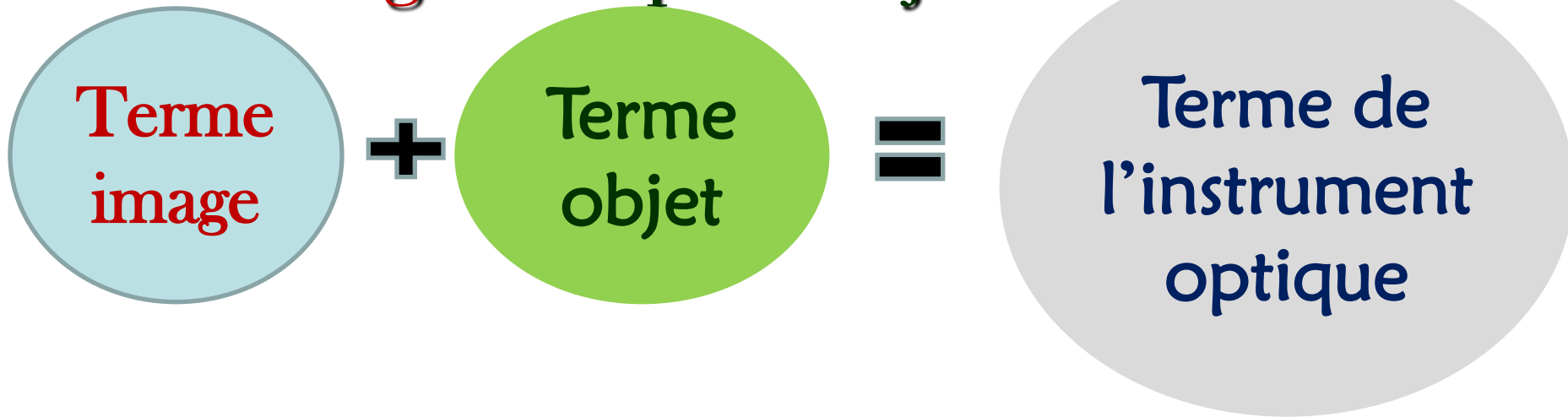


Dans tous ces cas, on dit que A et A' sont deux points conjugués par rapport au système optique S

Les points A et A' sont liés par une relation de conjugaison relative au **système optique S**, qui a fourni **l'image A'** du **point objet A**.



terme image + terme objet = Terme instrument

$$\frac{1}{\overline{HA'}} + \frac{1}{\overline{HA}} = 0 = \frac{1}{\infty}$$

A et A' sont conjugués par le miroir plan M

$$\overline{AH} = \overline{HA'}$$

Relation de conjugaison pour un miroir plan

Dans le cadre de l'approximation de Gauss

$$\frac{n_2}{\overline{HA'}} - \frac{n_1}{\overline{HA}} = \frac{1}{\infty} = 0$$

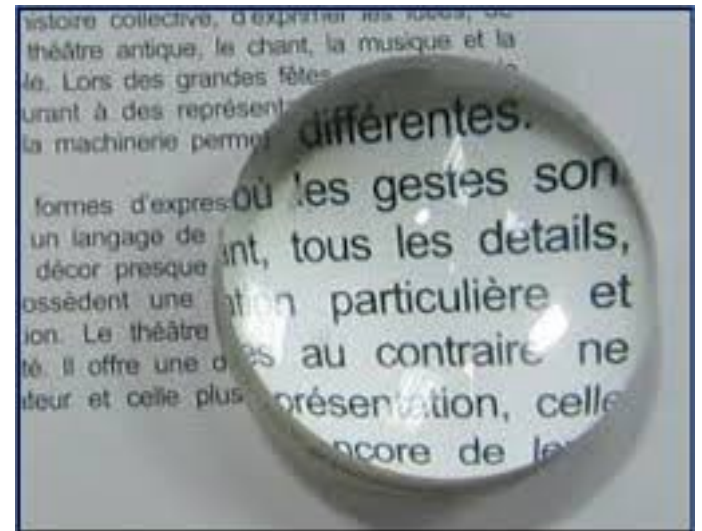
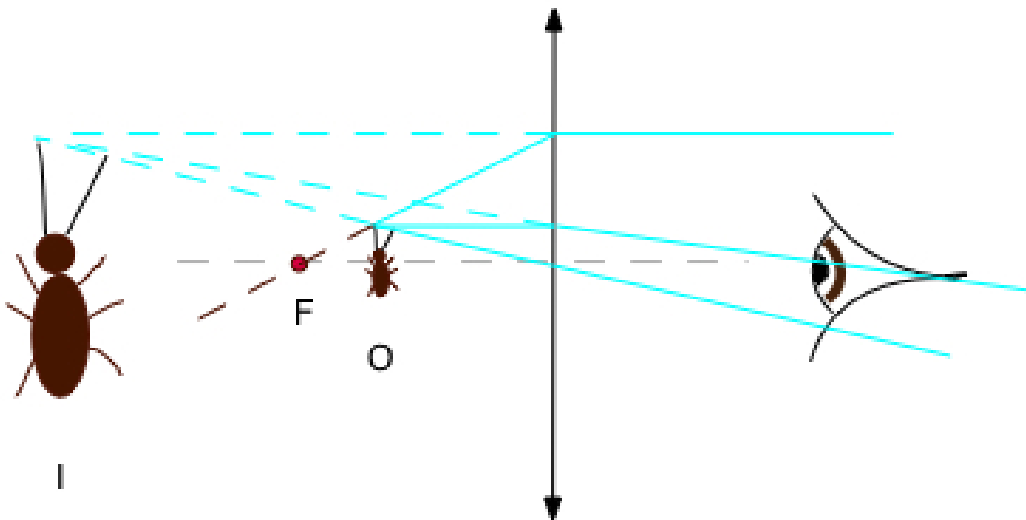
Relation de conjugaison pour un dioptre plan

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

Relation de conjugaison du dioptre (n_1, n_2)

L'objectif d'un système optique S est de former une **image** d'un **objet**, situé à une distance finie ou infinie, qui **lui ressemble le mieux possible.**

Cette image doit en général être **agrandie** pour faciliter l'observation. D'où la notion du Grandissement linéaire / transversal : $\gamma_t = A'B'/AB$

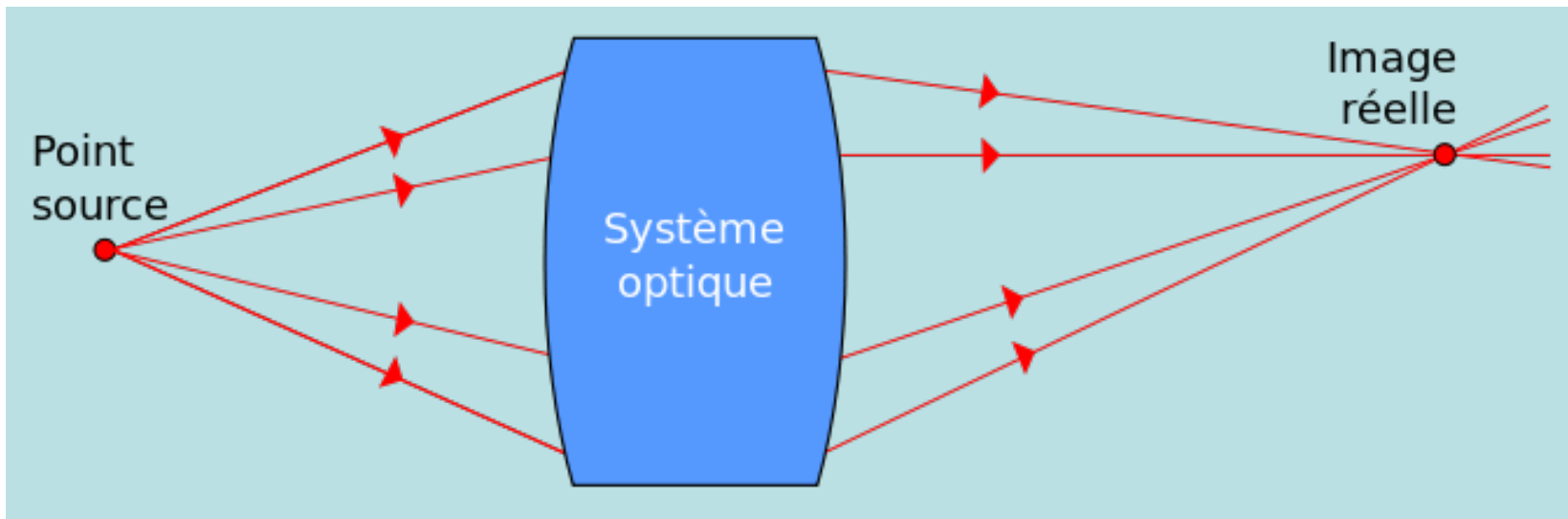


Stigmatisme

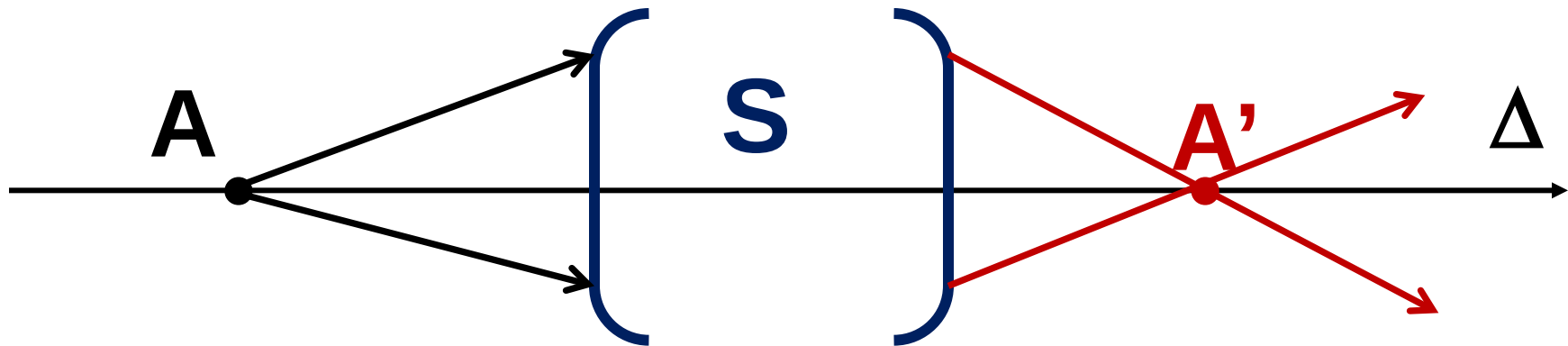
Un système optique S est stigmatique pour un couple de points A et A' , si tout rayon lumineux dont le support passant par le point A avant la traversée du système optique S , passe par le point A' après avoir traversé le système optique S .

- A' est le point image du point objet A , fournie par le **système optique S** .
- Dans ce cas, on dit que les deux points A et A' sont **conjugués** par rapport au système optique S .

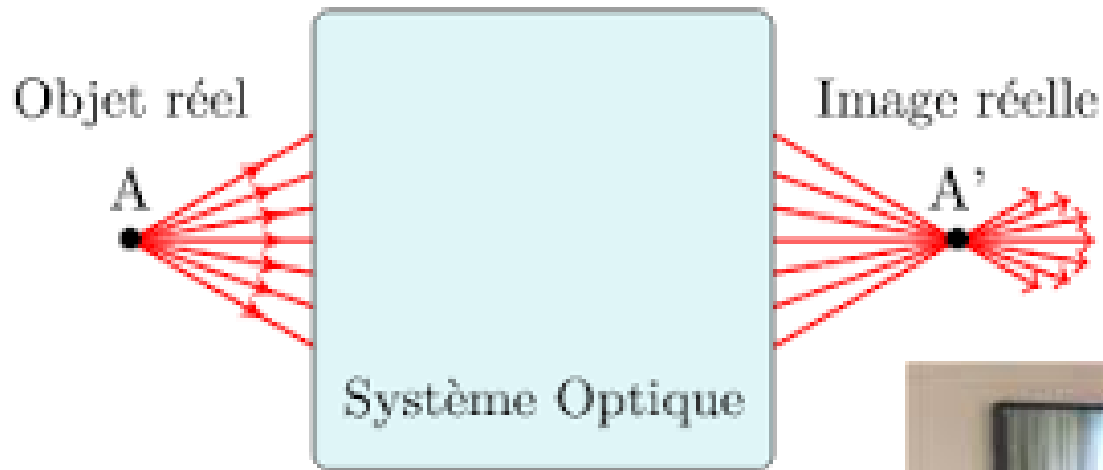
A et A' sont liés par une relation de conjugaison propre au système optique S



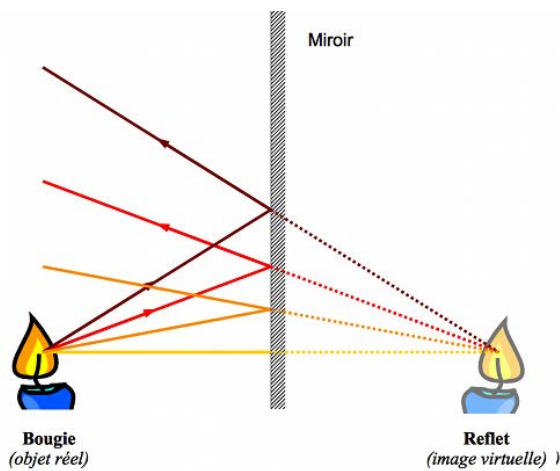
A' est l'image de l'objet A , fournie par le système S



Le système S est dit stigmatique



Exemple :

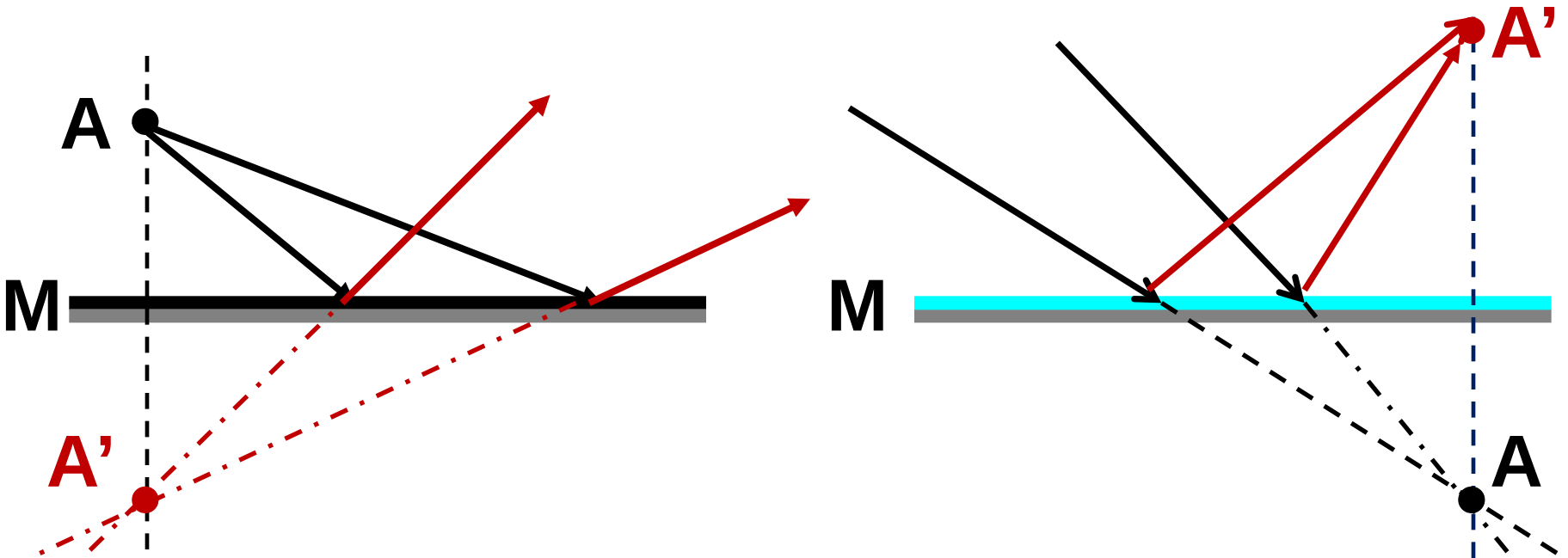


Stigmatisme rigoureux

L'image d'un point objet A est un point image A'

Un miroir plan est une surface réfléchissante plane. C'est le seul système réalisant **le stigmatisme rigoureux** pour tout point de l'espace, l'image A' étant le symétrique du **point objet** A par rapport à son plan.

A et A' sont toujours de nature opposée



A' à l'infini

dioptre plan

Stigmatisme rigoureux

$$\overline{HA'} = \overline{HA} \cdot \frac{\sin(i)}{\sin(i')} \cdot \frac{\cos(i')}{\cos(i)} = \overline{HA} \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{\cos(i')}{\cos(i)}$$

$$A \rightarrow \infty \text{ alors } A' \rightarrow \infty$$

A à l'infini

n_2 A est sur la surface réfringente Σ

n_1 A est confondu avec H, et on a :

$$\overline{HA'} = \overline{HA} \cdot \frac{\sin(i)}{\sin(i')} \cdot \frac{\cos(i')}{\cos(i)} = \overline{HA} \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{\cos(i')}{\cos(i)}$$

A et A' sont confondus

$$A \rightarrow H \text{ alors } A' \rightarrow H$$

A' est sur la surface réfringente

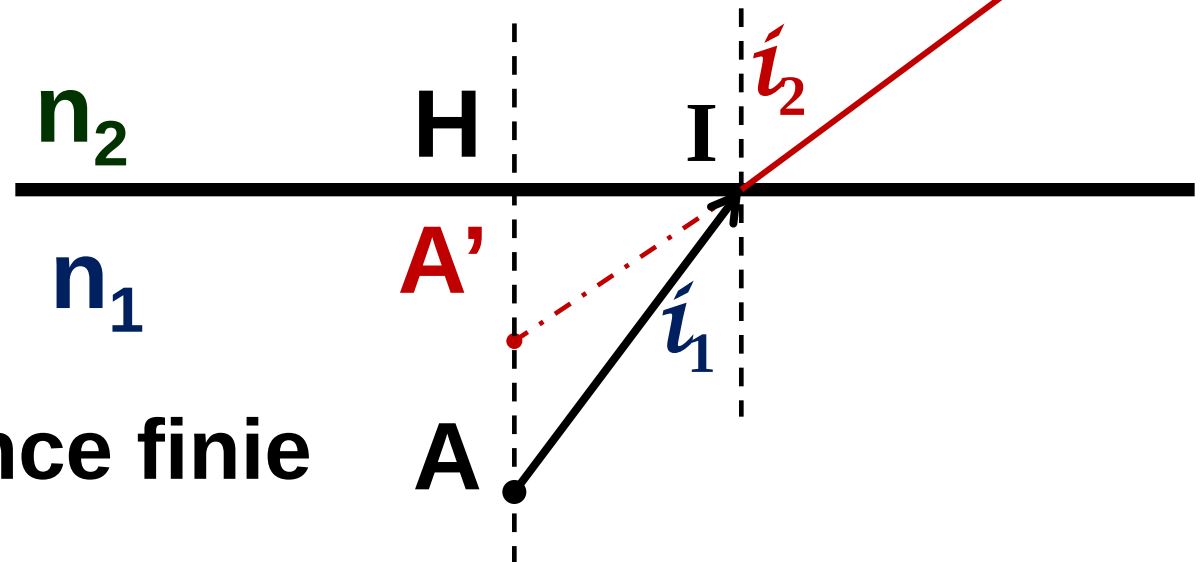
Stigmatisme rigoureux

$$n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$$

Un rayon quelconque AI incident sera réfracté sous réserve que l'angle d'incidence $i_1 < \Lambda$.

Pas de Stigmatisme rigoureux

$$\overline{HA'} = \overline{HA} \cdot \frac{\sin(i)}{\sin(i')} \cdot \frac{\cos(i')}{\cos(i)} = \overline{HA} \cdot \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{\cos(i')}{\cos(i)}$$

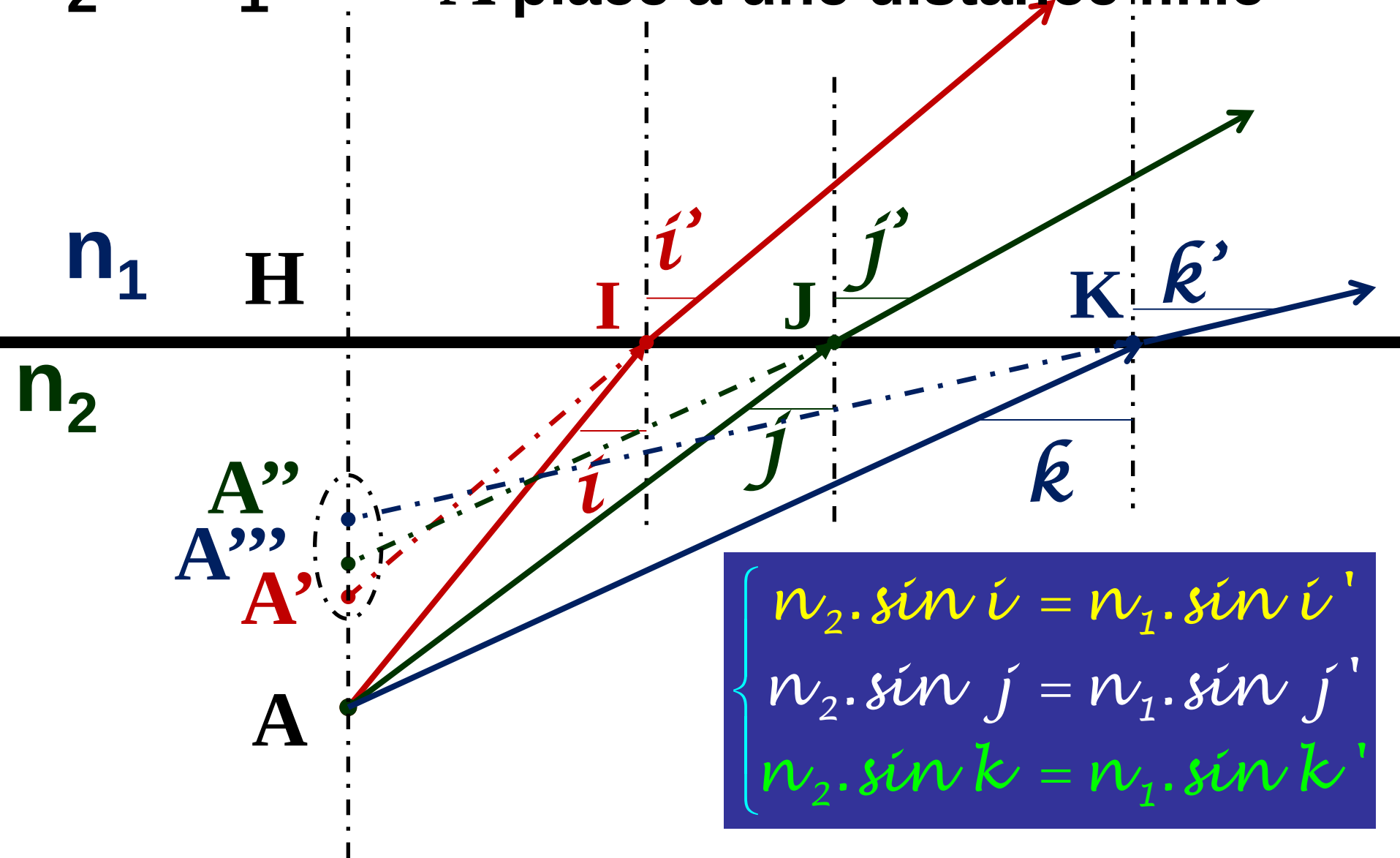


A situé à distance finie

Pas de stigmatisme rigoureux

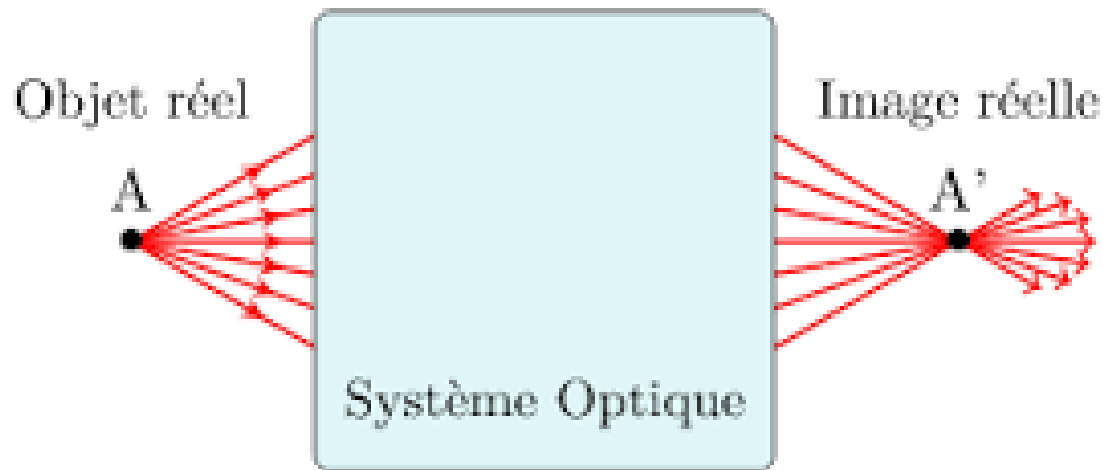
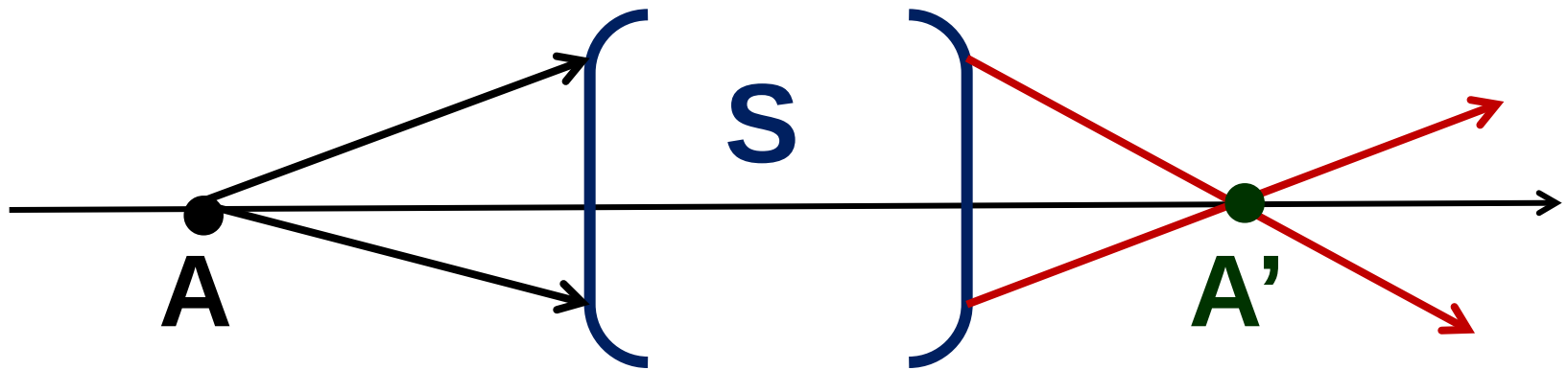
A placé à une distance finie

$$n_2 > n_1$$



$$\begin{cases} n_2 \cdot \sin i = n_1 \cdot \sin i' \\ n_2 \cdot \sin j = n_1 \cdot \sin j' \\ n_2 \cdot \sin k = n_1 \cdot \sin k' \end{cases}$$

- **Un système optique S** est de **bonne qualité** si l'image d'un point A est **un point A'**.
- Le système S est alors dit **stigmatique**

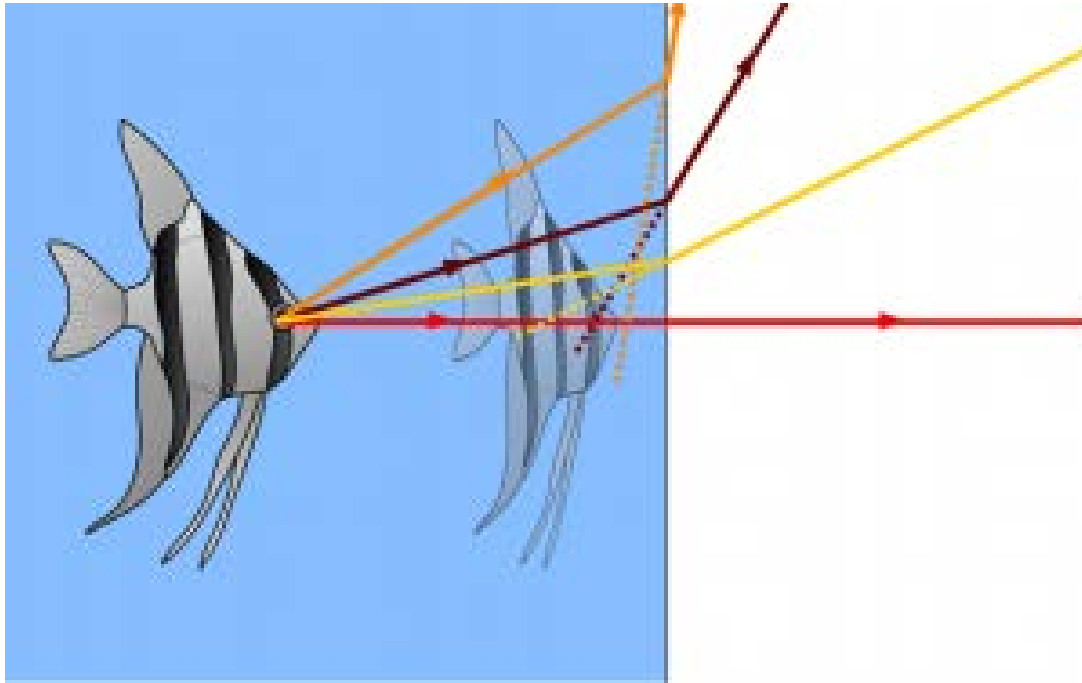


- Les cas de **stigmatisme rigoureux** sont rares. Les instruments d'optique parfaits sont irréalisables.

En pratique, on doit se contenter d'un **stigmatisme approché**.

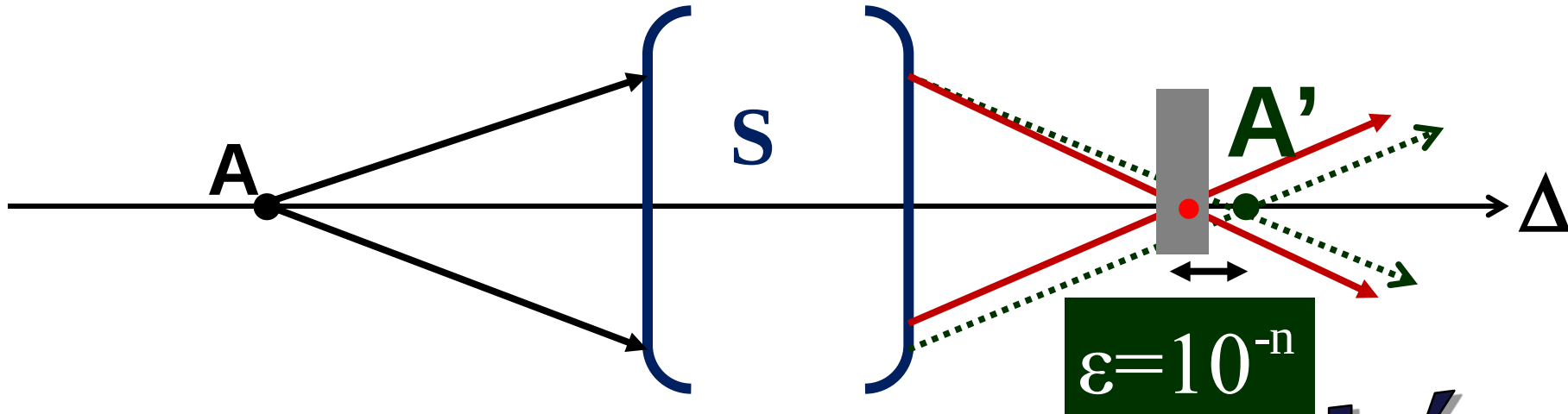
Autrement dit, un point objet donne une image « non ponctuelle » une tâche mais de dimensions suffisamment petites pour que l'œil ou un capteur optique, tous deux de structure granulaire, la perçoive de manière satisfaisante.

- Un **système optique** présente un **stigmatisme approché** pour un couple de points A et A' , si tout rayon issu de A passe suffisamment à proximité de A' après avoir traversé le système optique.



Stigmatisme approché
L'image d'un point objet A est une tâche image A' qu'on assimile à un point

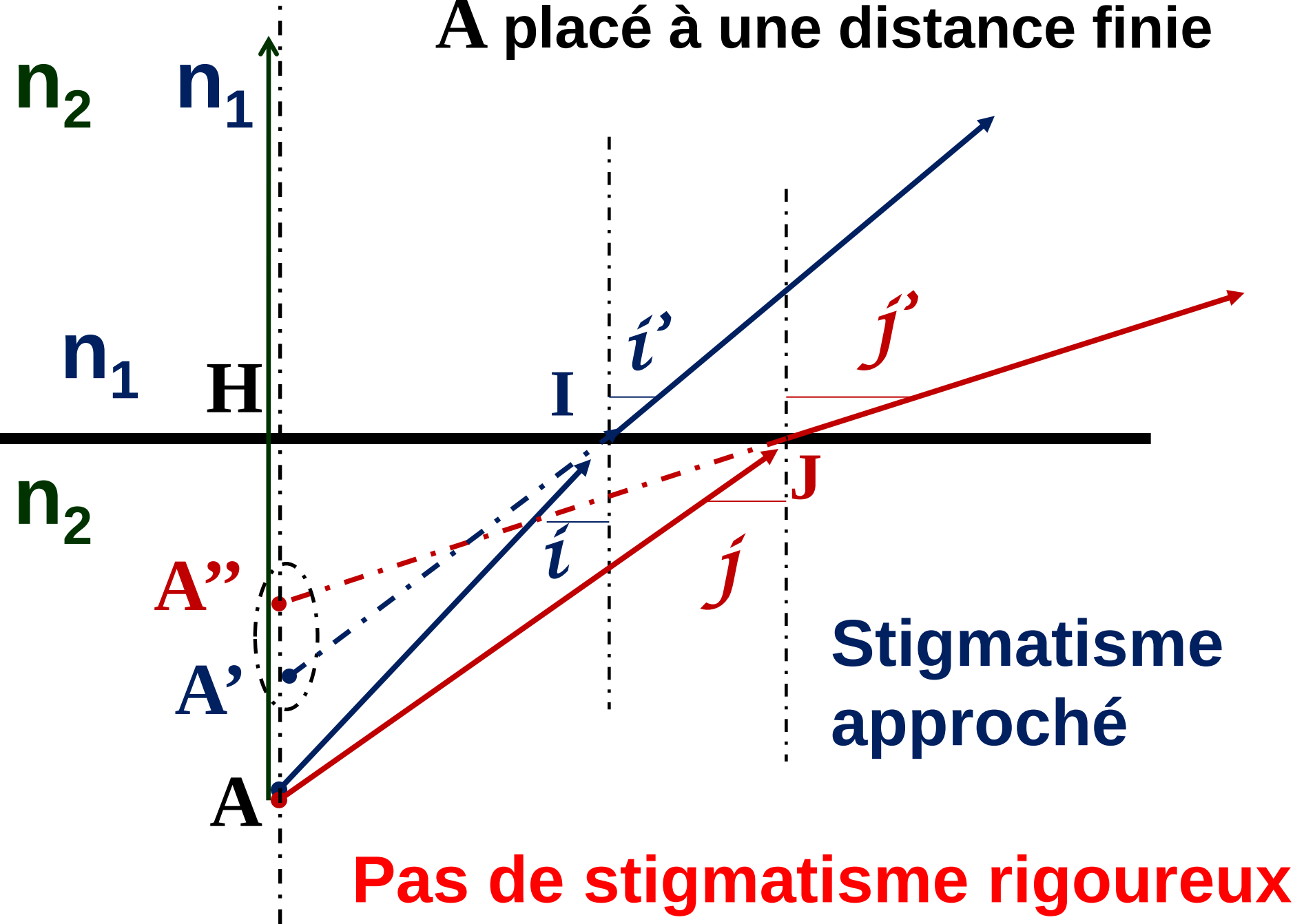
$$\varepsilon = 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, \dots$$



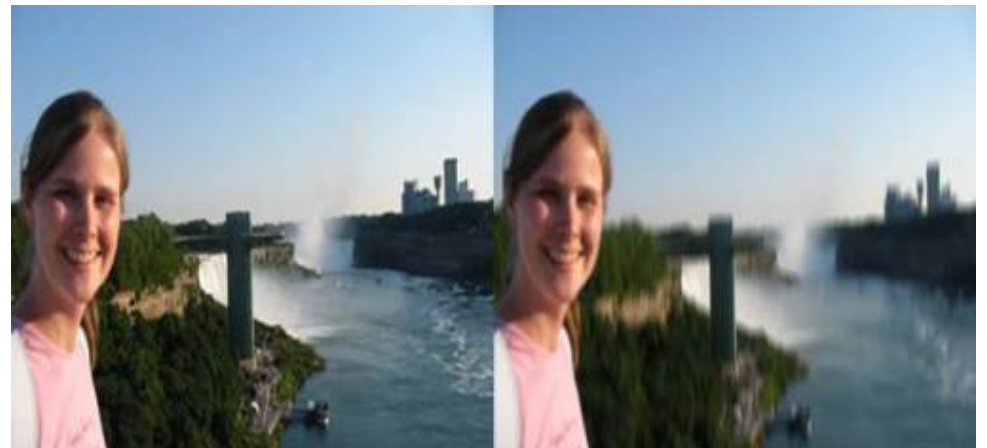
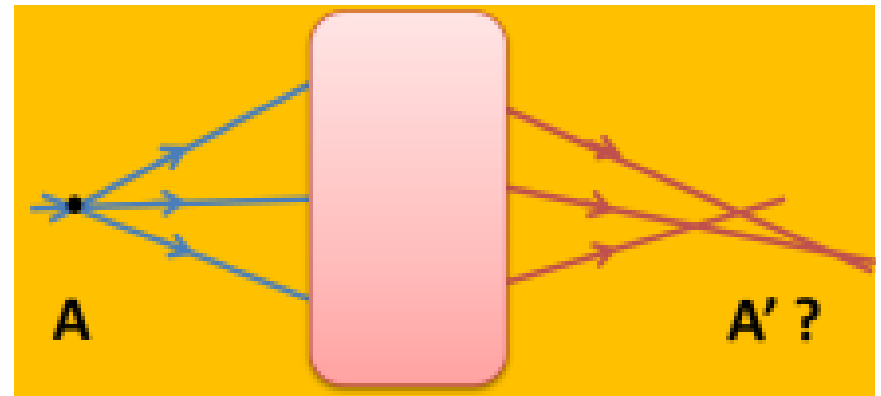
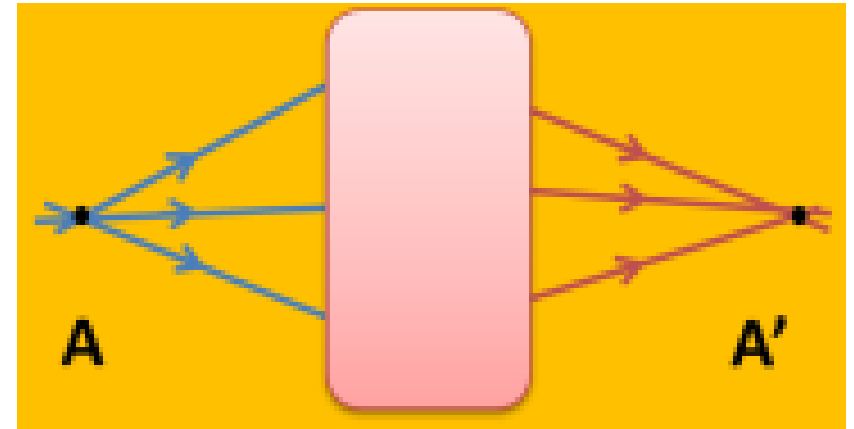
Stigmatisme approché

- L'écart n'apparaît pas au récepteur. La distance tolérée dépend évidemment des qualités de ce récepteur.

A placé à une distance finie



Les systèmes optiques centrés sont rarement stigmatiques sauf si un jeu de diaphragme permet de ne laisser passer que les rayons paraxiaux, c'est-à-dire proches de l'axe optique, restreignant ainsi le système au domaine de l'approximation de Gauss.



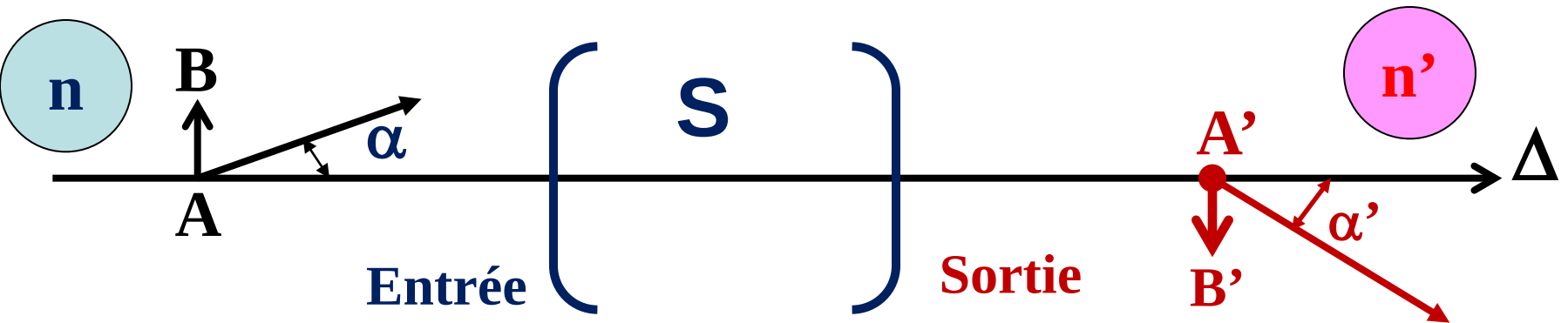
D'une manière générale, le stigmatisme n'existe pas. L'approximation paraxiale permet de négliger les défauts de stigmatisme et de supposer que ces systèmes sont parfaits. Ceci est indispensable pour calculer les positions des images.

Un système optique centré quelconque corrigé des aberrations a son imagerie parfaitement déterminée par l'imagerie paraxiale.

D'une façon générale, un système optique parfait qui donne une image nette doit être stigmatique et aplanétique.

L'aplanétisme

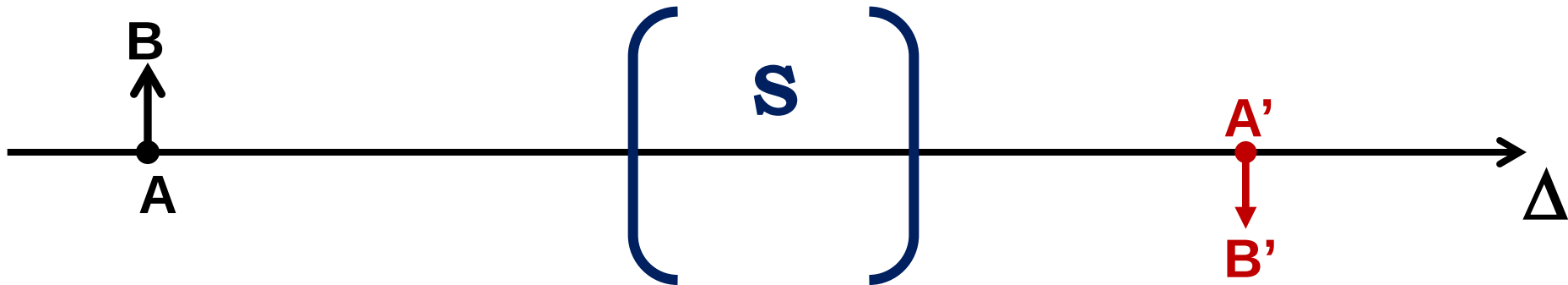
un système optique S est aplanétique pour les couples (A, A') et (B, B'):



$$n \cdot AB \cdot \sin(\alpha) = n' \cdot A'B' \cdot \sin(\alpha')$$

Dans un système aplanétique, si l'objet est *perpendiculaire* à l'axe optique, alors l'image sera aussi *perpendiculaire* à l'axe optique :

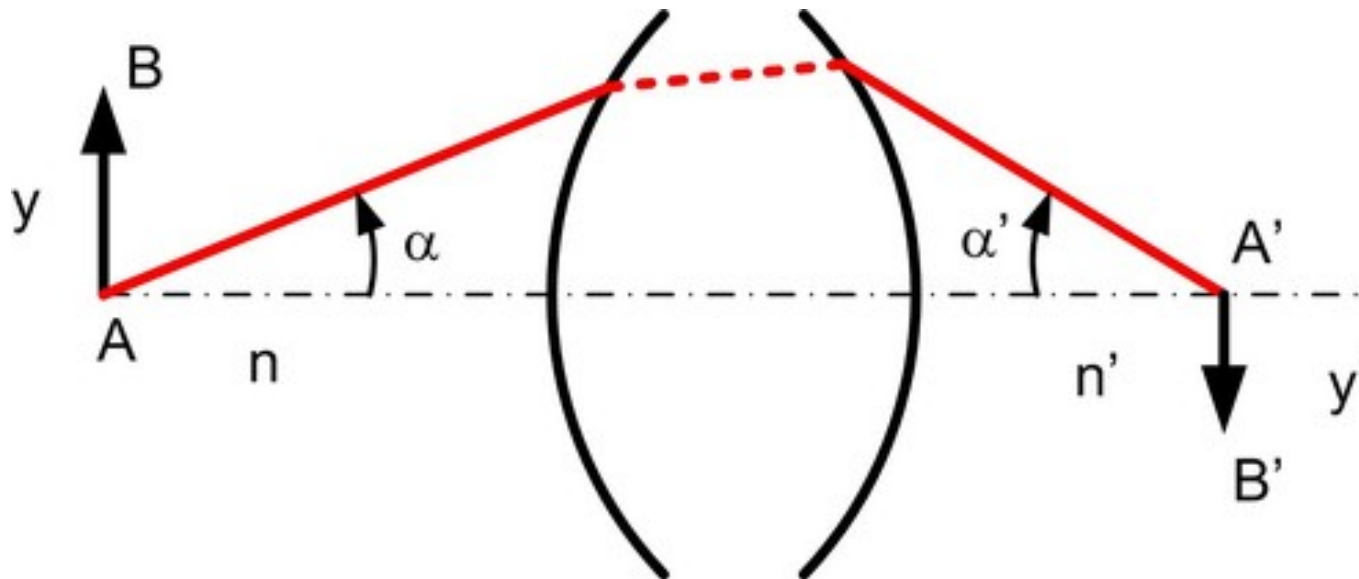
Les points situés dans un plan normal à l'axe du système **S** donnent des images situées dans un plan normal à l'axe du système **S** : le système est dit aplanétique



Par conséquent, pour tout **systeme optique S**, pour tout objet AB de dimension y ayant pour image A'B' de dimension y' , formée par le systeme optique S, et un rayon lumineux partant de A faisant l'angle α avec l'axe, arrivant en A' sous l'angle α' ,

nous avons :

$$n \cdot y \cdot \alpha = n' \cdot y' \cdot \alpha'$$



Exemple : Un appareil photographique nous donne une image nette d'un objet quelconque.

L'appareil est un **systeme stigmatique** pour tous les points. De plus, l'image doit se former dans le plan de la pellicule photo. C'est par ce que l'appareil est un **systeme optique aplanétique**.



- Il est à noter que le stigmatisme approché est réalisé pour les systèmes centrés lorsque les angles des rayons utilisés pour la formation des images sont petits (**rayons paraxiaux**).
- Les objets doivent être voisins de l'axe.
- Les systèmes optiques satisfaisant à ces conditions sont très nombreux.

Approximation de Gauss

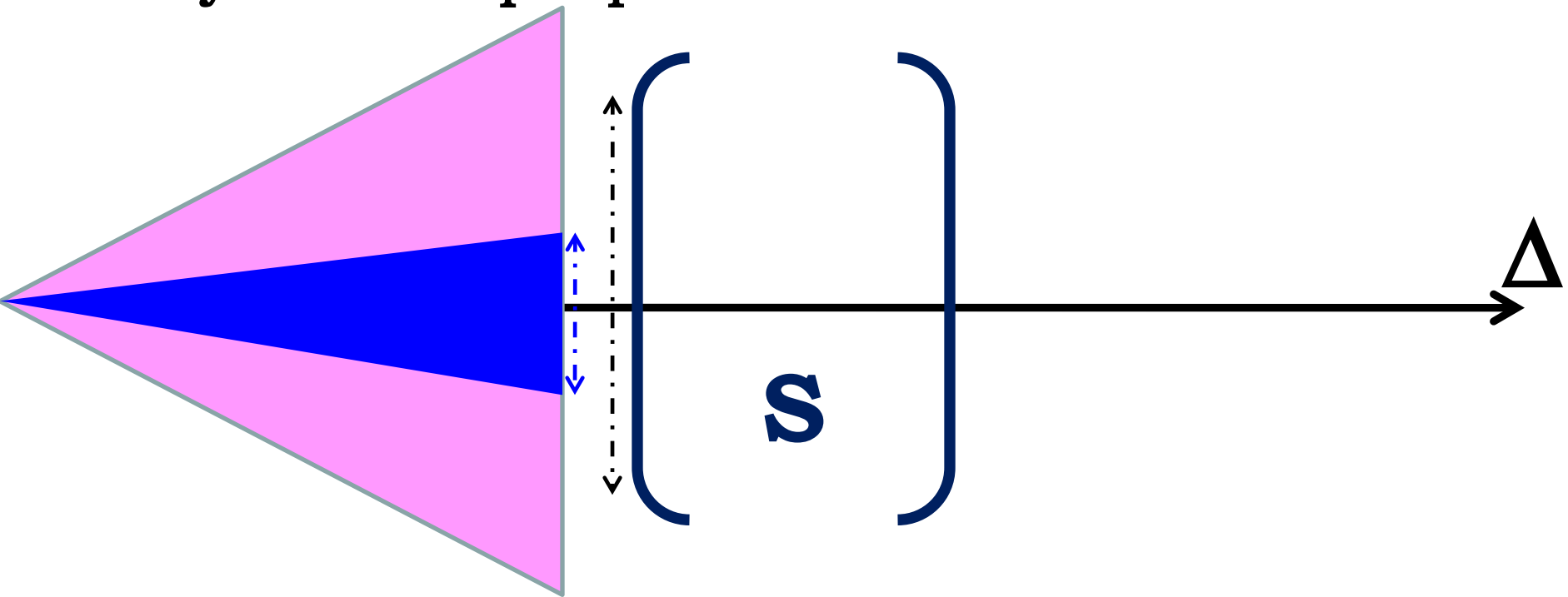
Par définition, **un système centré** est utilisé dans les conditions de l'approximation de Gauss s'il n'est traversé que par des rayons peu écartés de l'axe et peu inclinés sur l'axe (rayons paraxiaux).

Systèmes centrés dans l'approximation de Gauss

Exemples : Lunettes astronomiques, microscopes, caméras, appareils photo, ... sont des **systèmes centrés**.

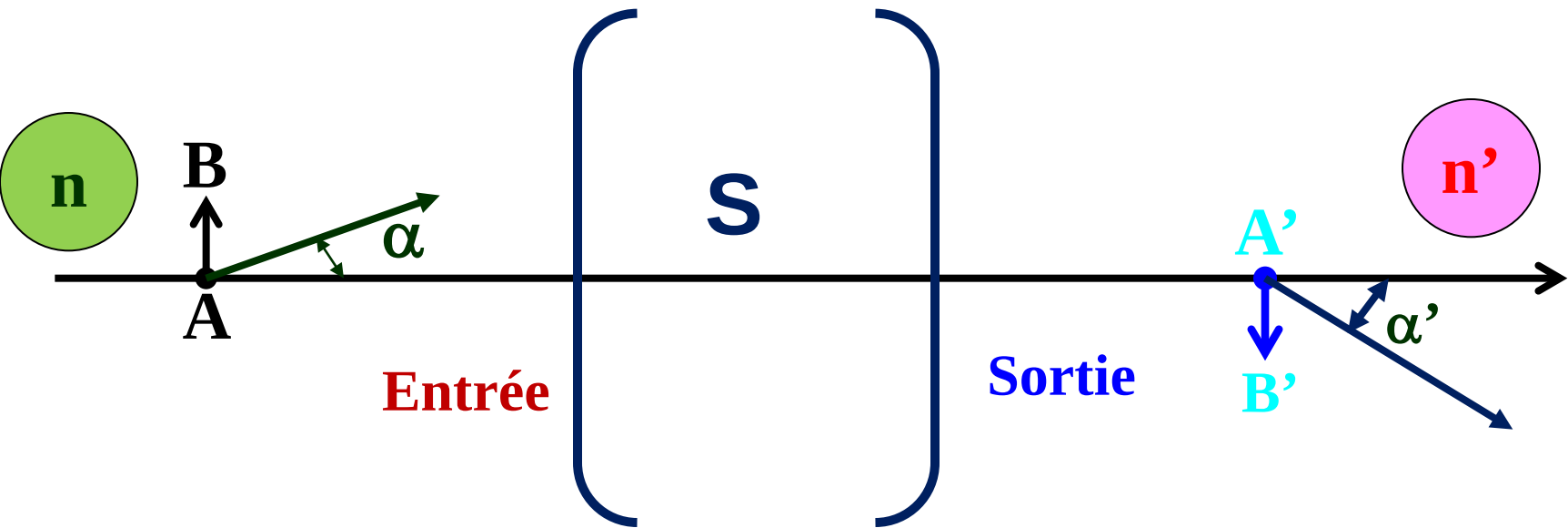
Explication :

- Peu écarté de l'axe optique signifie que la **largeur** du faisceau lumineux est très **inférieure** au rayon **R** de la surface du système optique.



Peu écarté de l'axe optique

Peu incliné sur l'axe optique



Peu incliné sur l'axe optique signifie que l'angle α formé par le rayon lumineux et l'axe optique est faible, de quelques degrés, de telle sorte qu'on puisse écrire :

$$\sin(\alpha) \approx \text{tg}(\alpha) \approx \alpha_{\text{rd}}$$

- Conséquences :
- Seulement les figures planes sont à considérer.
- Dans les conditions de Gauss, l'image d'un point, formée par un système centré, est un point.
- Un point objet B n'a qu'une image B' et inversement.
- Deux rayons suffisent en général pour identifier B et B'.
- Dans les conditions de Gauss, un système centré est aplanétique.
- Si A est sur l'axe, A' est aussi sur l'axe. L'image A' étant unique, les abscisses de l'objet et de l'image sont liées par une relation de conjugaison.