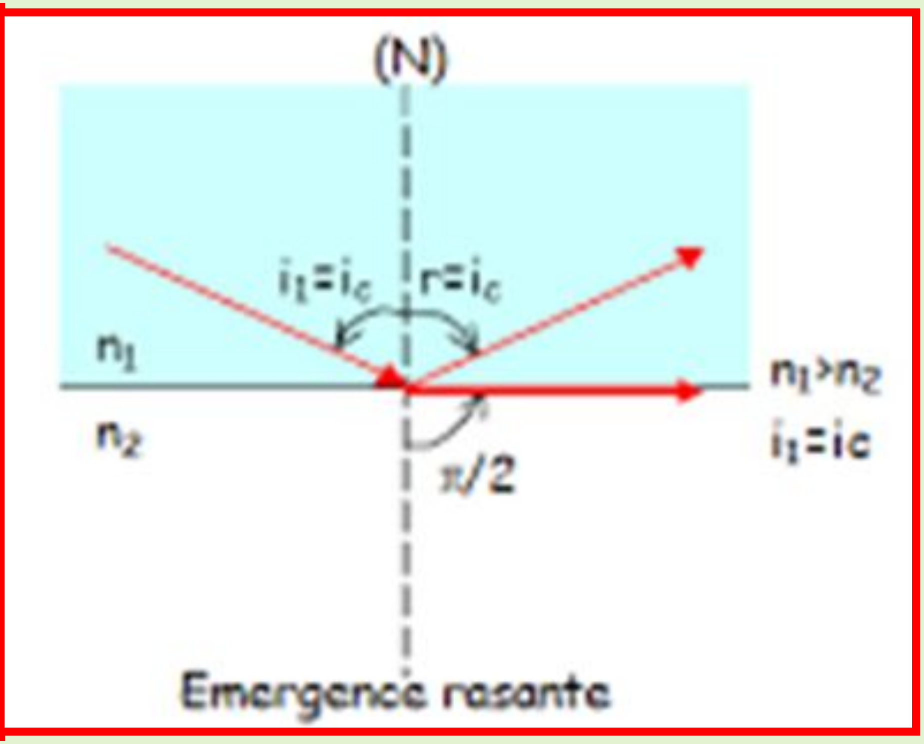
On aura Réflexion Totale



(1)
N
(2)
i1
n1
Réflexion totale
(3)
λ
(3')
i1>λ
i1>λ
i2 = ∏/2
(2')
Emergence Rasante
n2
i2
(1')
Refraction



(N)
i_1
r
n_1
n_2
$n_1 > n_2$
$i_1 > ic$
Réflexion totale



(N)
$i_1 = i_c$
$r = i_c$
n_1
n_2
$n_1 > n_2$
$i_1 = ic$
$\pi/2$
Emergence rasante

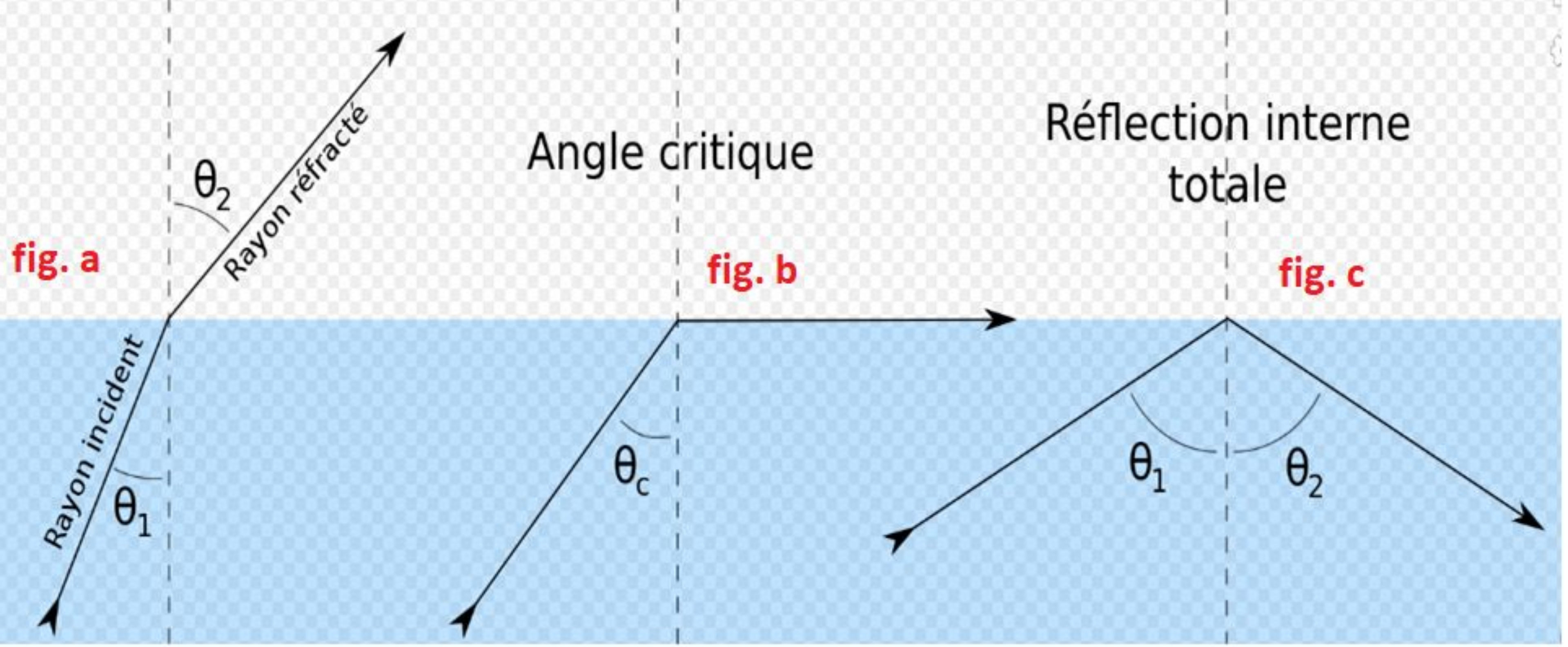


Fig. a i1 = ϴ1 et i2 = ϴ2 **donc Snell Descartes – n1sin(i1)=n2sin(i2)**

Fig. b $\lambda = \Theta_{critique}$ Alors $i2 = \pi / 2$

Fig. c $\Theta 1 > \Theta_{critique}$ alors $i2 > \pi / 2$ --- réflexion totale

II. Notions d'objets, Images et de stigmatismes

II.1 Notion de point objet et de point image en référence à un système optique

Définitions

Systèmes optiques : Sont les dispositifs assurant une correspondance entre un **objet et une image** par une réflexion ou bien une réfraction.

Un système optique est un ensemble de milieux transparents, homogènes et isotropes, séparés par des surfaces réfractantes **(dioptres)** ou réfléchissantes **(miroirs).**

En pratique

les systèmes utilisés **sont symétriques** par rapport à un axe; dit : axe optique

le système est dit alors centré sur cet axe (l'origine des abscisses étant choisie sur cet axe).

III.1. Face d’entrée et face de sortie

Le système est limité par deux surfaces. La face d’entrée est **la face sur laquelle la lumière arrive,** la face de sortie est celle **d’où la lumière repart (sort, émerge)**

NB: (elles sont confondues pour un miroir).

Le système (S) divise l’espace en deux :

- **l’espace objet** situé en avant de la face d’entrée,
- **l’espace image** situé en arrière de la face de sortie.

-Pour un miroir, l’espace objet et l’espace image sont géométriquement confondus.

Remarque :

Pour définir l’espace objet et l’espace image, il faut toujours se référer au sens de propagation de la lumière.

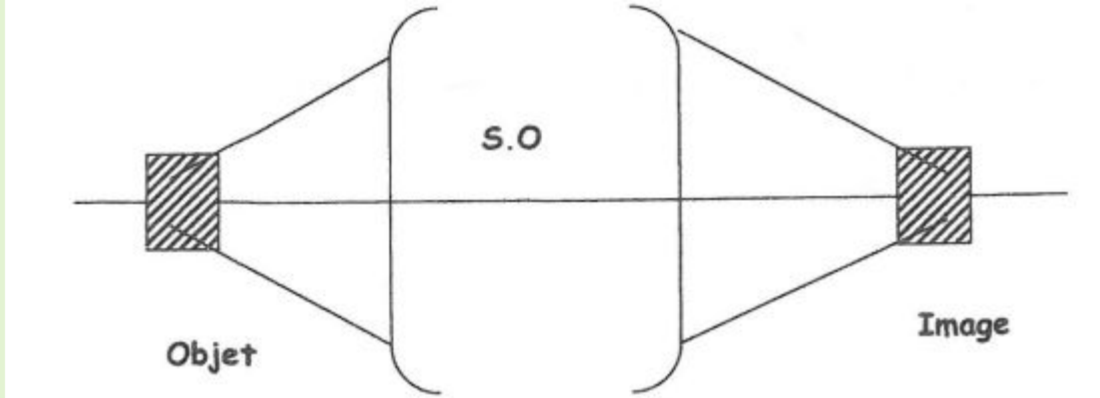


Schéma d'un Système Optique

On distingue trois catégories de systèmes optiques:

-Les systèmes **dioptriques** = (**dioptres)** constitues par une suite de milieux transparents.

-Les systèmes **catadioptriques** = **(dioptres + miroir),** dont lesquels la lumière après un nombre quelconque de « réfractions » subit au moins une « réflexion ».

- Systèmes **catoptriques** **(miroirs)** dont lesquels la lumière ne subit que des réflexion

Image et points conjugués:

Soit le système optique (S) et une source ponctuelle de lumière placée en A.

Si toute la lumière issue de A converge en A' après avoir traversé (S), A' est **l'image** de A à travers (S) et A est **l'antécédent** de A'.

Les points A et A' sont dits **conjugués** par le système.

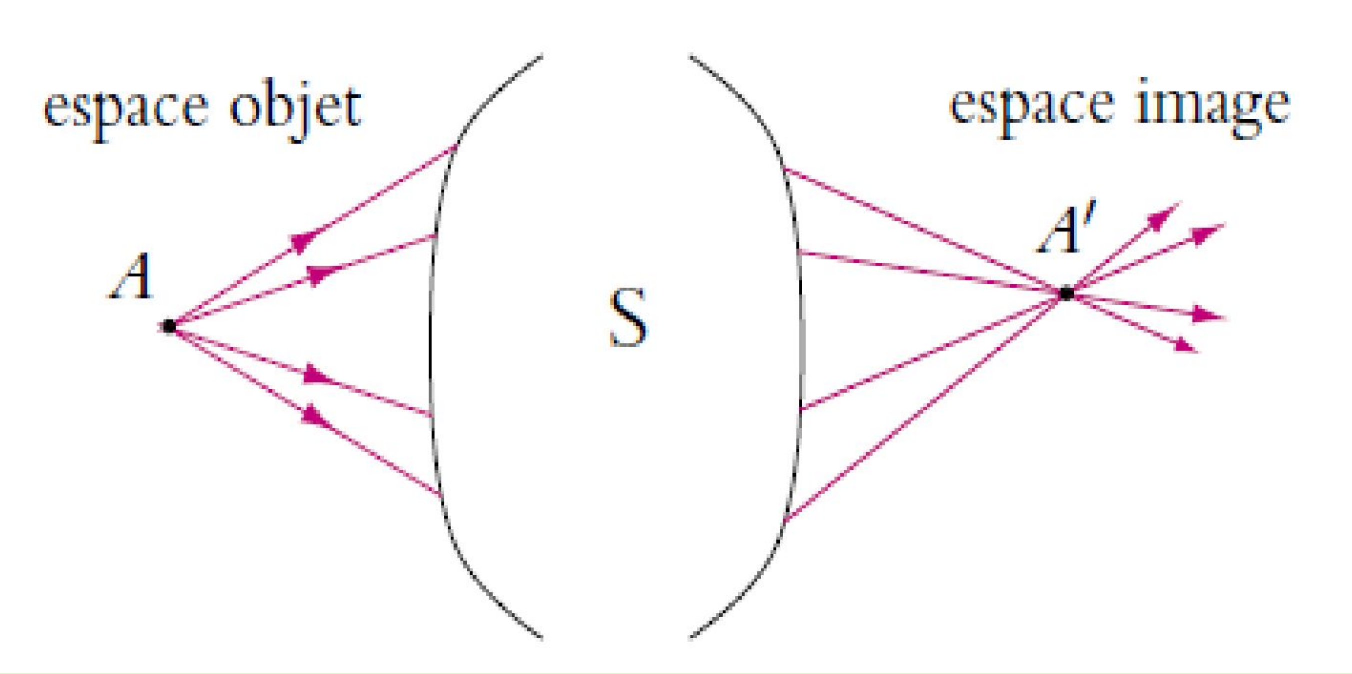


Fig. Espaces objet et image.

Le retour inverse de la lumière

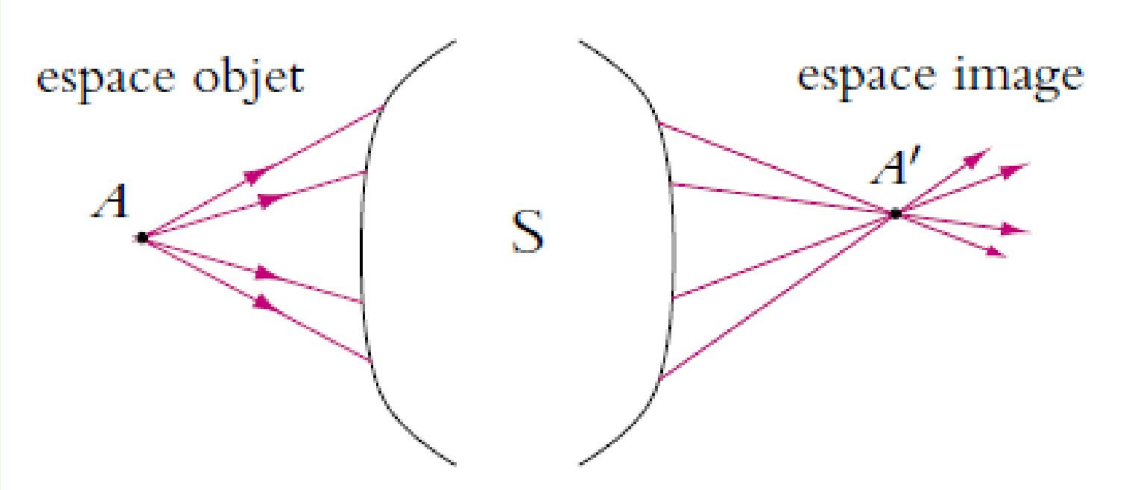
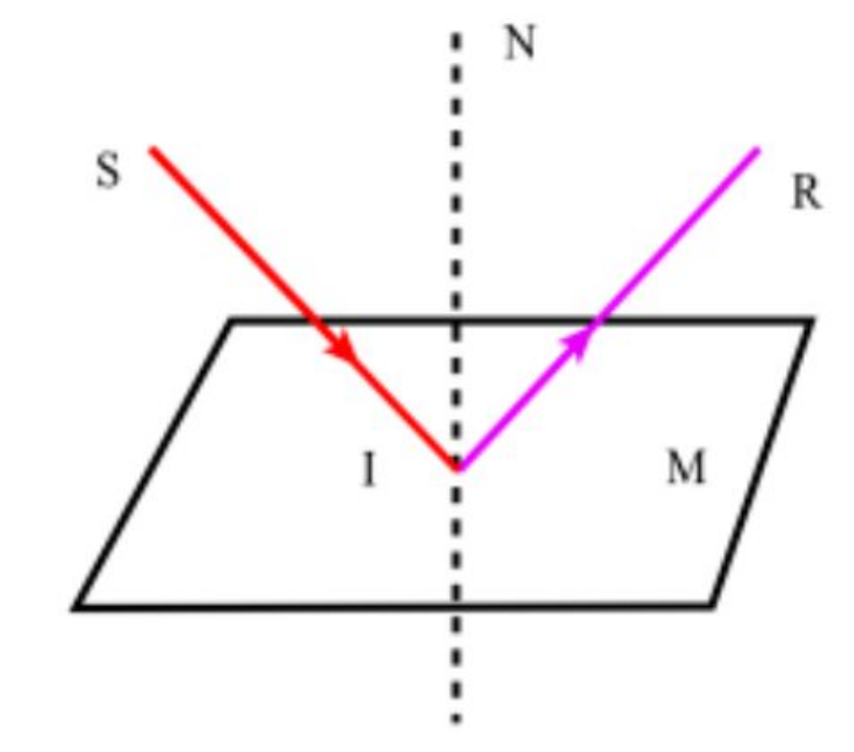
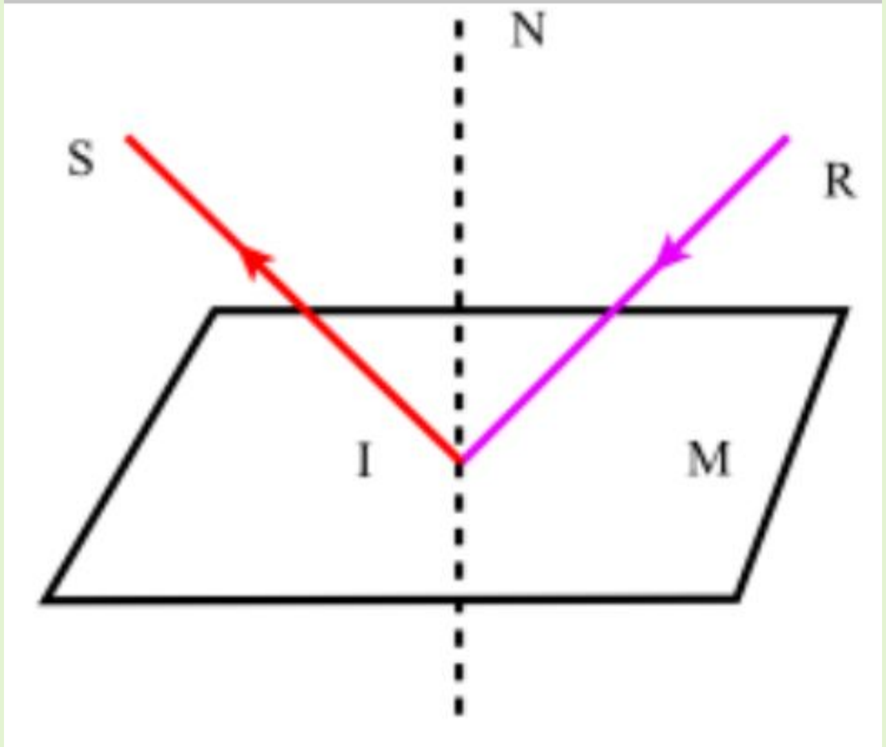


Fig. Espaces objet et image.

Par **le retour inverse de la lumière,** si l'on place la source ponctuelle en A', éclairant le système (S), toute la lumière issue de A' et passant par (S) converge en A.





Principe du retour inverse

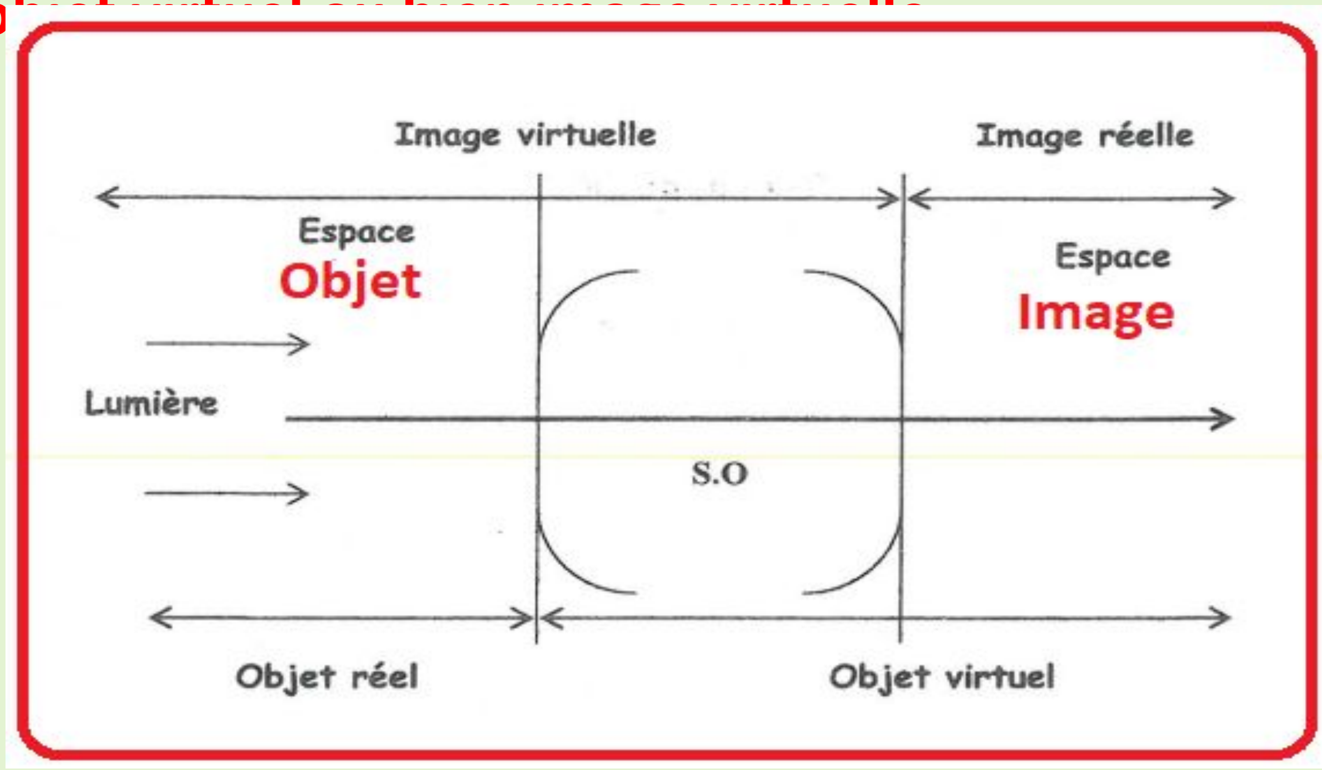
Rayon RI devient le rayon incident alors le rayon réfléchi est **IS**.
La lumière suit le même trajet que précédemment mais en sens inverse.
Le principe du retour inverse de la lumière s'énonce de la façon suivante:
Le trajet suivi par la lumière est indépendant du sens de propagation.

2. Notions d'espaces réels et virtuels

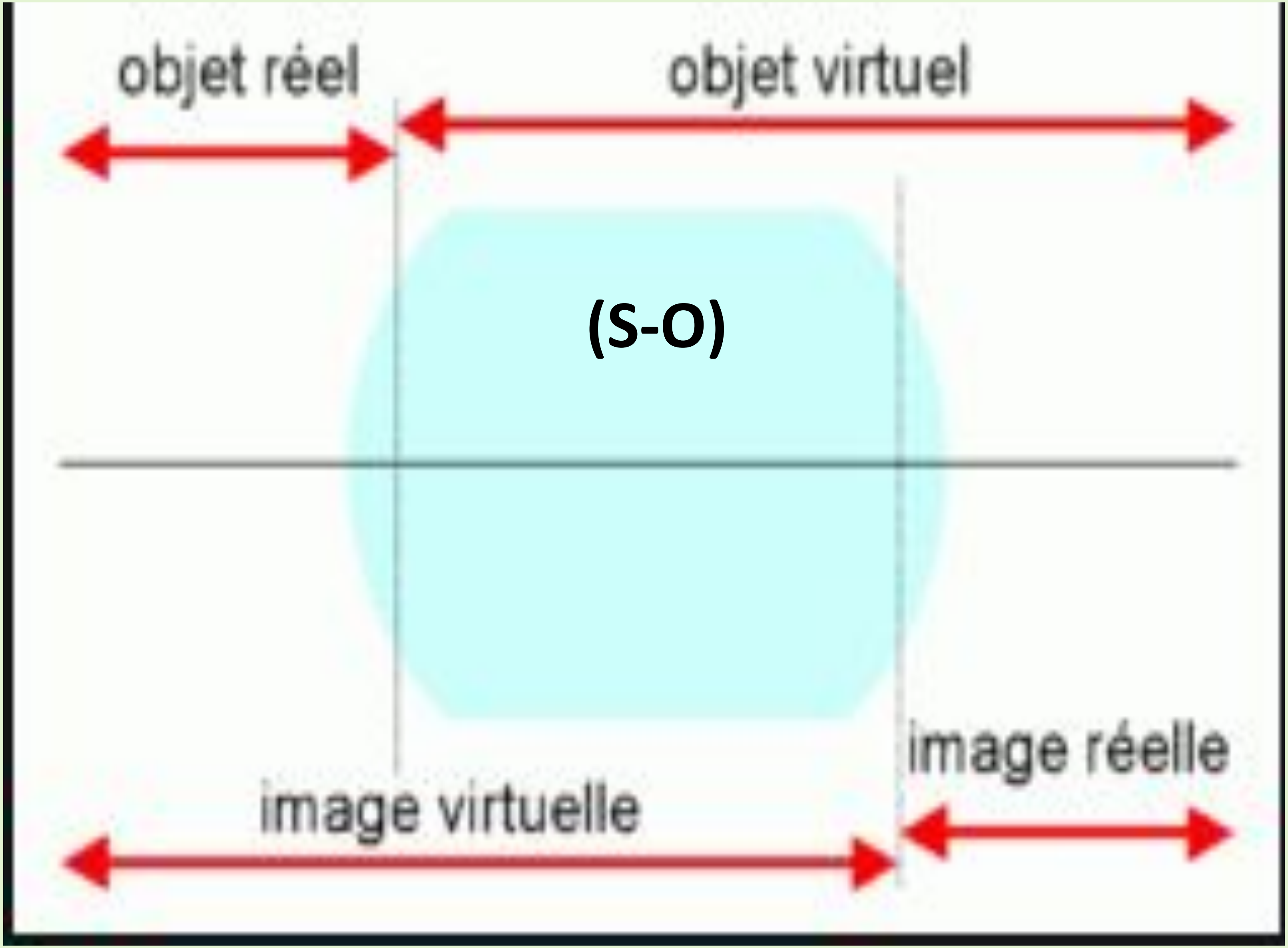
Le sens de propagation de la lumière définit un « espace objet réel » situé en amont (avant) du système optique et un «espace image réel » situé en aval (après) du système optique.

Tout élément qui n'est pas dans le bon espace est dit

« virtuel » = o



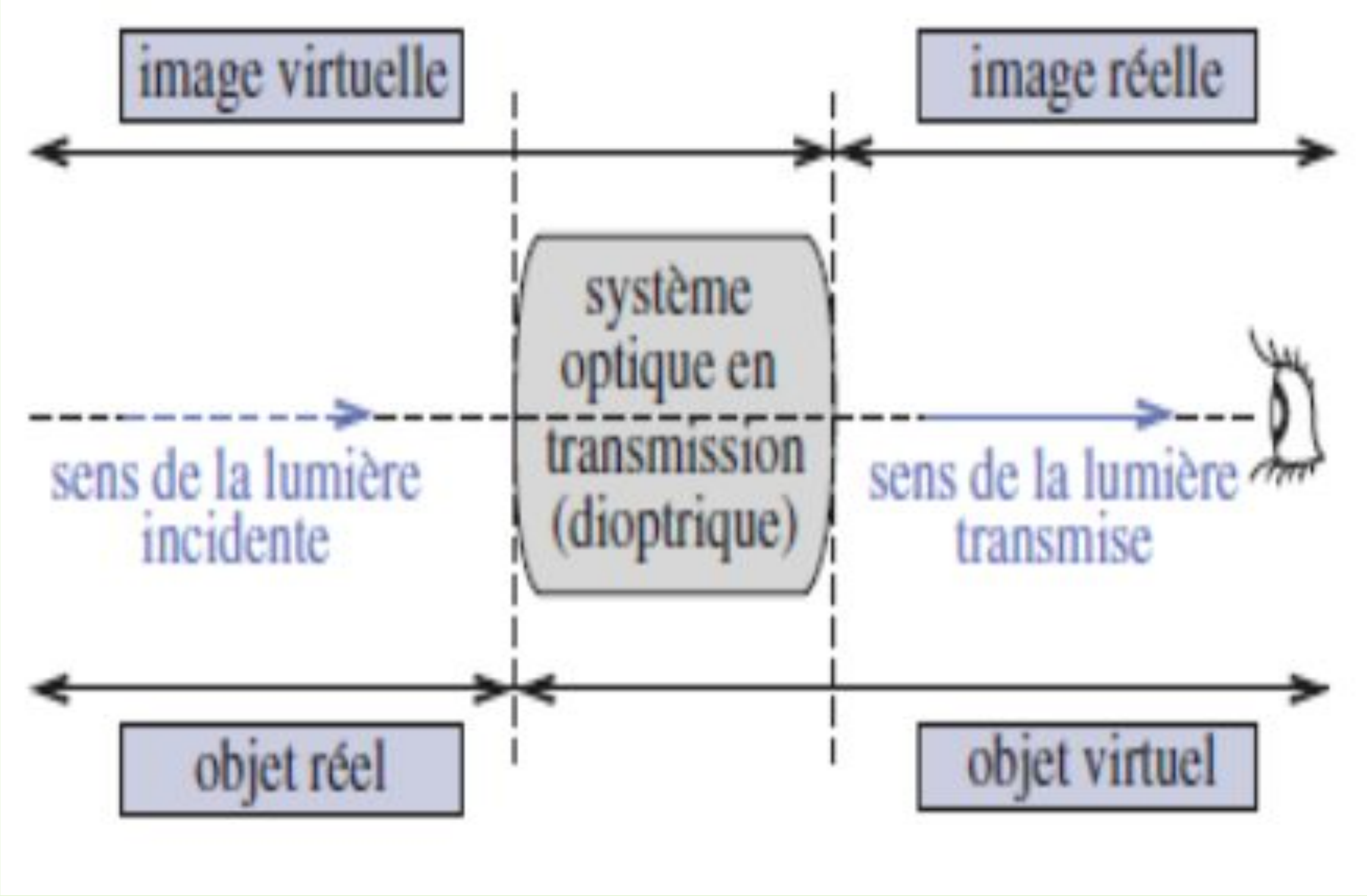
Lumière



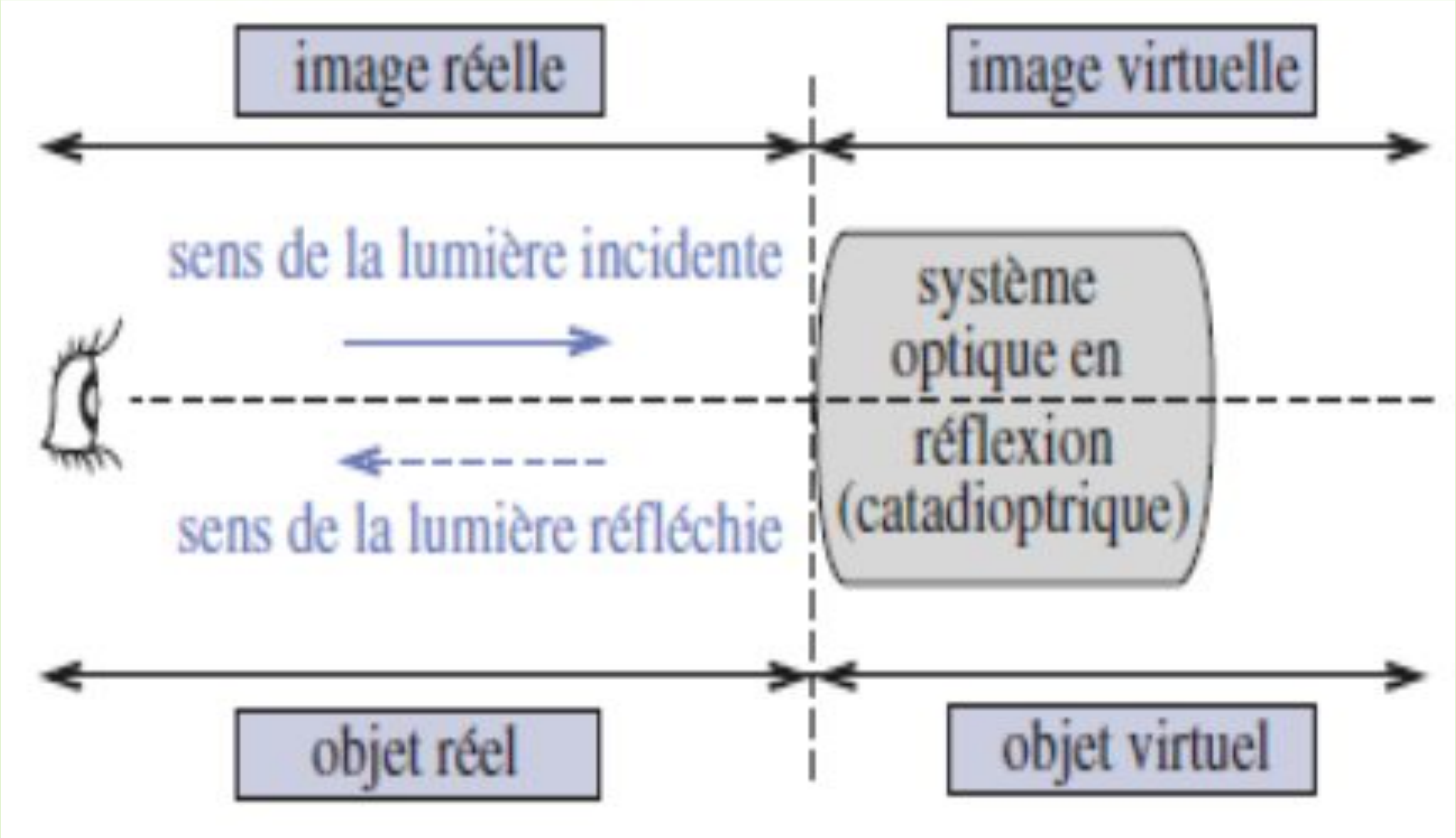
Remarque :

Pratiquement, l’objet est réel si on peut le toucher, l’image est réelle si on peut la recueillir sur un écran sans utiliser un autre système optique.

Ces notions peuvent ainsi être généralisées aux systèmes optiques en transmission ou en réflexion
(voir Figure ci-après)



Réfraction ou transmission

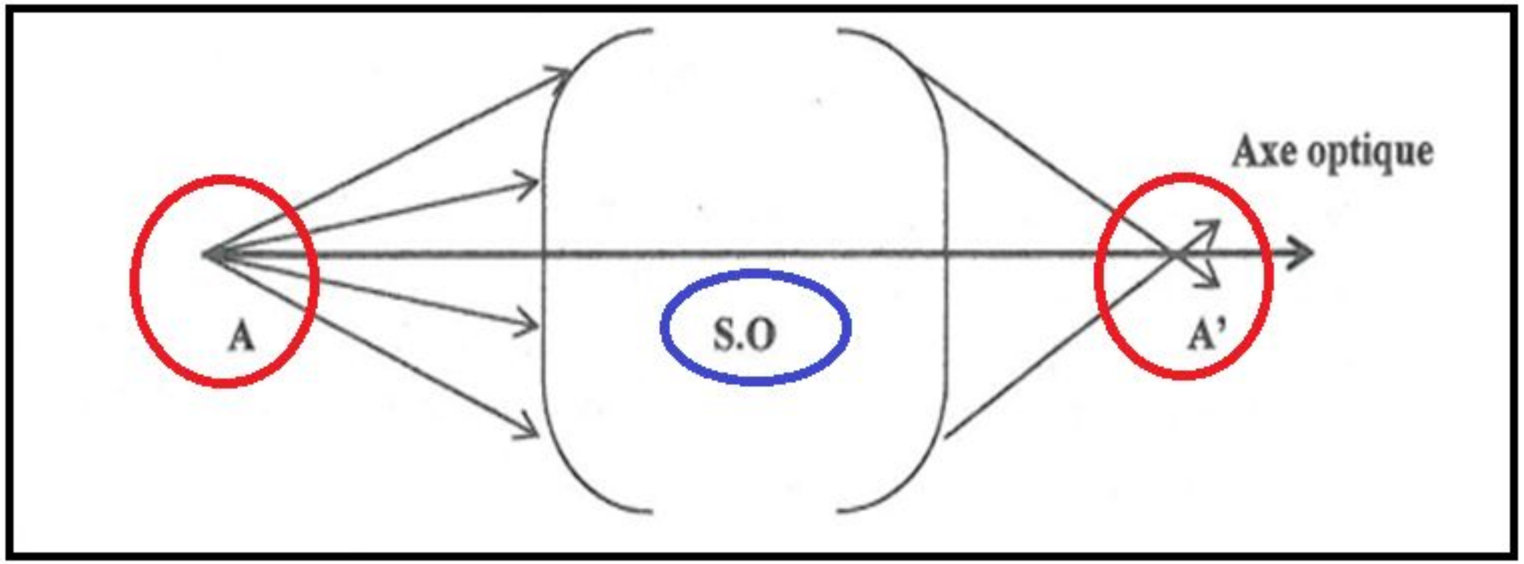


Réflexion Miroir

- Objet réel (OR), image réelle (IR):

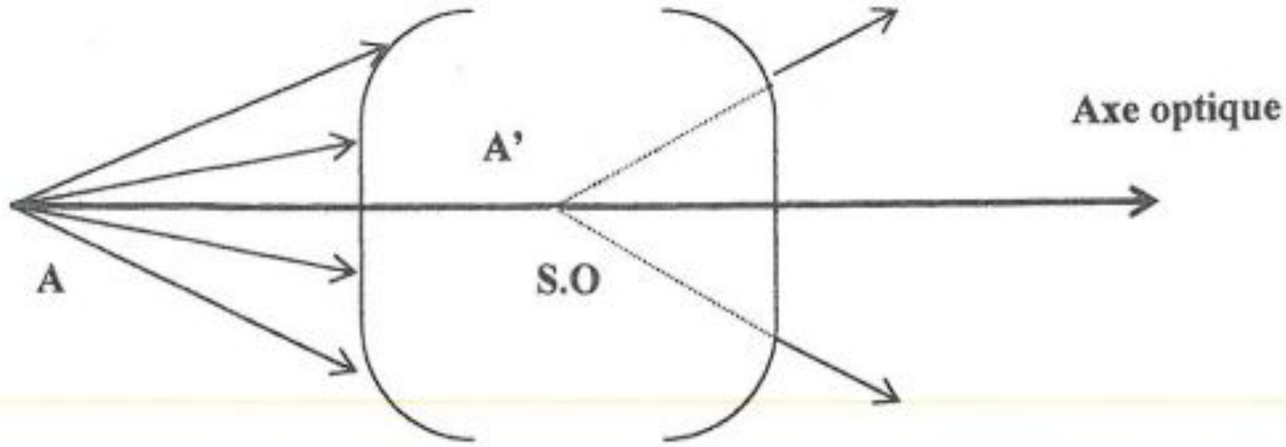
OR : Ensemble de points sources issus des faisceaux divergents.

IR : Région de l 'espace ou convergent les rayons lumineux issus d'un objet et ayant traversé un système optique.

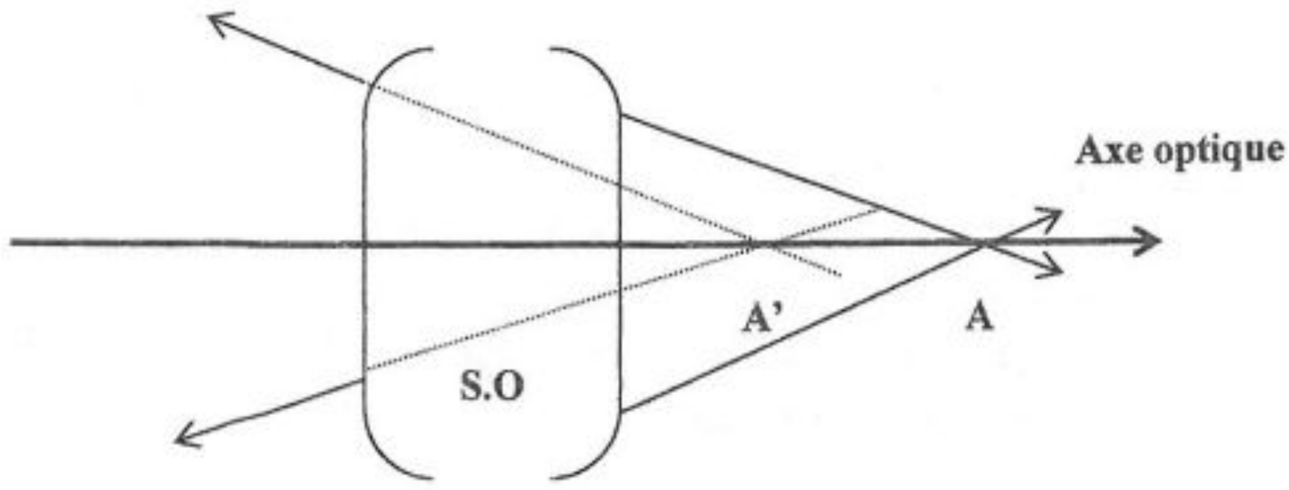


Cas possibles

D'autres situation peuvent se présentées :



Objet réel, image virtuelle



Objet virtuel, image réelle

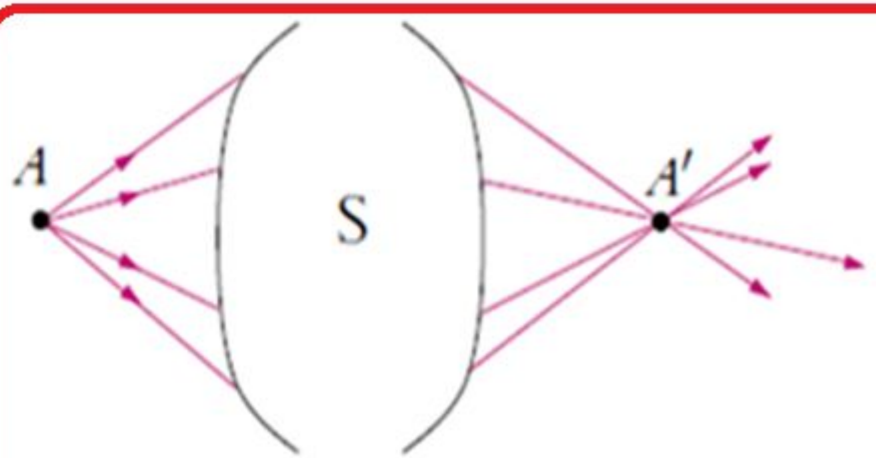


Fig. 6 : Objet réel, image réelle.

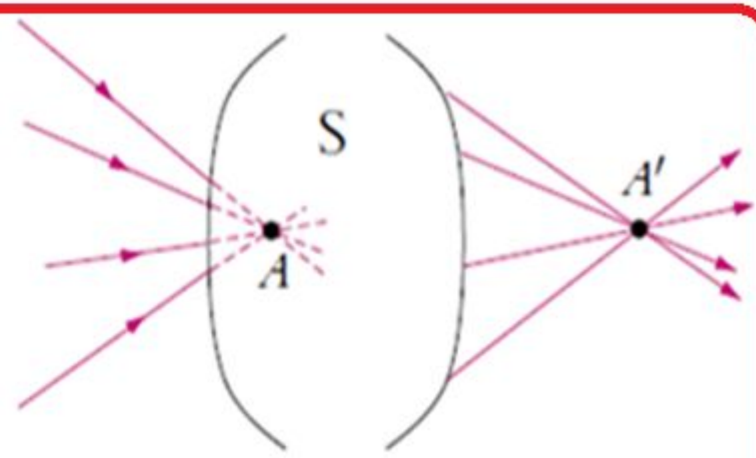


Fig. 7: Objet virtuel, image réelle.

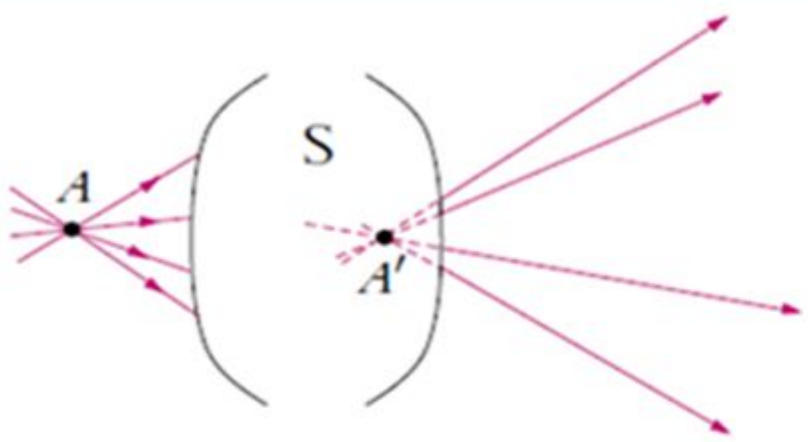


Fig. 8 : Objet réel, image virtuelle.

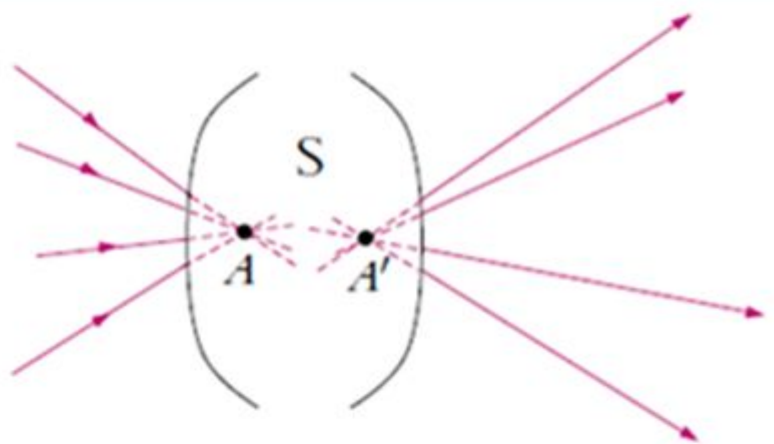


Fig. 9 : Objet virtuel, image virtuelle.

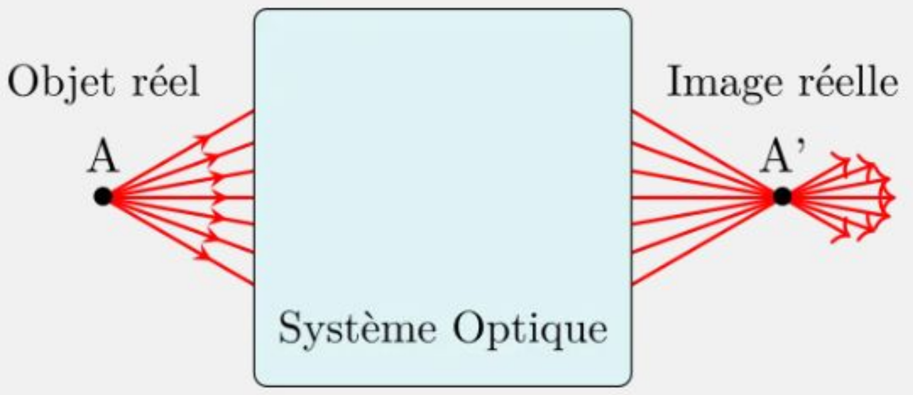


Figure 3 - Formation d'un point image réel

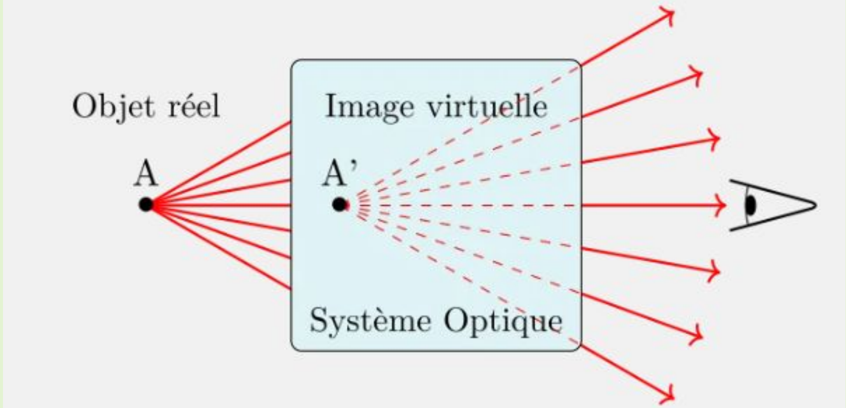


Figure 2 - Formation d'un point image virtuel

Soit un point objet A émettant des rayons lumineux vers le système optique. Deux cas peuvent se présenter :

Fig 1. **Les rayons émergent** du système optique **en convergeant vers un** point A' : ce point est un point image réel, on peut le recueillir sur **un écran** ;

Fig 2. **Les rayons émergent du système optique** en divergeant mais leurs prolongements se coupe en un point A' : ce point est un point **image virtuelle,** on ne peut pas le recueillir sur un écran mais il peut être vu à l'œil nu à travers le système.

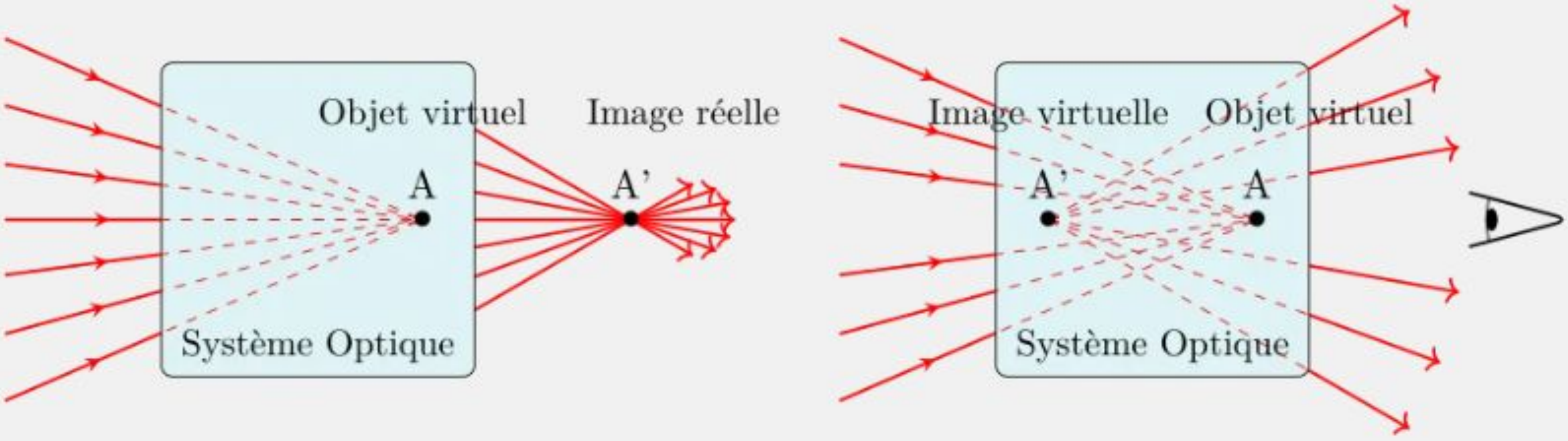


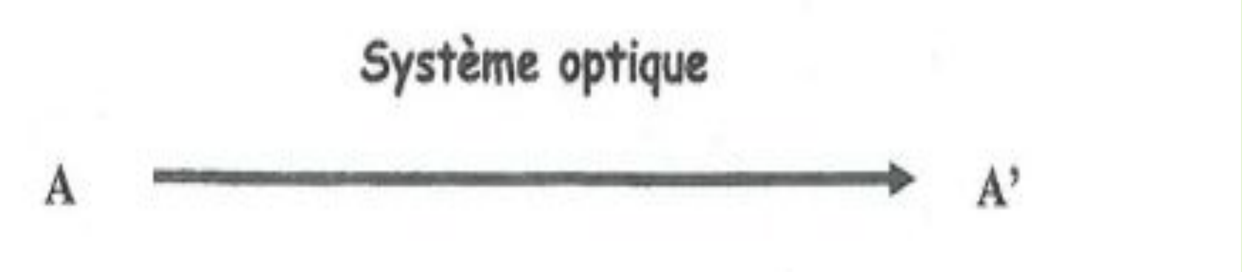
Figure 4 - Point objet virtuel pouvant donner naissance à deux types de point image

Même point Objet virtuel A :

L'image **d'un objet virtuel** pourra être un point:

- **image réelle**
- **image virtuelle**.

A et A' sont deux points conjugués par rapport au système optique et on écrit: A’ est l’image de A à travers Système Optique.



Notion de foyer

Soit un objet très éloigné de (S): il est dit « à l'infini ». Son image à travers (S) est appelée ***foyer image F'*** et se trouve sur l'axe optique.

Le plan transversé contenant *F'* est appelé ***plan focal image*** (figure.1).

Réciproquement, **le *foyer objet F*** est le point de l'axe optique dont l'image est rejetée à l'infini (figure. 2).

Le plan transversé contenant *F et/ ou F' sont* appelés **(plan focal objet/ Image)**.

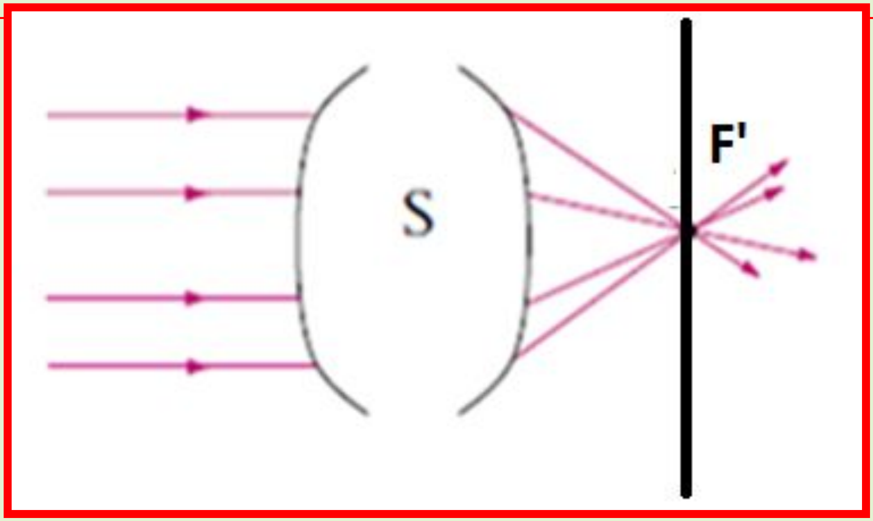


Fig. 1 Foyer image

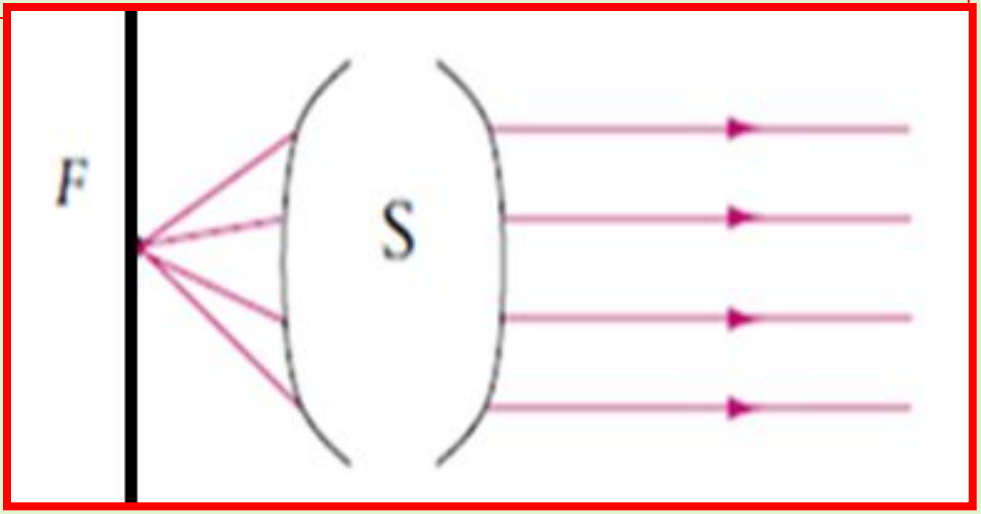


Fig. 2 Foyer objet

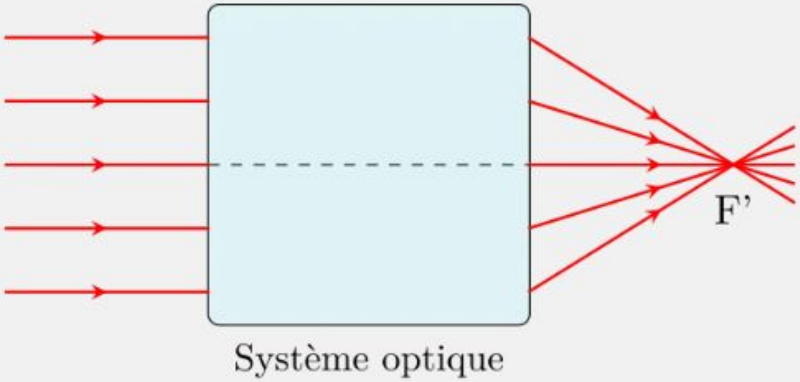


Figure 6 - Foyer principale image

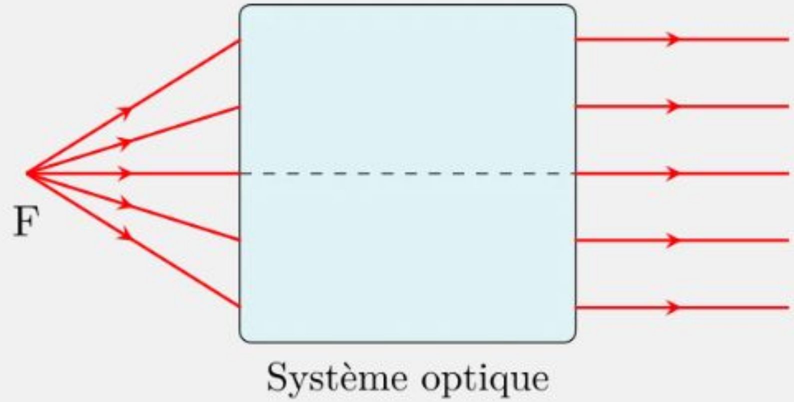


Figure 7 - Foyer principal objet

Les foyers d'un système optique sont des points particuliers :

1. **Le foyer principal image F'** est le point image d'un objet situé à l'infini, dont les rayons arrivent parallèles sur le système optique et parallèlement à son axe optique. Le plan passant par F' et perpendiculaire à l'axe optique du système est appelé **plan focal image.**
2. **Le foyer principal objet F** est le point objet d'une image située à l'infini, les rayons émergent du système optique parallèles entre eux et parallèles à l'axe optique. Le plan passant par F et perpendiculaire à l'axe optique du système est appelé **plan focal objet**.

Soit un objet très éloigné, hors de l'axe optique.
les rayons incidents parallèles entre eux, mais pas forcément parallèles à l'axe optique.

l'image sera dans le même plan que l'image d'un objet à l'infini sur l'axe, donc dans le plan focal image. Le point image F' est alors appelé ***foyer image secondaire*** *voir* **(figure. 3).**

De même, un point F_s du plan focal objet, dit ***foyer objet secondaire***, donnera une image à l'infini hors de l'axe voir **(figure. 4).**

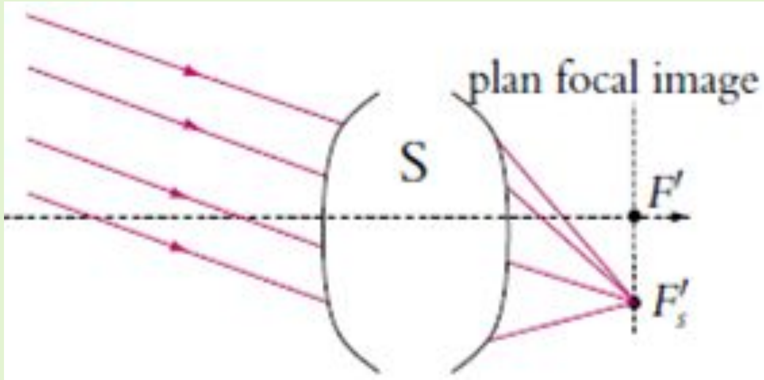


Fig. 3 Foyer image secondaire

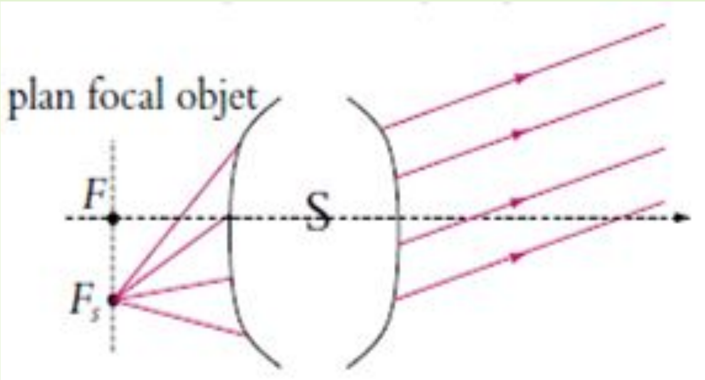
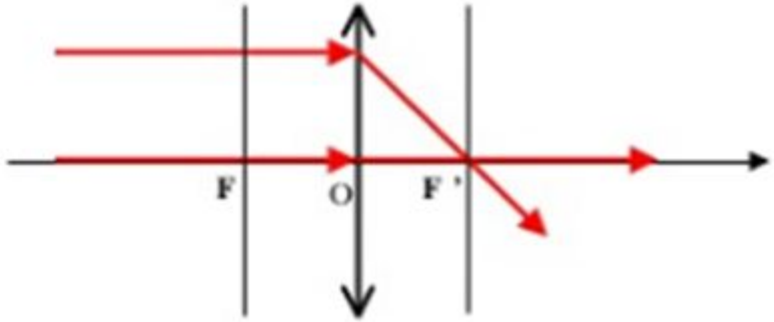


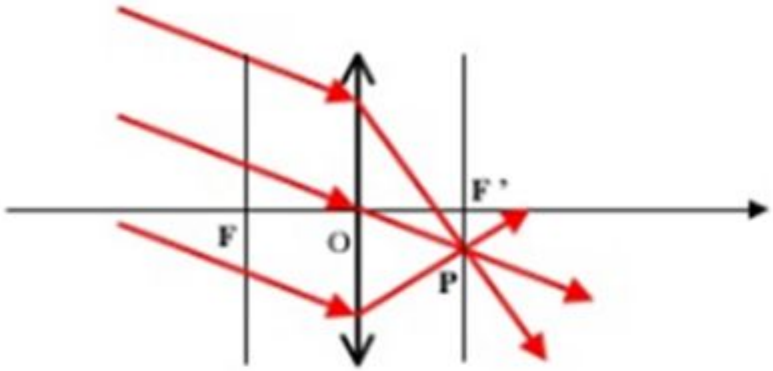
Fig. 4 Foyer objet secondaire

Plans focaux

Plans focaux:

- Plans perpendiculaires à l'axe optique passant par F et F'.
- Les rayons parallèles passent tous par un seul point P appartenant à un des plans focaux.

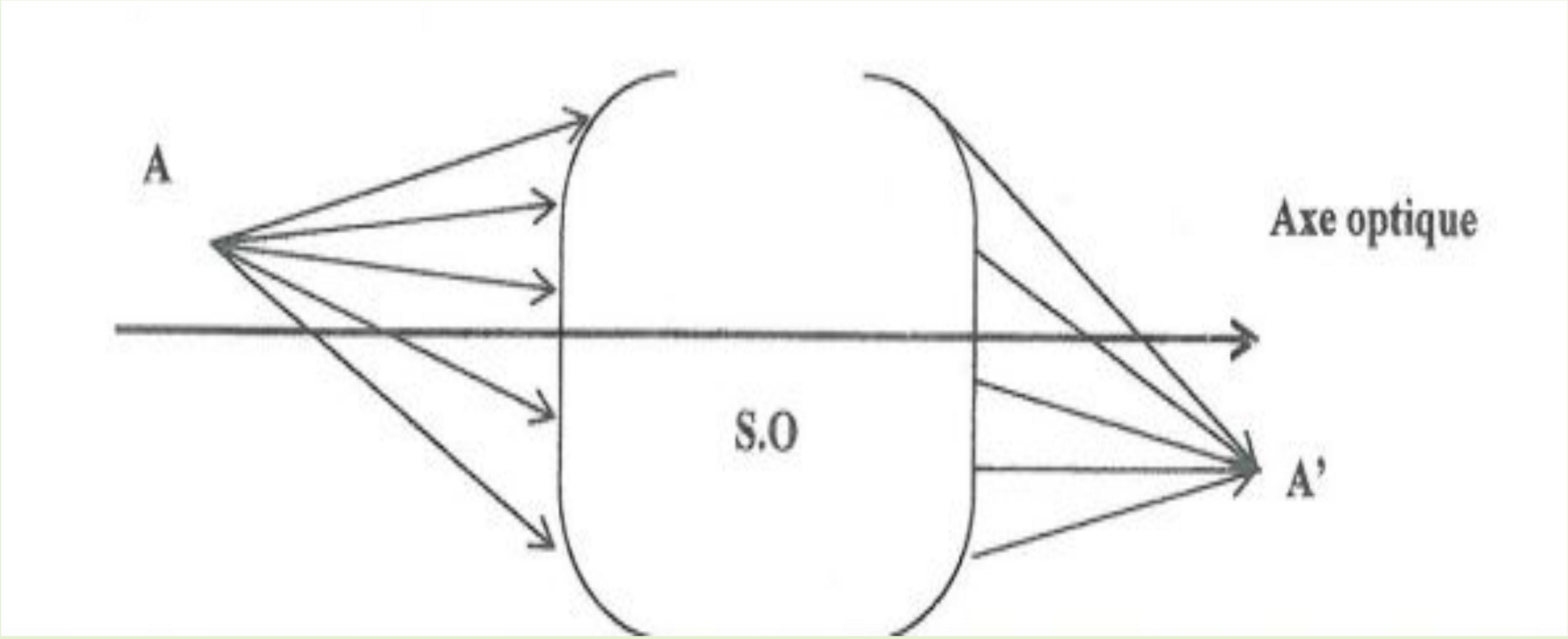




- Plan focal image et plan focal objet.
- Foyer secondaire image.
- Foyer secondaire objet.

Stigmatisme rigoureux

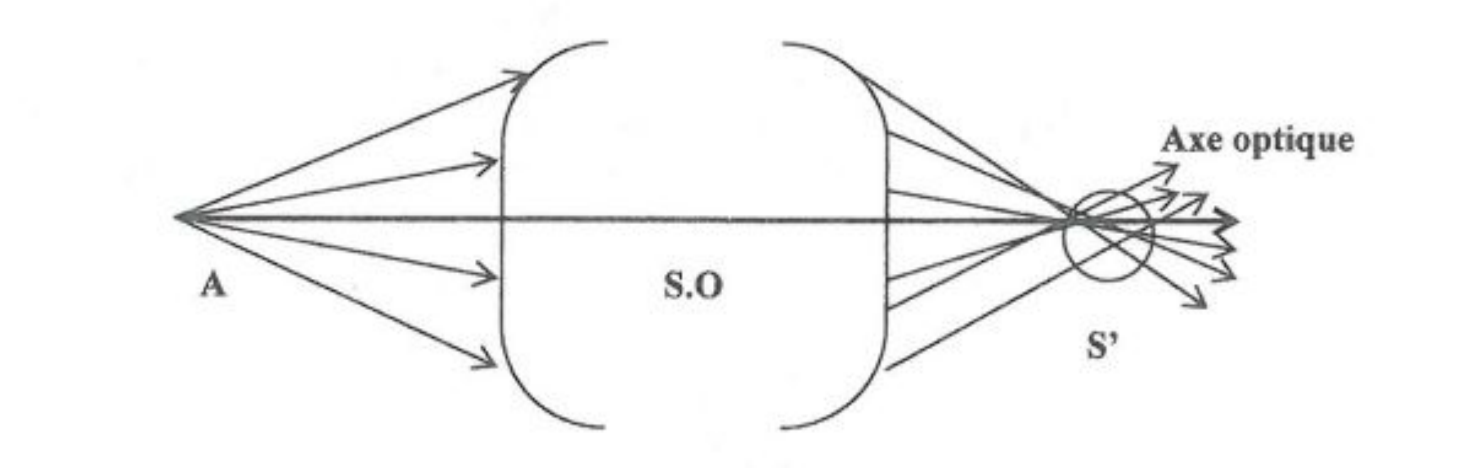
Un système optique (S) est dit **rigoureusement stigmatique** pour le couple de points (A, A') si tous les rayons issus de A passent par A' après avoir été déviés par le système. Les points A et A' sont dits **conjugués** par rapport à (S).



Stigmatisme approché : approximation de Gauss

Un point objet donne une image non ponctuelle mais (une tache) de dimensions suffisamment petites pour que l'œil ou un capteur optique le perçoivent de manière satisfaisante.

Le stigmatisme approché est réalisé pour les systèmes optiques lorsque les angles des rayons utilisés pour la formation des images sont petits (rayons paraxiaux). Les objets doivent être voisins de l'axe. On dit *qu'on* est placé dans l'approximation de Gauss.

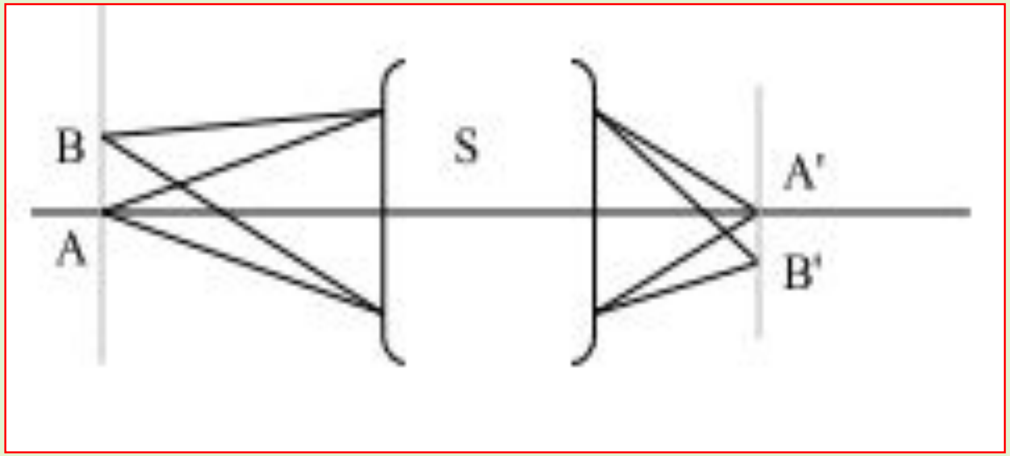


b) Aplanétisme

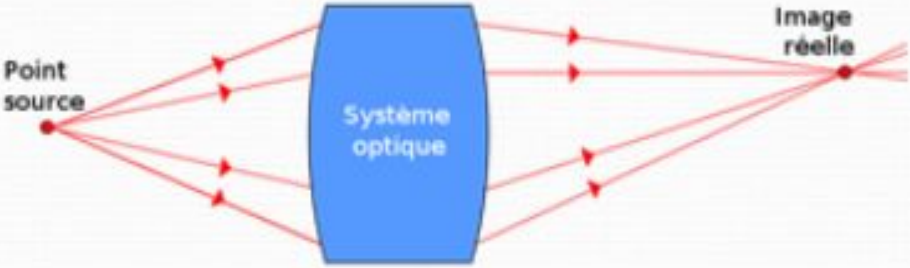
Pour un système centré (S), soient deux points A et A' de l'axe, pour lequel le système est rigoureusement stigmatique.

Soient par ailleurs deux points **B et B',** très proches respectivement de **A et A'** situés sur des plans perpendiculaires à l'axe du système en A et A’. (voir figure).

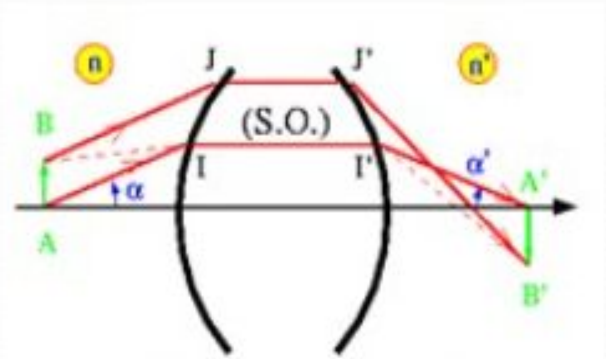
Le système est dit aplanétique pour A et A' s'il est aussi rigoureusement stigmatique pour B et B'.



Stigmatisme
Un système optique est dit stigmatique si tout faisceau issu d'un point lumineux donne à la sortie du système un faisceau convergeant en un point.
Remarque : seul le miroir plan est stigmatique en tout point



Aplanétisme
Soit un système optique possédant un axe de symétrie appelé axe optique, il est dit aplanétique si pour tout petit objet AB plan et perpendicalaire à l'axe optique a une image plane et perpendiculaire à l'axe optique

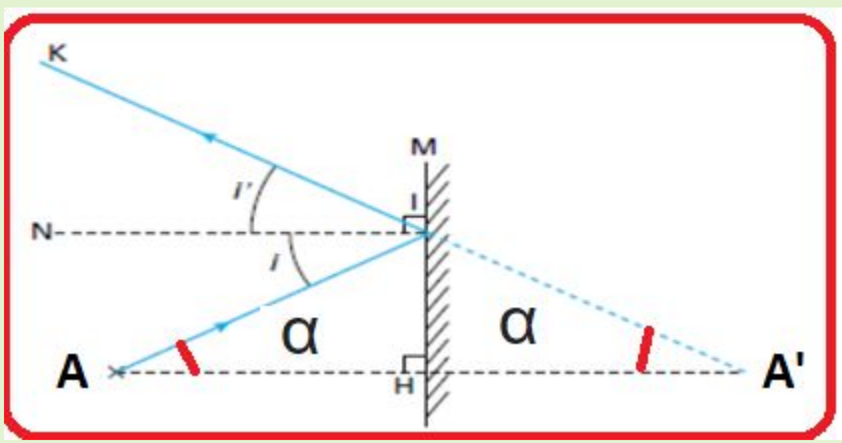


Exemple: Stigmatismes rigoureux

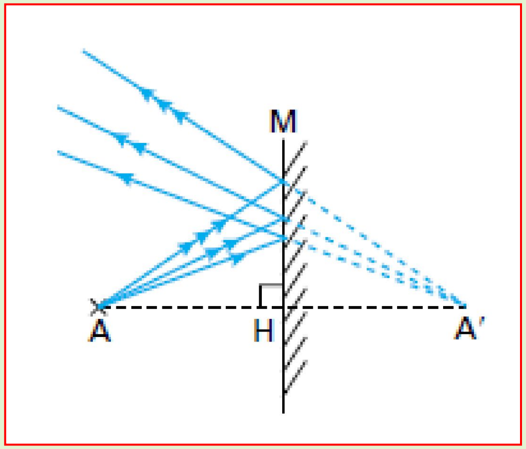
Miroir plan (voir chapitre Miroir)

Le miroir plan va nous permettre de donner la notion de stigmatisme rigoureux et servira de support pour introduire plusieurs notions importantes concernant les systèmes optiques.

Considérons un **miroir plan M comme système optique** et un point objet A comme source lumineuse (fig. a). Nous cherchons quelle est l'image A ' de A donnée par le miroir plan. (fig. b cas général).



(fig. a)



(fig. b cas général).

Exemple : Stigmatisme approché **(Dioptre plan)**

Un dioptre plan séparant deux milieux d'indice n et n', avec $n' < n$, pour voir quelles sont les conditions du stigmatisme approché.

Dans ce cas de choix d'indice, la réfraction éloigne les rayons de la normale.

On considère un point A de l'axe et on recherche son image par le dioptre.

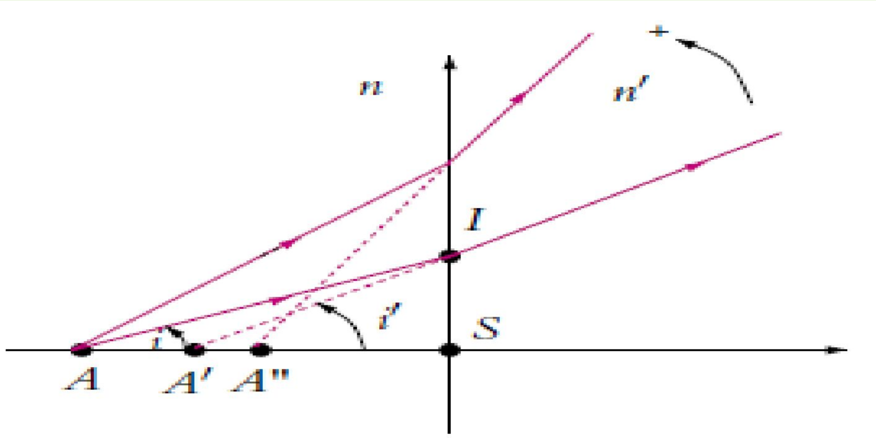
-trouver l'intersection de deux rayons après réfraction.

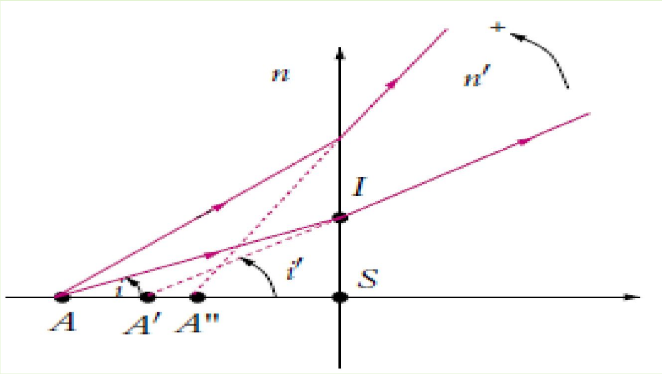
le point A est sur l'axe, le point image A' est aussi sur l'axe.

suivant l'ordre de l'inclinaison du rayon incident, l'intersection du rayon émergent avec l'axe est différente.

Donc: Plus le rayon incident arrive sur le dioptre avec un angle important, plus l'angle après réfraction sera grand **(figure. 10 ci-dessous).**

(figure. 10).





On cherche la position de l'image *A'*. On utilise les relations dans les triangles (*AIS)* et (*A'IS*) soit :

$$\overline{SI} = \overline{AS}\tan i \quad \text{et} \quad \overline{SI} = \overline{A'S}\tan i'$$

$$\boxed{\overline{A'S} = \overline{AS}\frac{\sin i \cos i'}{\sin i' \cos i}}$$

$$\boxed{\overline{A'S} = \overline{AS}\frac{n'}{n}\sqrt{\frac{1-(\frac{n}{n'})^2\sin^2 i}{1-\sin^2 i}}}$$

$$\boxed{\frac{\overline{SA'}}{n'} = \frac{\overline{SA}}{n}}$$

Démonstration:

AI un rayon incident . IK un rayon réfléchit en I :

la loi de Snell-Descartes: ($i = i'$),

AH perpendiculaire au miroir en H.

IK et AH se coupent en un point A’.

AI étant une sécante aux deux parallèles IN et AA’, nous avons

HAI =NIA = i

HA’I = NIK donc HAI = HA’I L’angle (A= A’)

AIH = A’IH

Donc A’ est l’image de A par le système optique,

Quelque soit le point A objet a une image A’ par le Miroir Plan,

Le résultat:

(positions de A’ et A) est indépendant du rayon incident:

si *i* est très petit, c’est-à-dire pour des rayons très peu inclinés sur l’axe : on dit, dans ce cas, que le dioptre est utilisé dans les conditions de Gauss.

Démonstration:

AI un rayon incident . IK un rayon réfléchit en I :

la loi de Snell-Descartes: (i = i'),

AH perpendiculaire au miroir en H.

IK et AH se coupent en un point A'.

AI étant une sécante aux deux parallèles IN et AA', nous avons

HAI =NIA = i

HA'I = NIK donc HAI = HA'I L'angle (A= A')

AIH = A'IH

Donc A' est l'image de A par le système optique,

Quelque soit le point A objet a une image A' par le Miroir Plan,

Le miroir plan est rigoureusement aplanétique pour tout point de l’espace et c’est le seul système optique qui vérifie cette propriété.

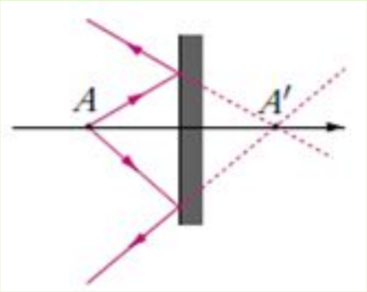


Fig.1: Image d’un objet réel par un miroir plan

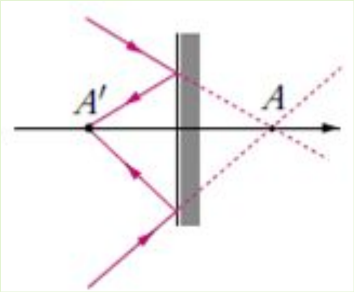


Fig.2 : Image d’un objet virtuel par un miroir plan

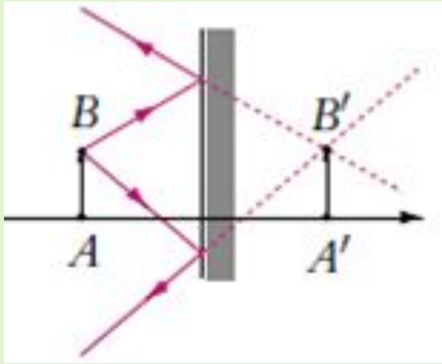


Fig.3 : Aplanétisme d’un miroir plan.

. Conditions de GAUSS

Un système est utilisé dans les conditions de Gauss, lorsque les rayons qui le traversent:

- **sont peu inclinés sur l'axe principal (rayons paraxiaux), et**
- **ne sont pas trop éloignés de l'axe optique.**

On dit alors qu'on travaille dans les conditions de GAUSS.

Ces conditions permettent de confondre l'angle d'incidence et son sinus et d'assurer un stigmatisme pour les points objet et image.

Conditions de Gauss

Un système optique est utilisé dans les conditions de Gauss si les rayons sont **paraxiaux** : (**proches de l'axe optique**, et **peu inclinés)**.

Les miroirs ou dioptres sont utilisés au voisinage de leur sommet.

En résumé

les angles des rayons avec l'axe doivent être faibles ;

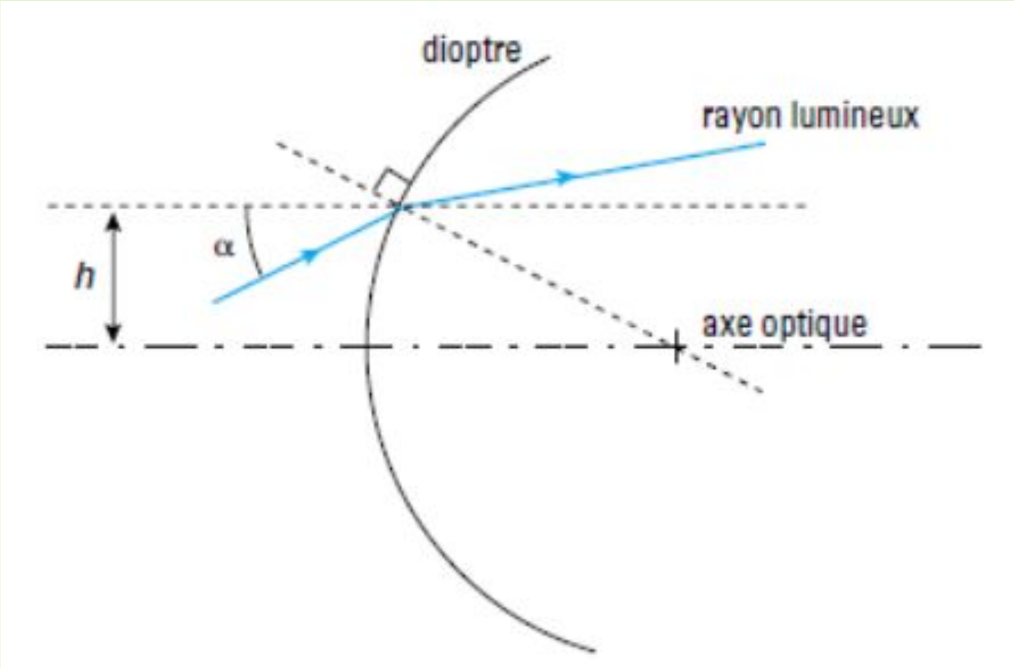
la hauteur d'incidence h de tous les rayons sur chaque dioptre ou miroir doit être **faible devant le rayon de courbure** de ces dioptres ou miroirs.

Les conditions de Gauss assurent aux systèmes centrés un stigmatisme (conjugaison point à point), et un aplanétisme (conjugaison plan à plan) approchés.

Le stigmatisme permet d'associer à un point de l'axe une image sur l'axe :

(voir chapitre III. relation de conjugaison caractéristique de cette propriété.

Cas d’approximation de Gauss



Conditions de Gauss:

Les rayons doivent être paraxiaux cad peu inclinés et peu écartés de l'axe optique.

peu écarté → OH << R

peu incliné → α< qq degrés ou 0,1 radians

Dans les conditions de Gauss, l'image d'un point par un système centré, est un point et conserve la propriété d'aplanétisme