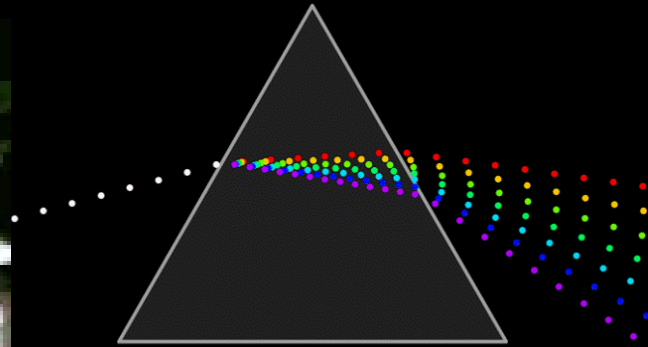


Systeme optique à surface plane : Miroir et Dioptre plans, Lame à faces parallèles et Prisme



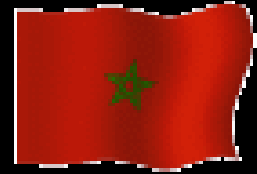
Applications



Pr. Hamid TOUMA
Département de Physique
Faculté des Sciences de Rabat
Université Mohamed V Rabat

Ce qu'il faut retenir

CE QU'IL FAUT
RETENIR



En appliquant le **principe de la propagation rectiligne** de la lumière, **l'optique géométrique** se propose d'étudier comment les **rayons lumineux**, partant des objets, cheminent en subissant des réflexions et des réfractions à travers divers milieux transparents appelés **systèmes optiques**, et concourent à la formation des images.

Rayon incident

A

100%

Rayon réfléchi

C

4%

i_1

$r = i_1$

Angle d'incidence = angle de réflexion

n_2

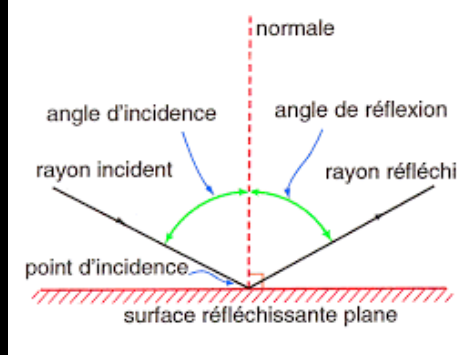
96%

i_2

Rayon réfracté

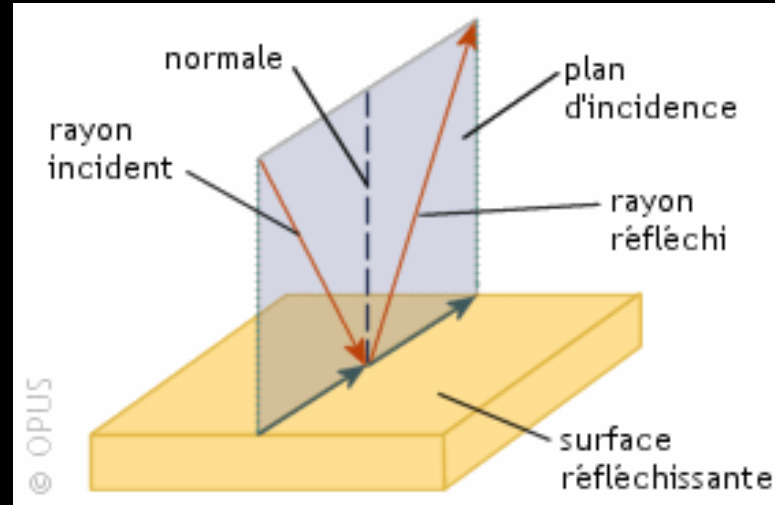
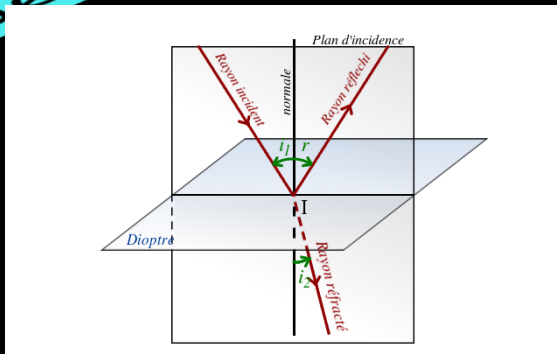
B

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



Lois de Snell-Descartes

Loi de la réflexion

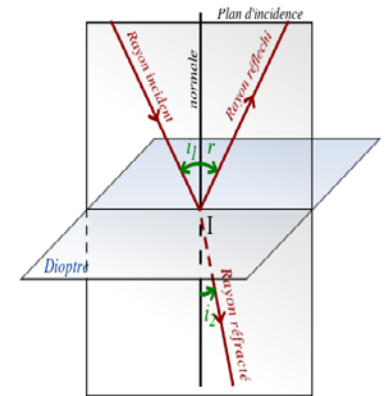
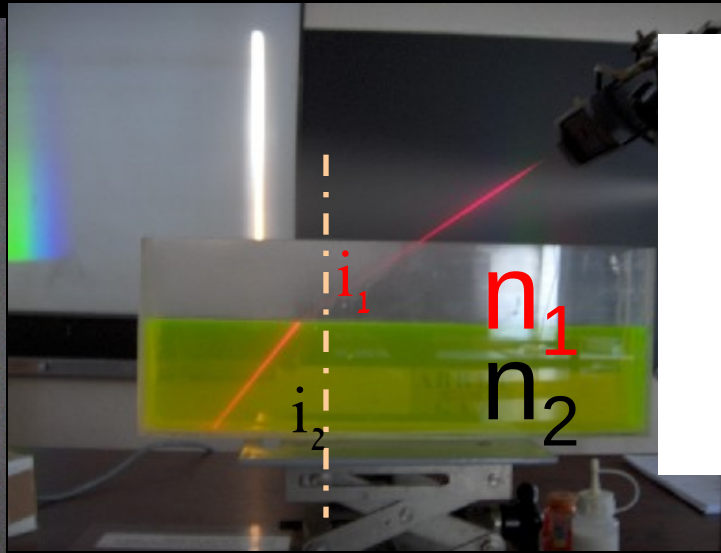
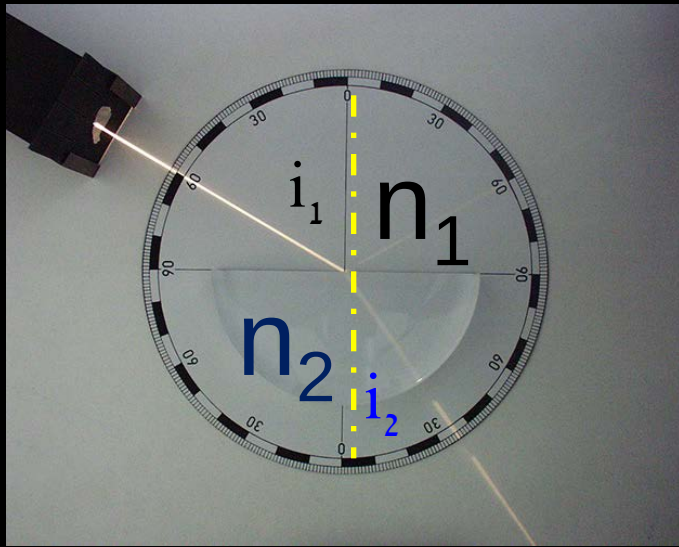


Les deux rayons incident et réfléchi sont dans le **même plan d'incidence** formé par le **rayon incident** et la normale à la surface réfringente Σ

Angle d'incidence i = angle de réflexion r

Loi de Snell-Descartes

Loi de la réfraction



Les deux rayons incident et réfracté sont dans le même plan d'incidence

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

Pour traiter le problème de la marche des rayons lumineux, il peut être utile d'utiliser une formulation différente que celle de Snell-Descartes : Le Principe de Fermat

Le chemin optique L_{AB} est stationnaire, dans le sens d'**extremum** (maximum ou minimum)
 $dL_{AB} = 0$

Le **principe de Fermat** peut être pris comme point de départ de l'**optique géométrique**.

$$L_{AB} = \int_{(\Gamma)} n \cdot dl$$

Principe de Fermat et fondements de l'optique géométrique :

Propagation rectiligne

Principe du retour inverse de la lumière

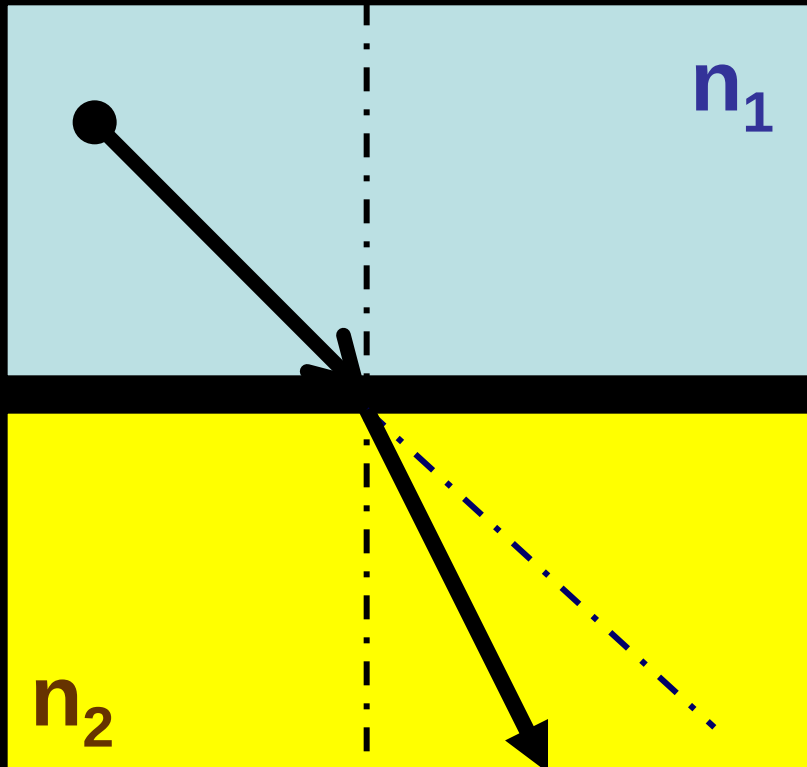
Lois de Snell-Descartes

Comparaison

Passage d'un milieu d'indice n_1 à un milieu d'indice n_2 :

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

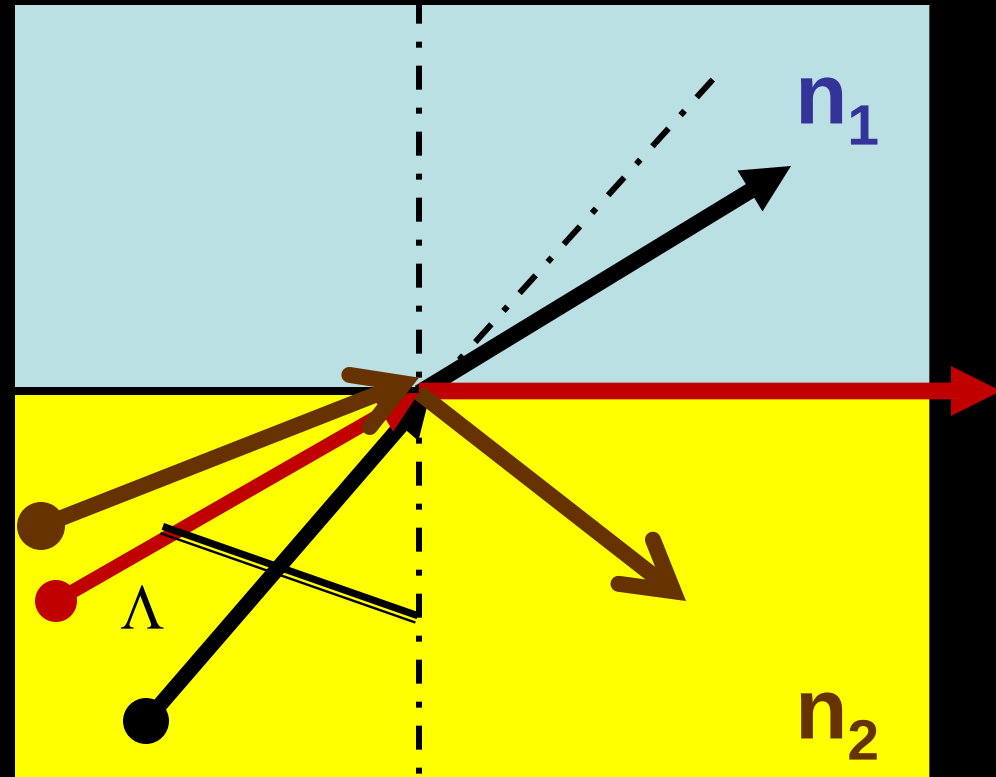
$$n_2 > n_1$$



Réfraction certaine

Passage du milieu d'indice n_2 vers le milieu d'indice n_1 :

$$\sin \Lambda = \frac{n_{\text{+petit}}}{n_{\text{+grand}}}$$



Réfraction conditionnée

Angle de réfraction limite Λ

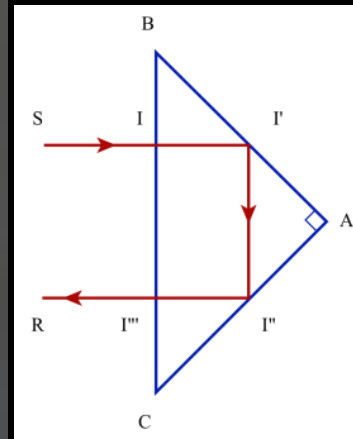
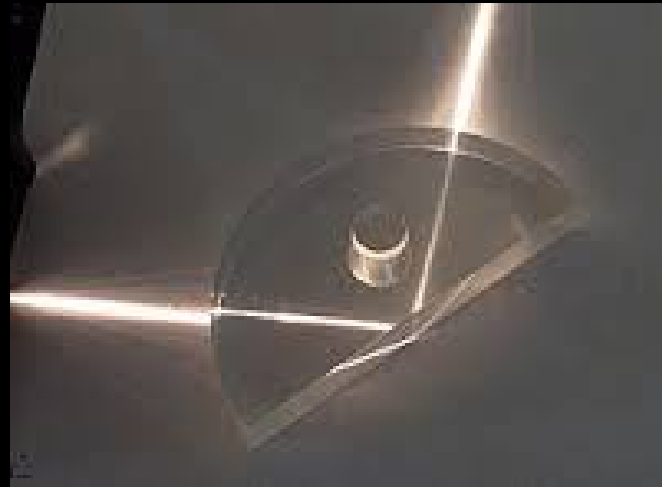
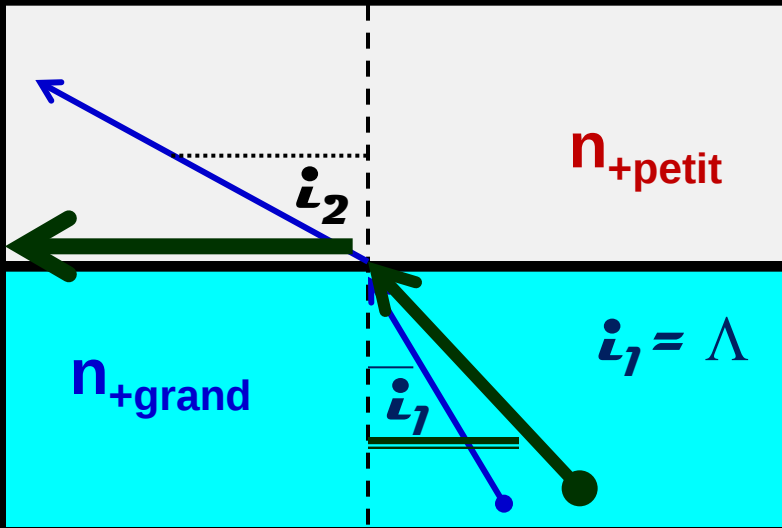
L'angle de la réfraction limite Λ se trouve toujours dans le milieu le **plus réfringent** (le plus grand indice absolu)

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

$$n_1 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = n_2 \cdot \sin(\Lambda)$$

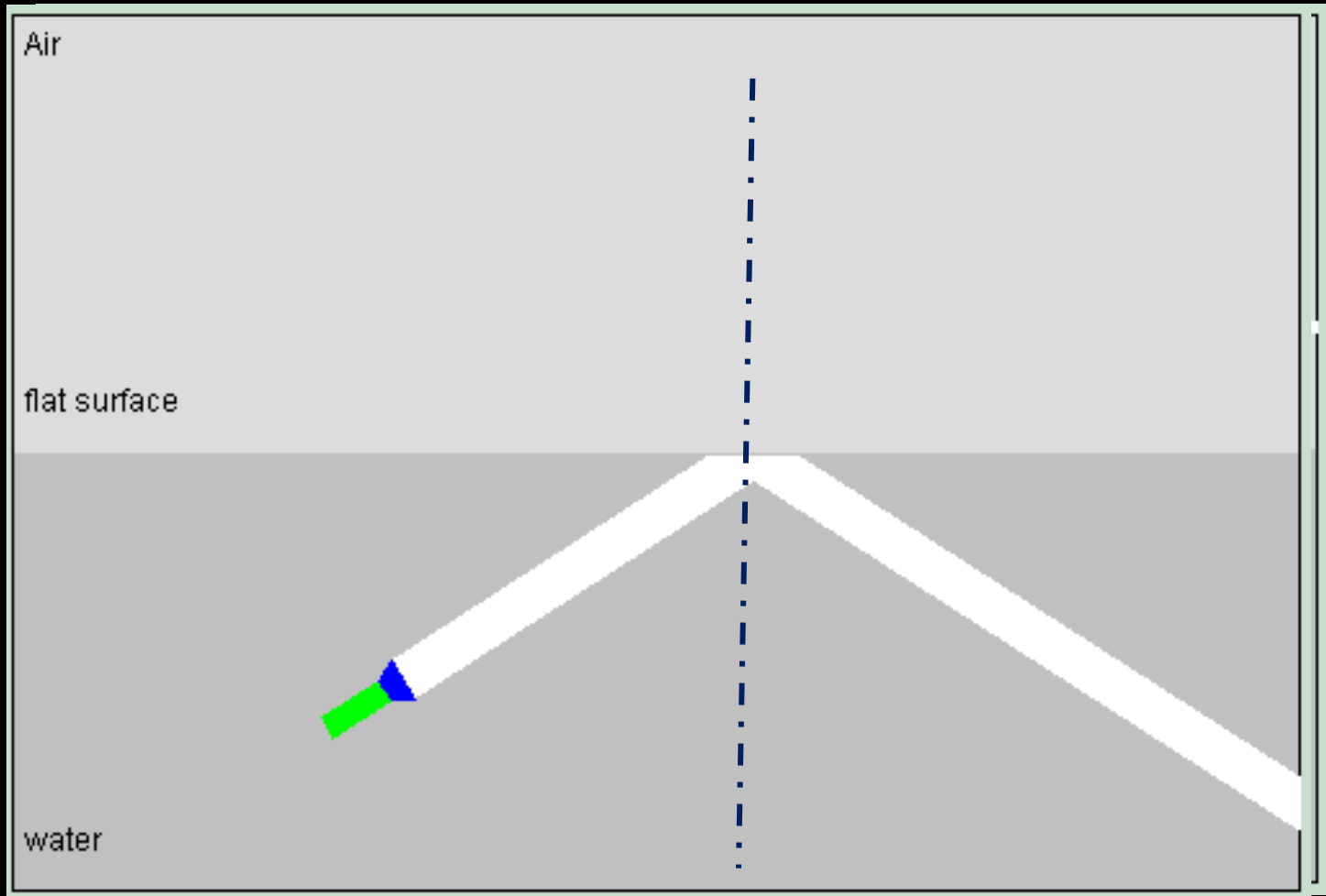
$$\frac{n_1}{n_2} = \sin(\Lambda)$$

$$\sin \Lambda = \frac{n_{+ \text{petit}}}{n_{+ \text{grand}}}$$



Angle de réfraction limitée

$$\sin \Lambda = \frac{n_{\text{+petit}}}{n_{\text{+grand}}}$$



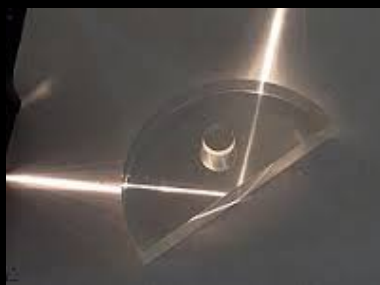
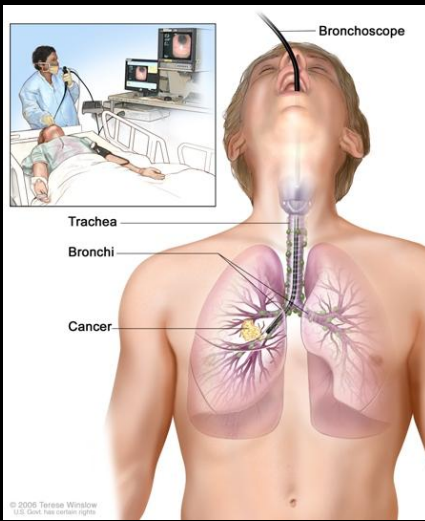
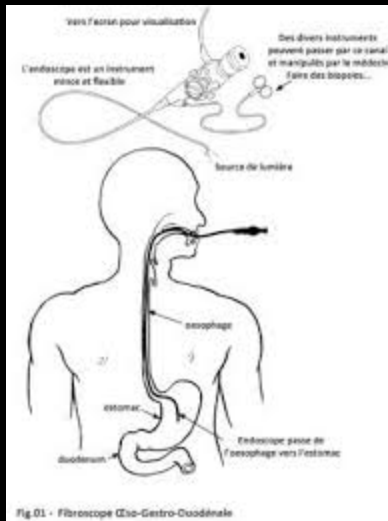
$$\Lambda > i$$

$$\Lambda > i$$

$$\Lambda < i$$

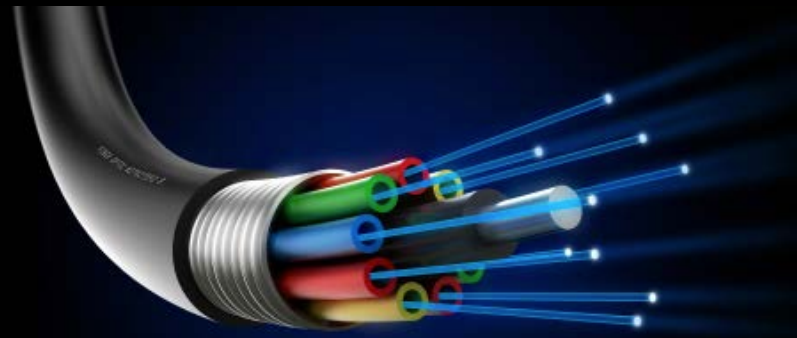
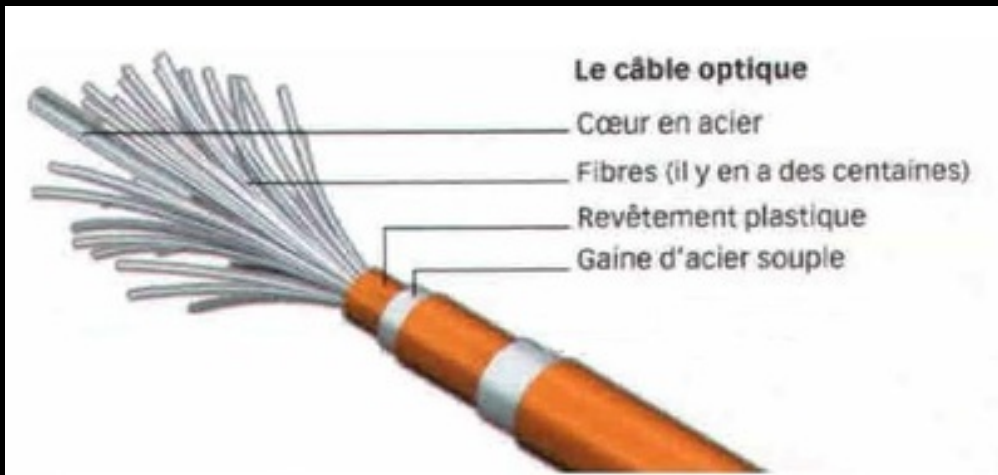
Réflexion totale

La réflexion totale se produit toujours lors du passage d'un milieu plus réfringent (le + élevé indice de réfraction) vers un milieu moins réfringent (le + faible indice de réfraction).

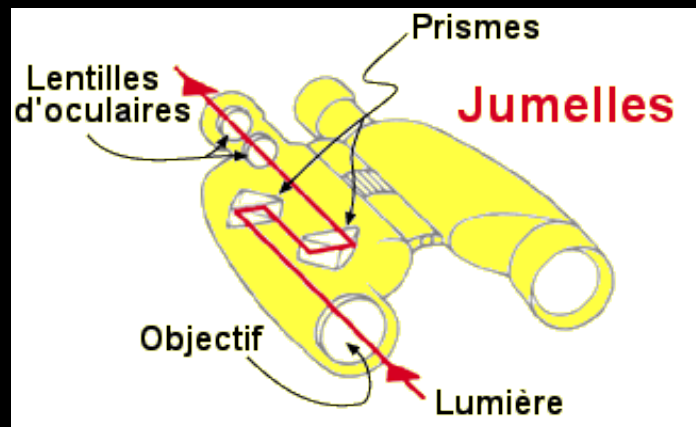
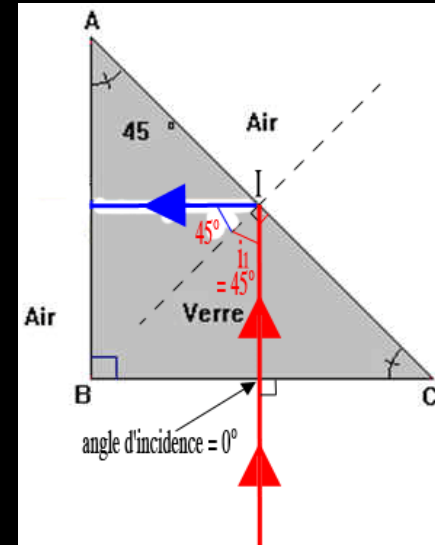
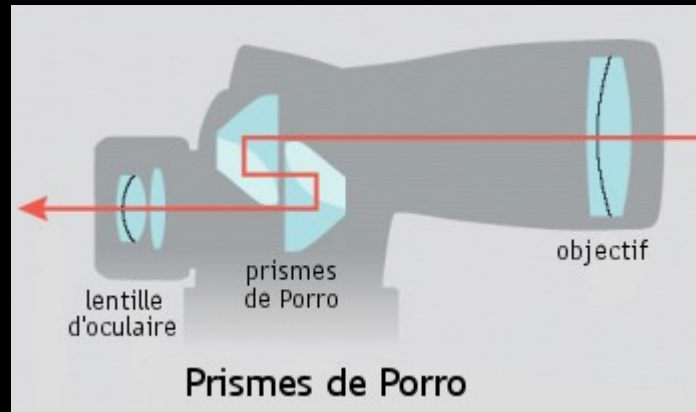
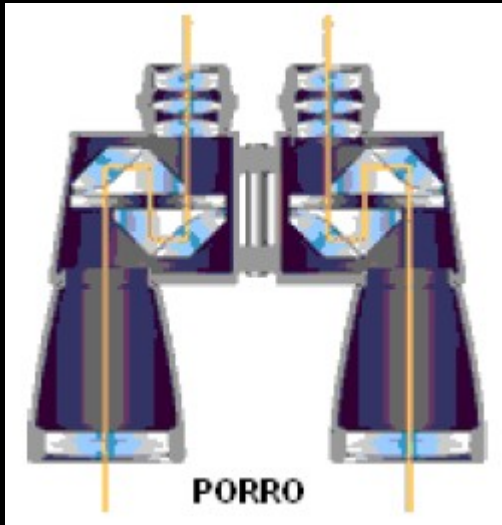


Diagnostic en médecine





téléphonie



Vision lointaine

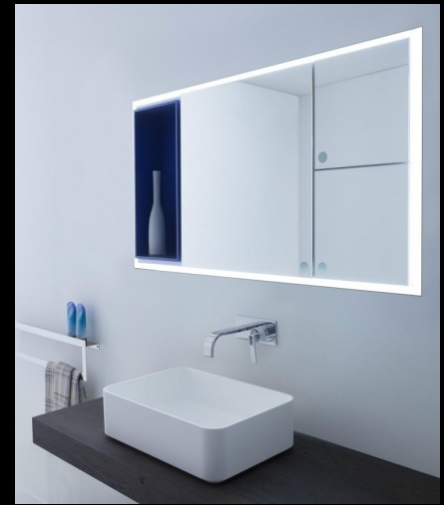


Le miroir plan

On appelle **miroir plan** une **surface réfléchissante**

parfaitement plane
polie recouverte
d'une mince couche
métallique (**argent**
ou aluminium).

Surface réfléchissante



Un tel **miroir** est généralement représenté par la trace de son plan disposé normalement au plan de figure. On couvre de **hachures** le **côté non réfléchissant**.

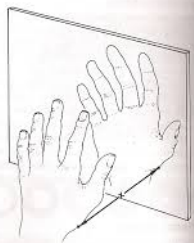
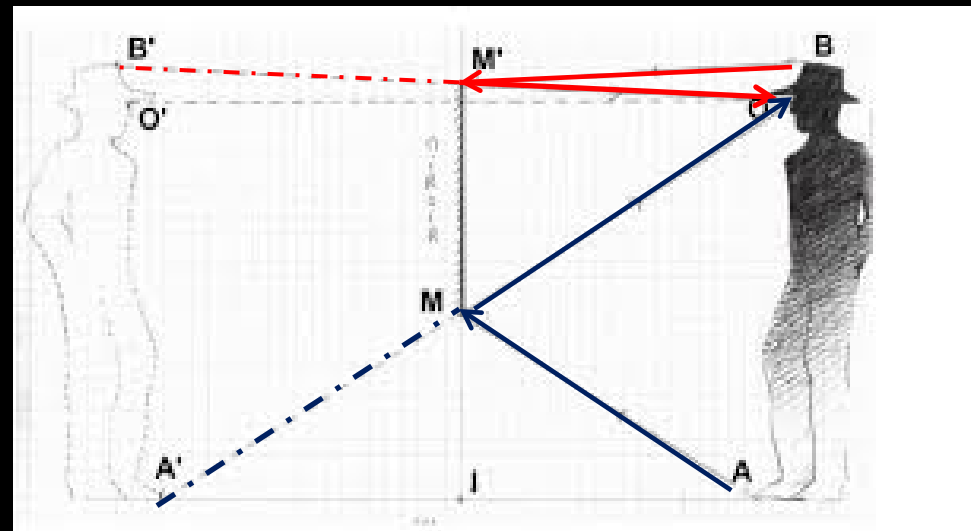
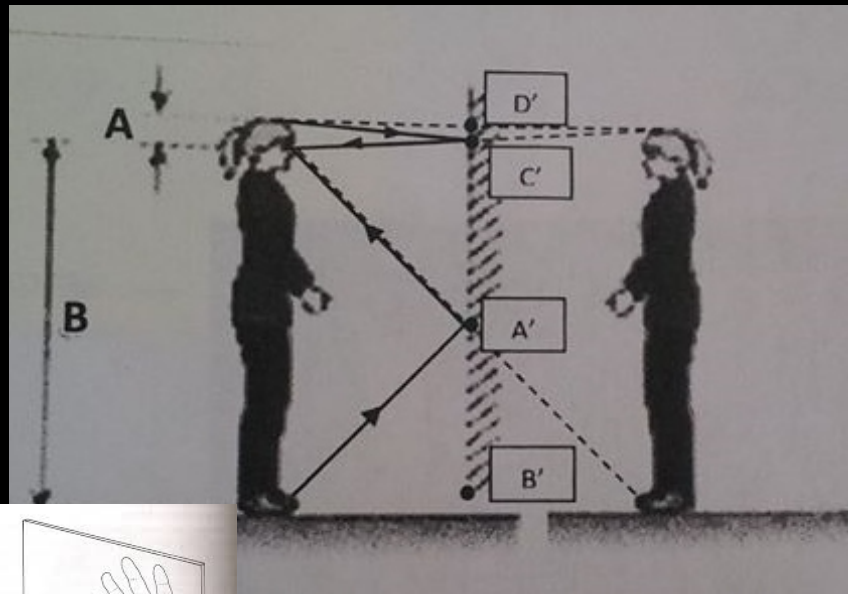
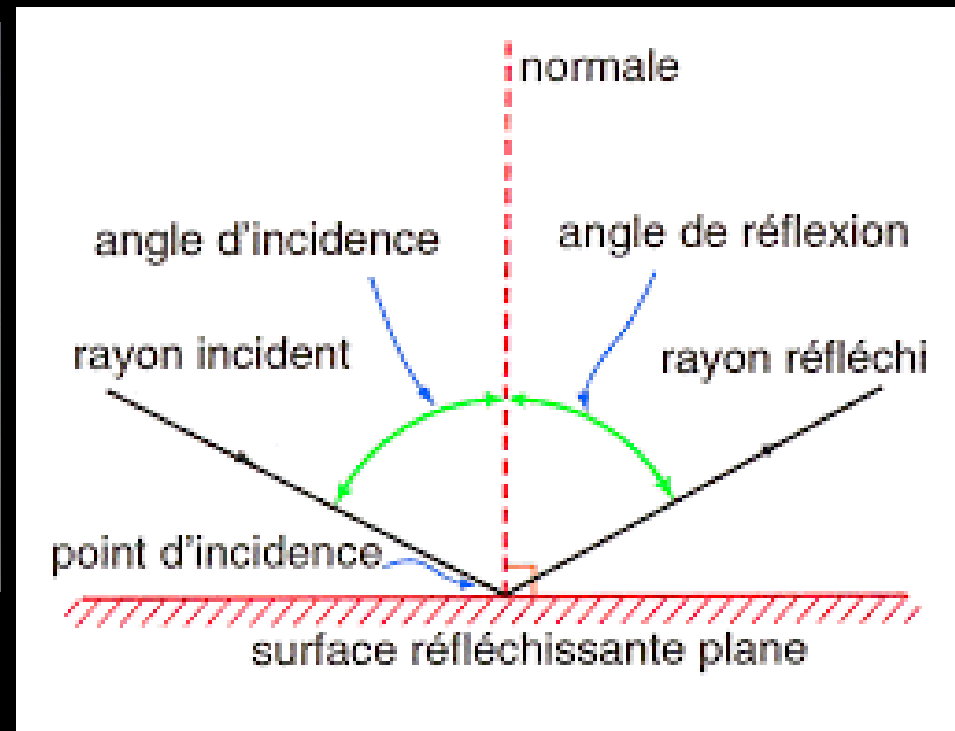
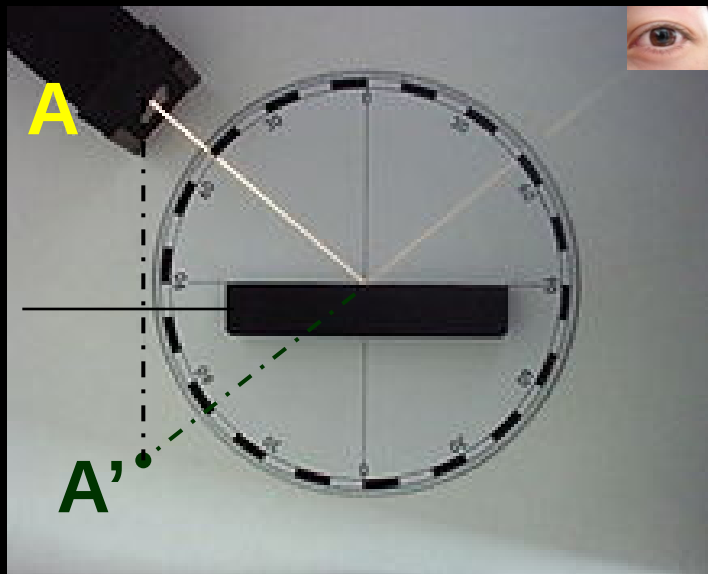
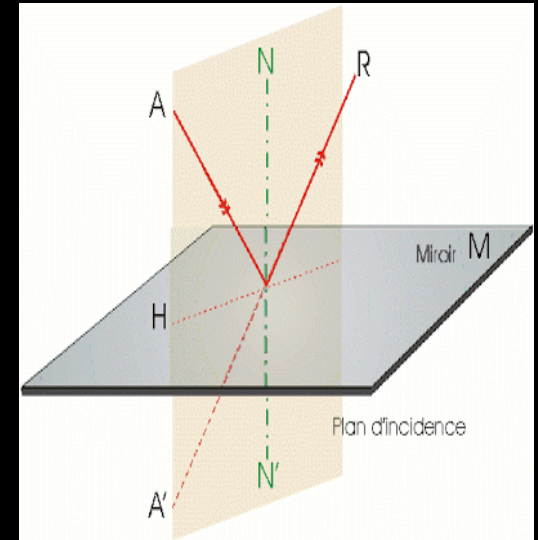
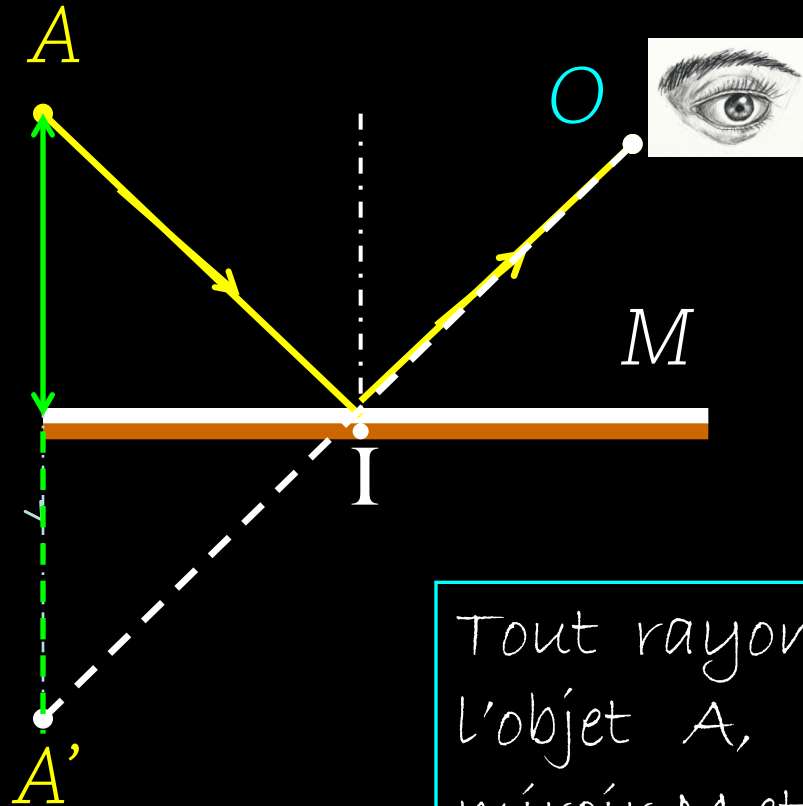


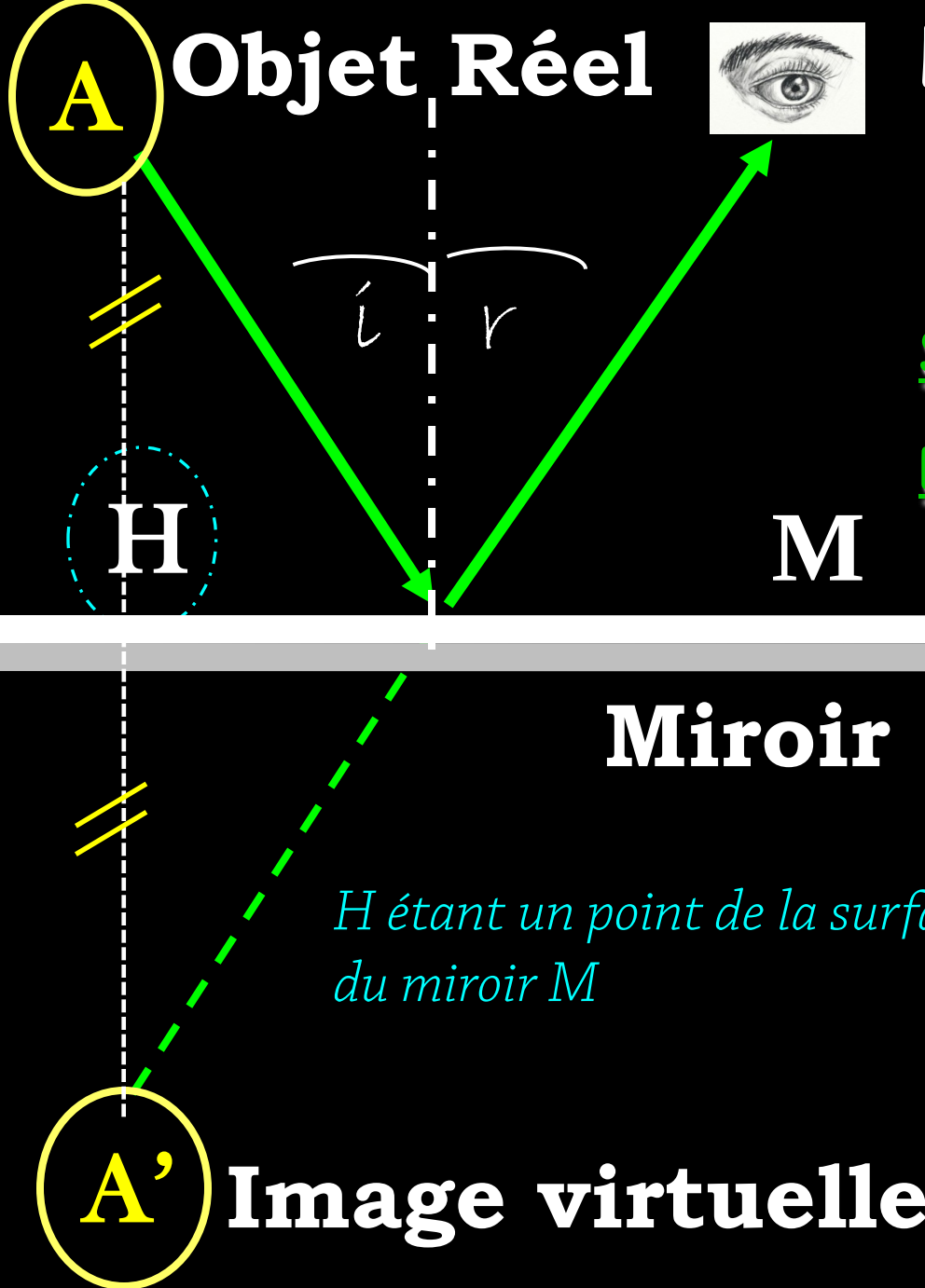
Figure 5.42: Mirror images—inversion.

Angle d'incidence = angle de réflexion



Tout rayon lumineux issu de l'objet A , se réfléchit sur le miroir M et arrive dans l'œil O .

Comment construire l'image A' , d'un point source A , fournie par un miroir plan M ?



L'objet **A** et son image **A'**, fournie par le miroir **M**, sont symétriques par rapport à M

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

Miroir **A** et **A'** sont **conjugués** par le miroir plan **M**

H étant un point de la surface du miroir M

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

Relation de conjugaison pour un miroir plan

RELATION DE CONJUGAISON

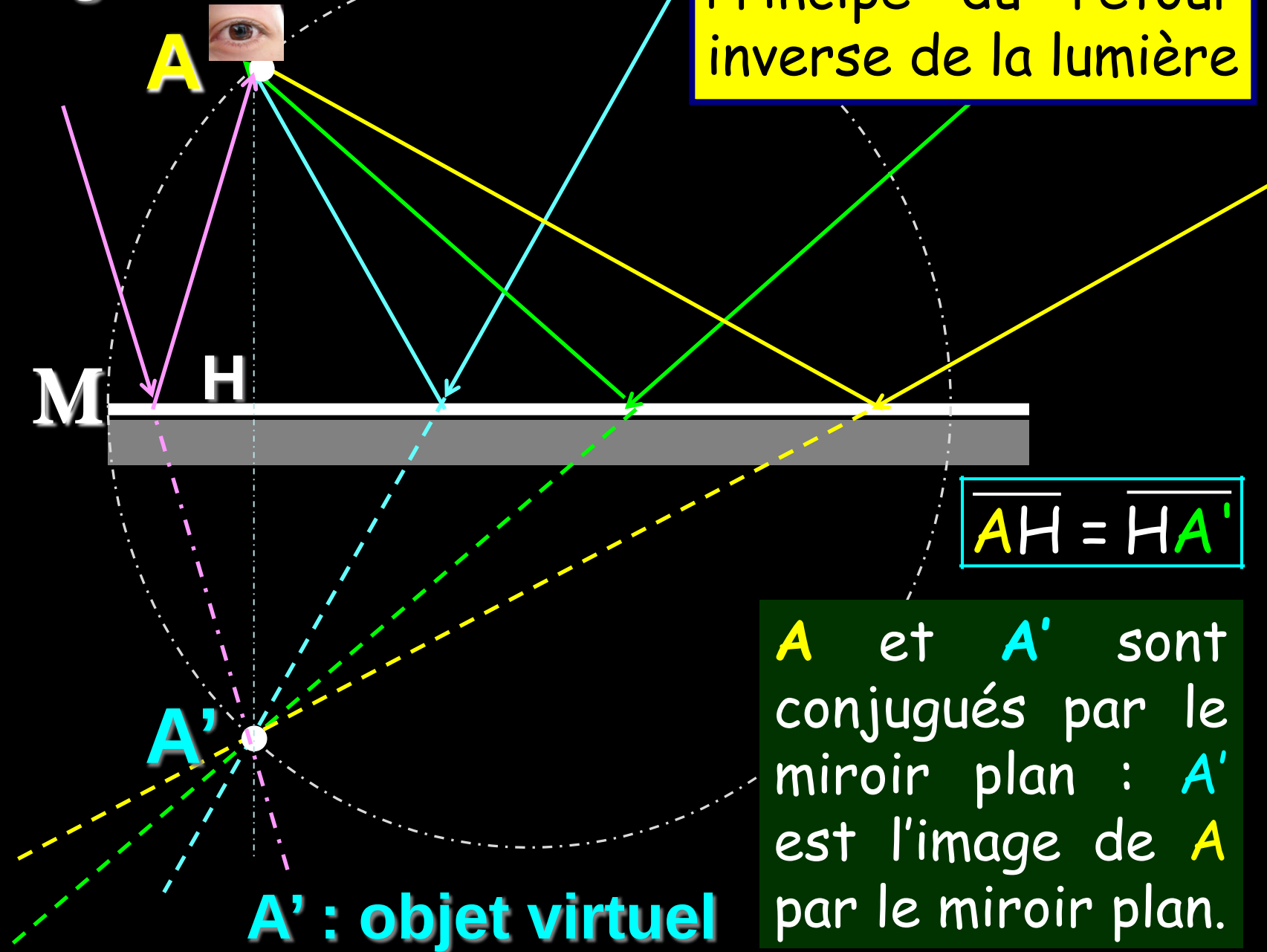
$$\text{Terme image} + \text{Terme objet} = \text{Terme instrument optique}$$

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

Relation de conjugaison pour un miroir plan
(rayon de courbure infini)

A : image réelle

Principe du retour inverse de la lumière



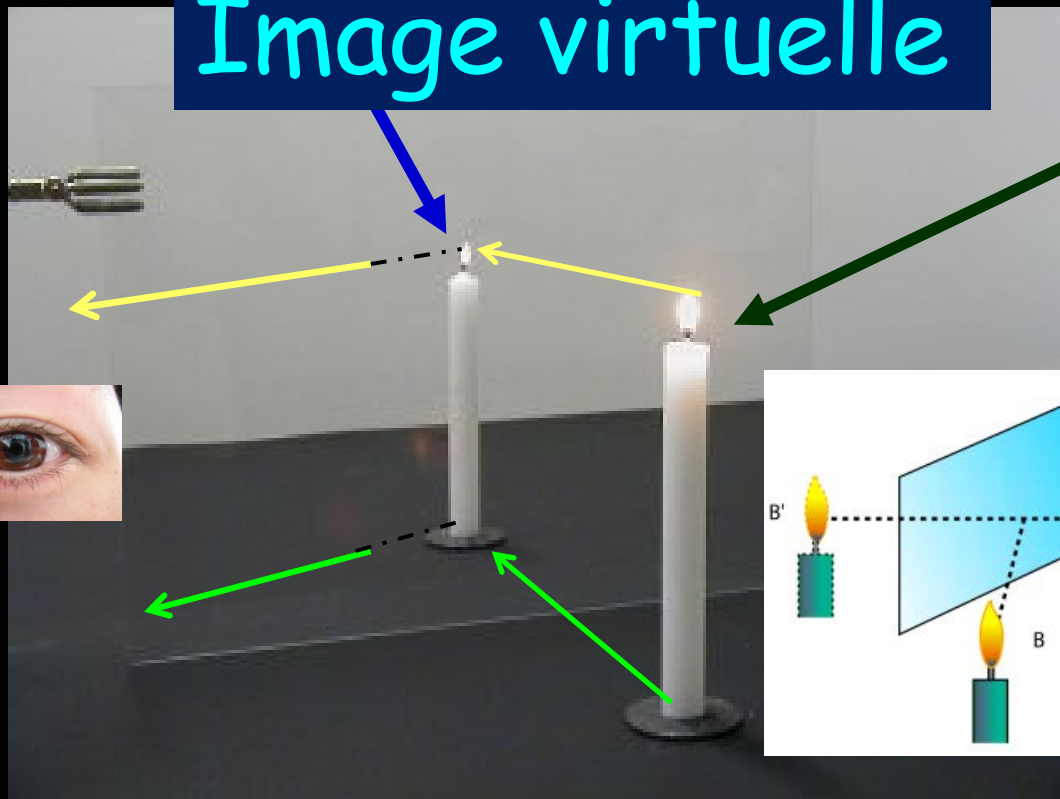
$$AH = HA'$$

A et **A'** sont conjugués par le miroir plan : **A'** est l'image de **A** par le miroir plan.

A' : objet virtuel

- **Objet réel** quand des rayons lumineux sont réellement issus de cet objet
- **Objet virtuel** quand les rayons lumineux semblent provenir de cet objet.

Image virtuelle



Objet réel

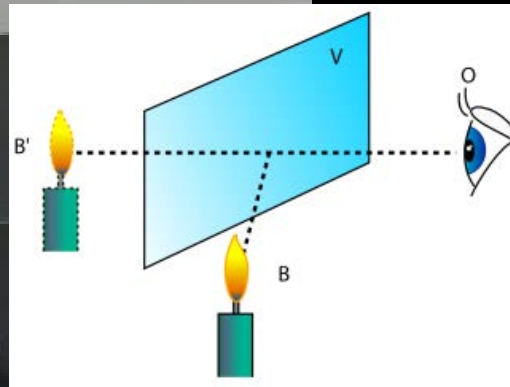
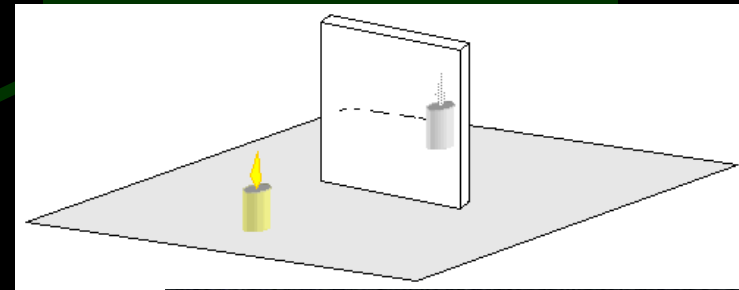


Image d'un objet étendu

L'image d'un objet étendu a les mêmes dimensions que celui-ci.

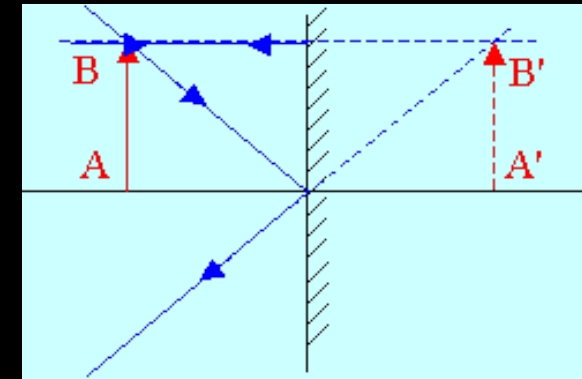
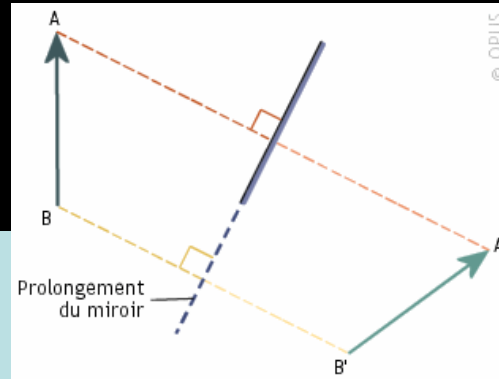
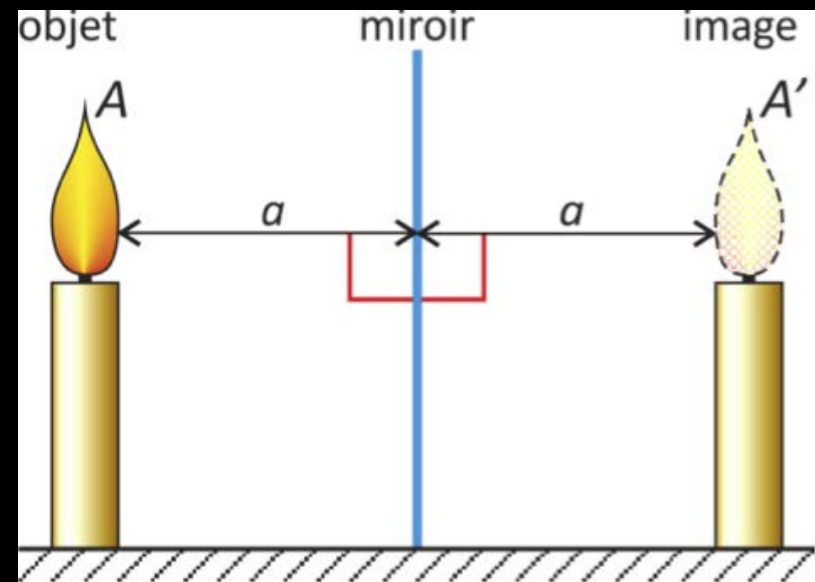
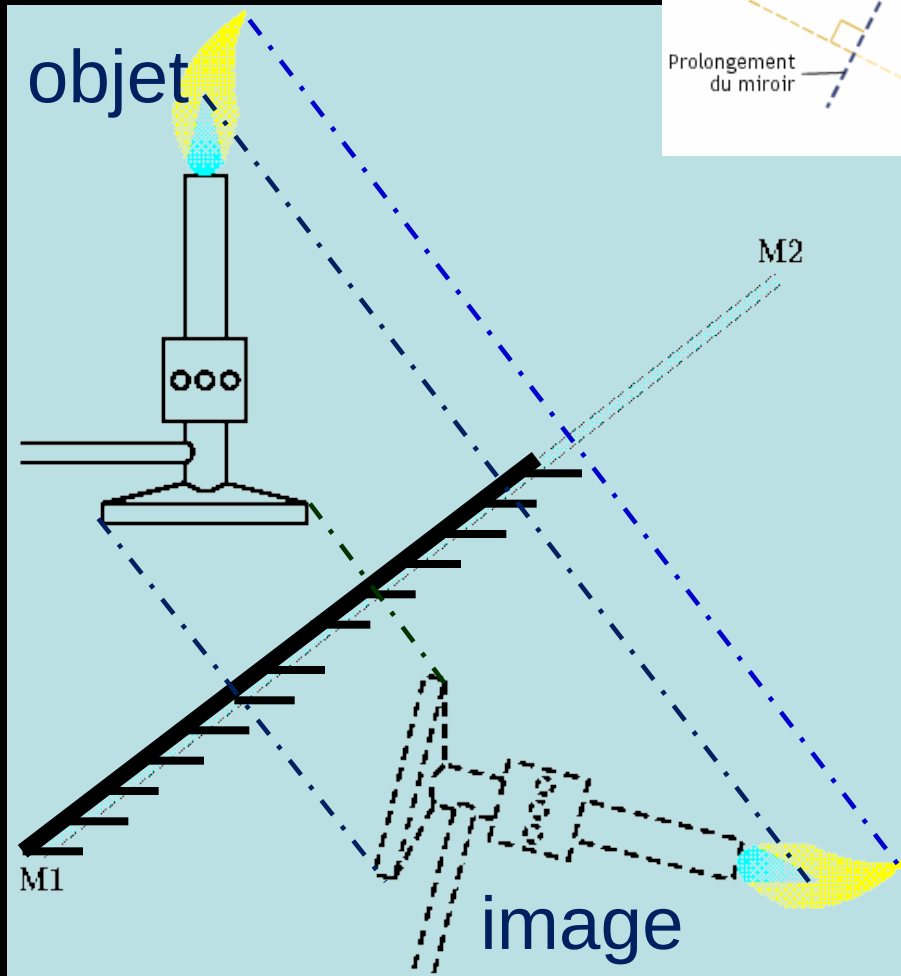


Figure 1 : Le miroir plan



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

Relation de Chasles

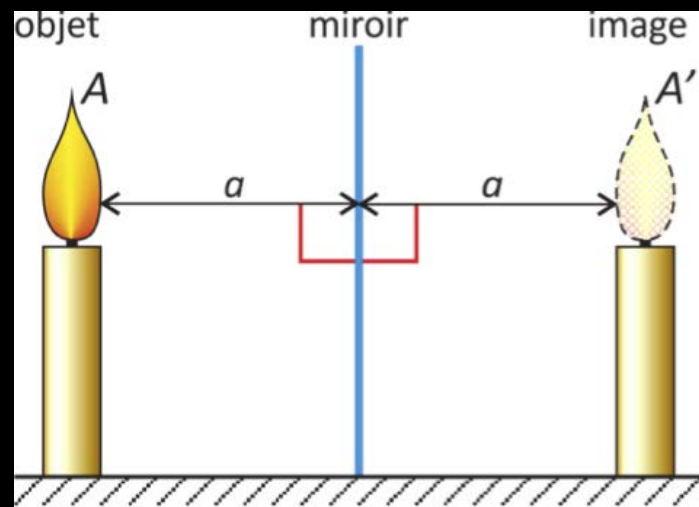
$$\overline{A'B'} = \overline{A'A} + \overline{AB} + \overline{BB'}$$

~~$$\overline{A'A} + \overline{AB} + \overline{BB'} = -2.\overline{A\mathcal{H}} + \overline{AB} + 2.\overline{B\mathcal{H}}$$~~

$$\gamma = \frac{\overline{AB}}{\overline{AB}} = 1$$

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

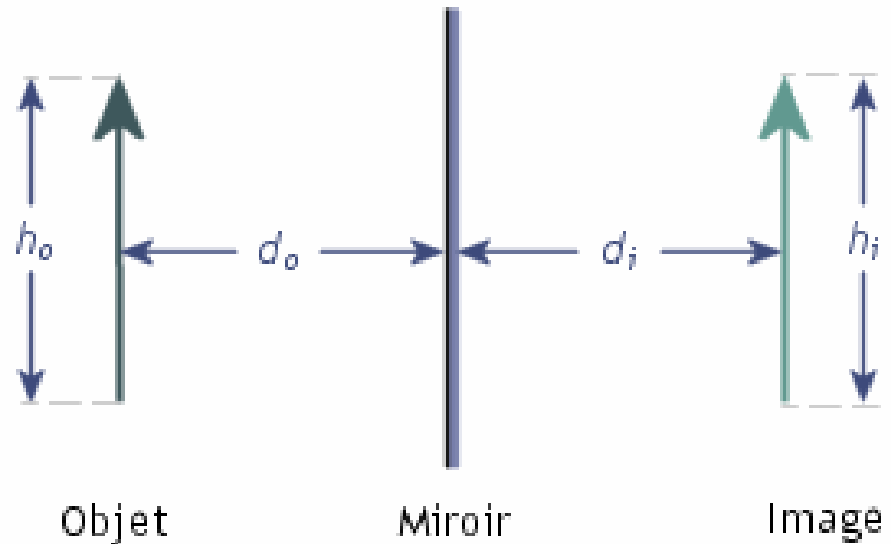
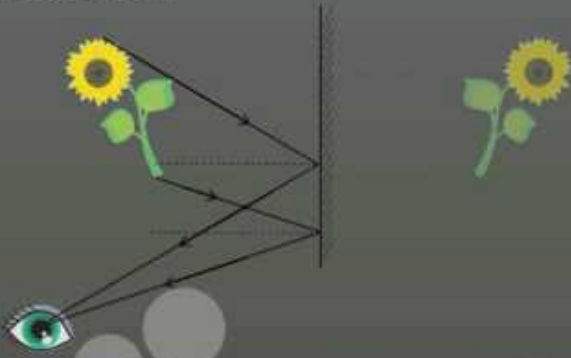
Grandissement linéaire



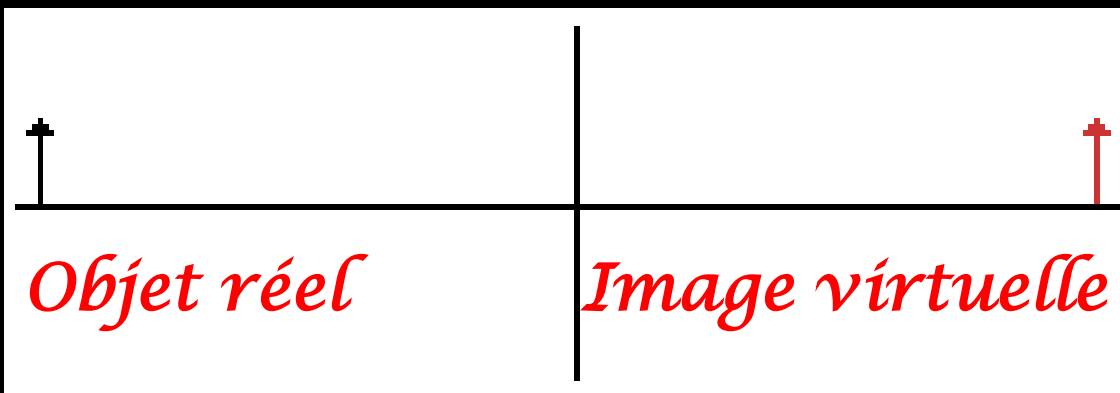
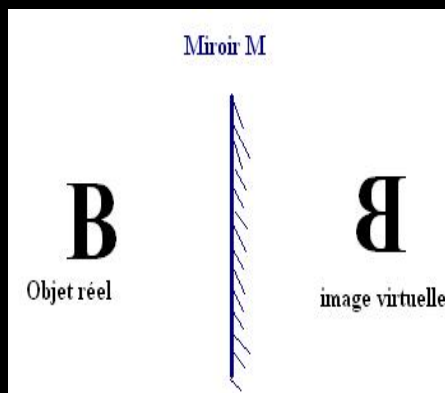
Objet et l'image sont symétriques par rapport au miroir plan

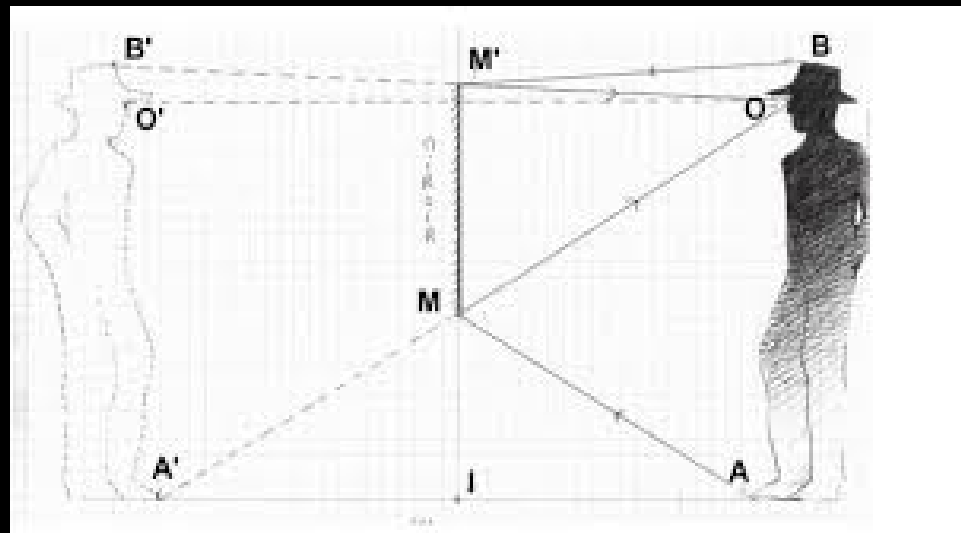
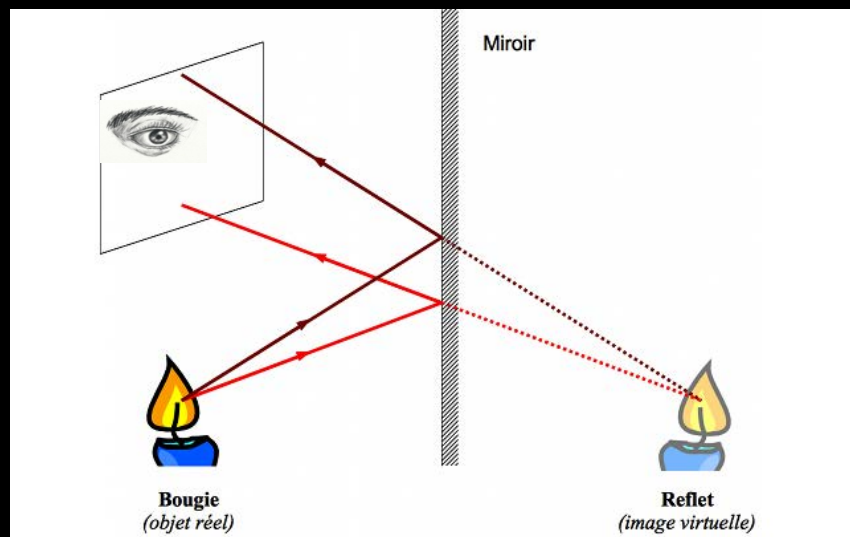
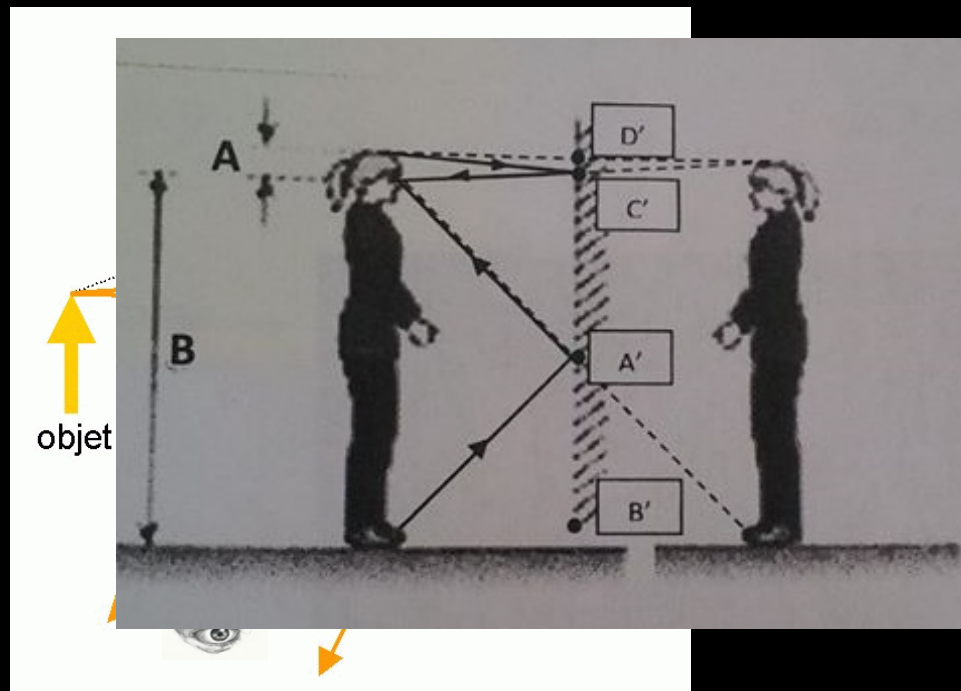
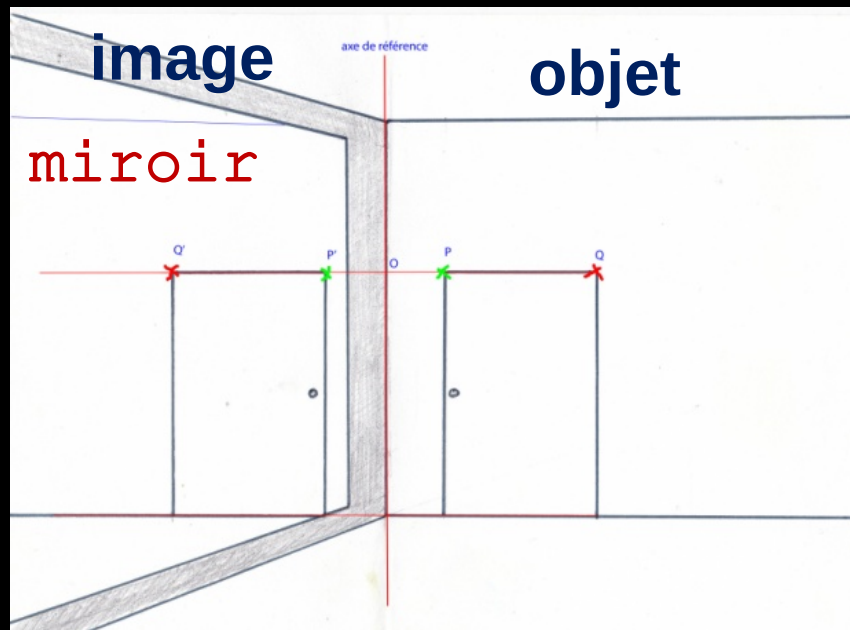
4-vérification

- Tracer la normale au point incident.
- Vérifier que les angles d'incidence et de réflexion sont bien égaux.



© OPUS

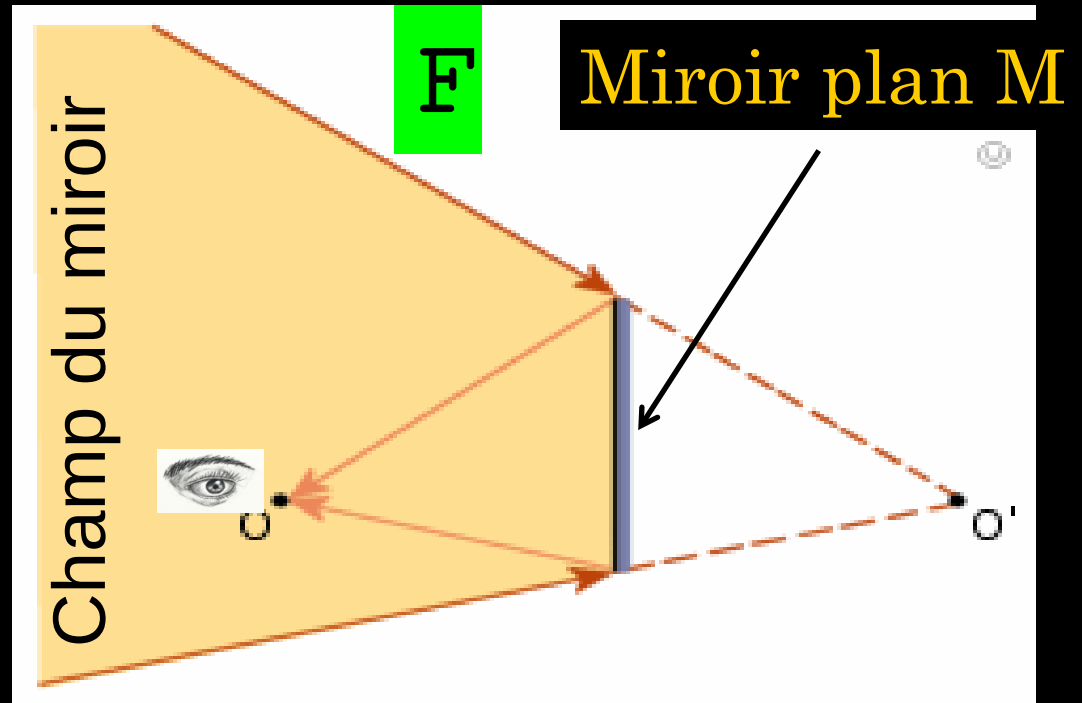


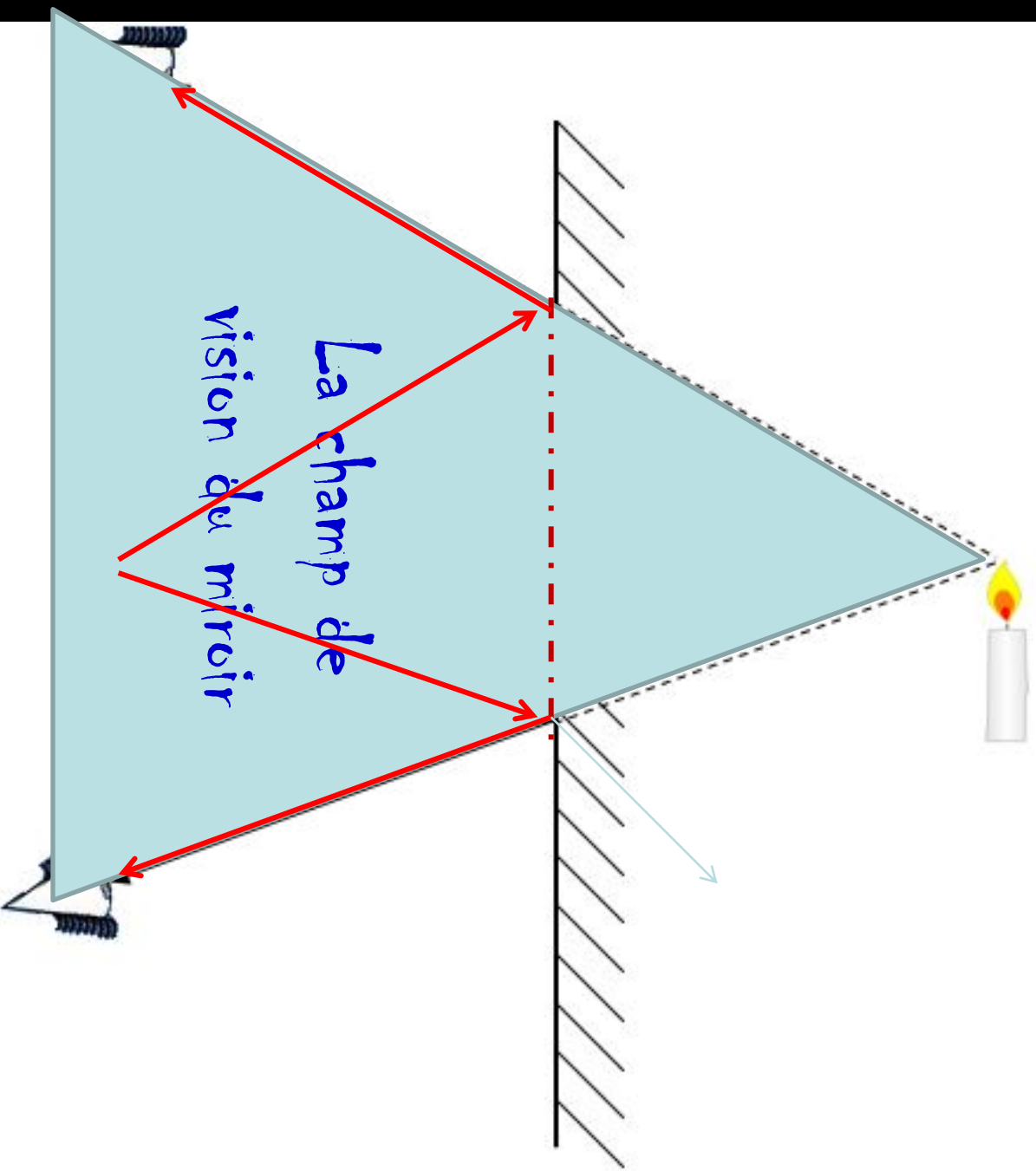


Champ d'un miroir plan

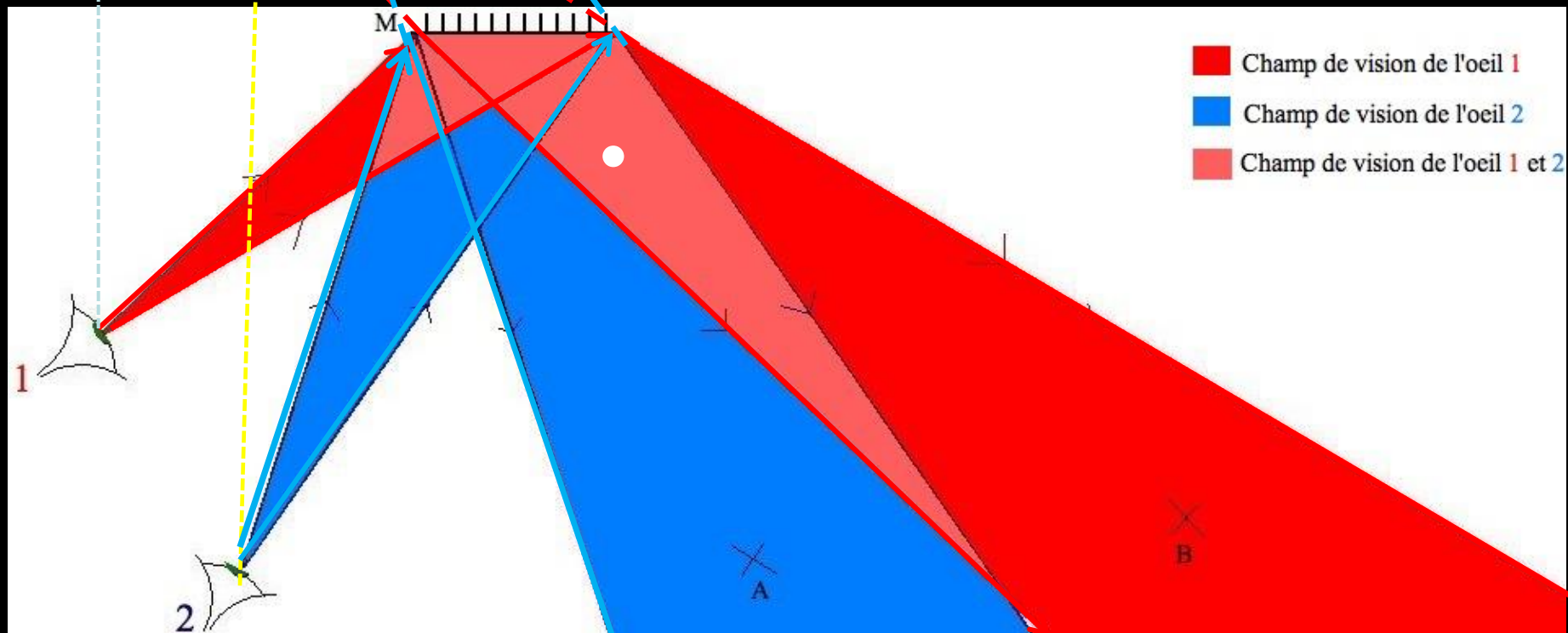
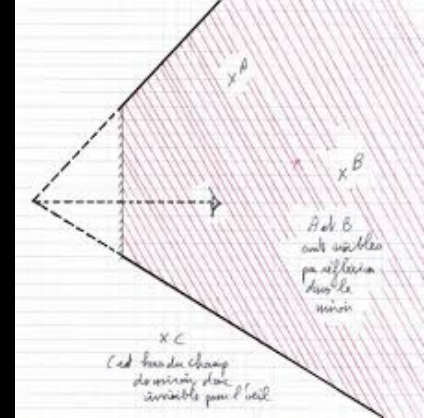
On appelle champ d'un miroir plan, pour une position donnée de l'œil, la région de l'espace dont l'image peut être vue dans le miroir.

Le point **F**
n'est pas dans
le champ de ce
miroir pour cet
observateur





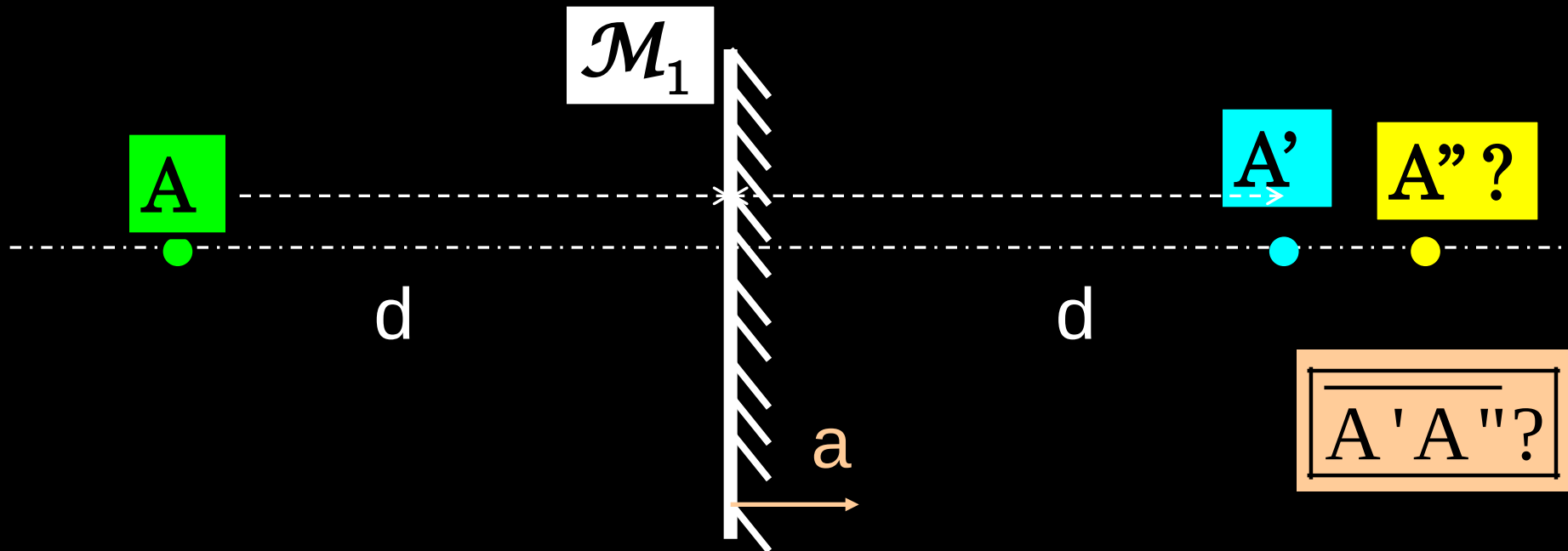
Exercice d'application

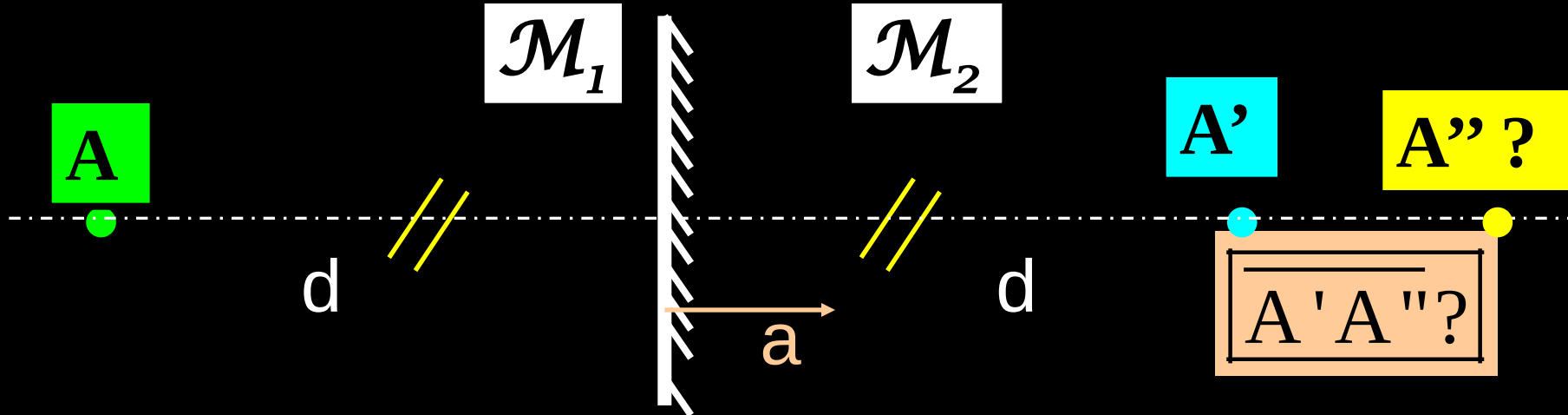


Exemple de champ de vision pour deux observateurs O_1 et O_2

Translation d'un miroir plan

Translation : Soit M_1 un miroir placé en face d'un point source A . A' est l'image de A à travers le miroir M_1 . Dans quel sens et de combien va se déplacer l'image A' du point source A , si on déplace le miroir M_1 d'une quantité a ?





$$\overline{AM_1} = \overline{M_1A'} \Rightarrow \overline{AA'} = \overline{AM_1} + \overline{M_1A'} = 2 \cdot \overline{M_1A'}$$

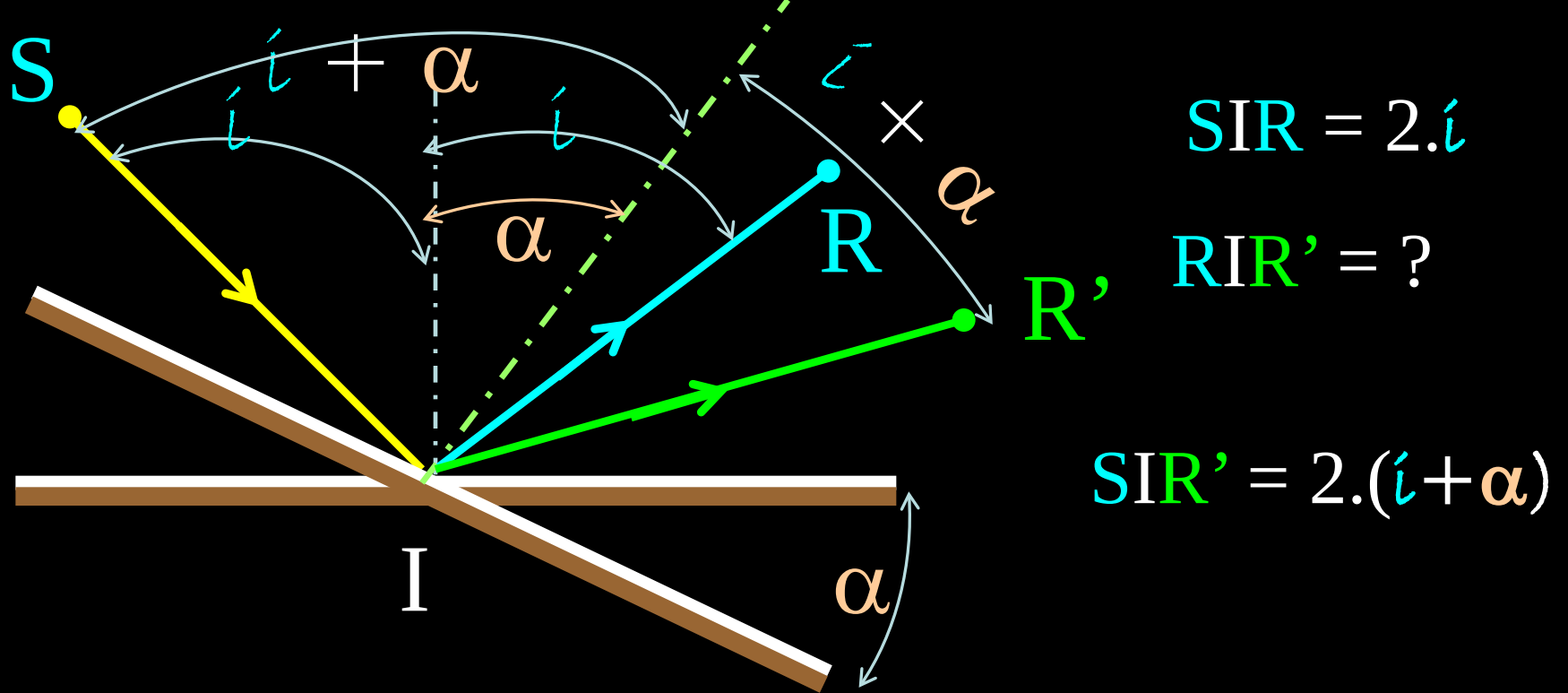
$$\overline{AM_2} = \overline{M_2A''} \Rightarrow \overline{AA''} = \overline{AM_2} + \overline{M_2A''} = 2 \cdot \overline{M_2A''}$$

$$\overline{A'A''} = \overline{A'A} + \overline{AA''} = \overline{AA''} - \overline{AA'}$$

$$\overline{A'A''} = 2 \cdot \overline{AM_2} - \overline{AA'} = 2 \cdot \overline{AM_1} + 2 \cdot \overline{M_1M_2} - \overline{AA'} = 2 \cdot a$$

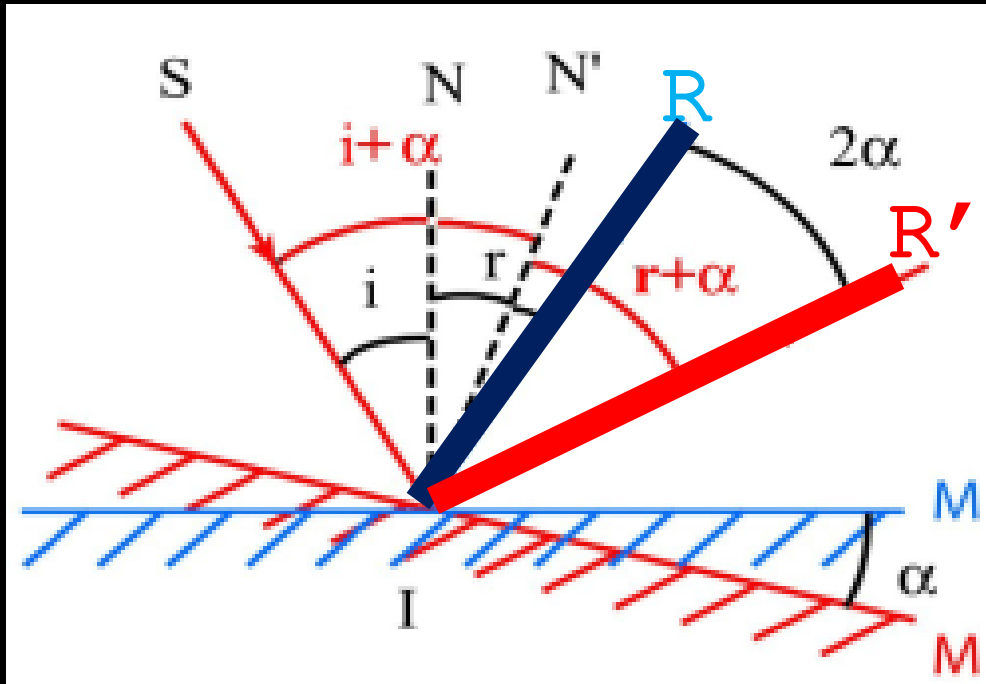
L'image se déplace dans le même sens et d'une quantité double:

$$d'où \quad \overline{A'A''} = 2 \cdot a$$



$$RIR' = SIR' - SIR = 2.(\hat{i} + \alpha) - 2.\hat{i} = 2\alpha$$

Rotation d'un miroir plan

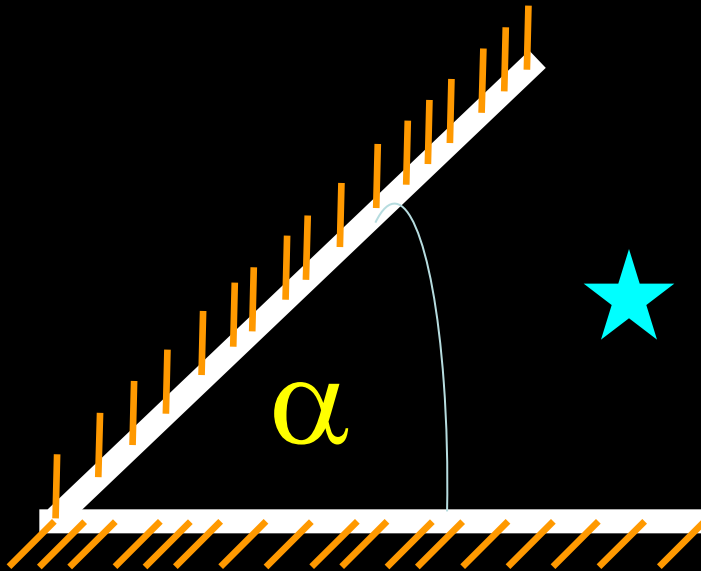


Conclusion :
Quand un **miroir** tourne d'un **angle** α , **l'image** d'un point tourne de **2α** et dans le même sens.

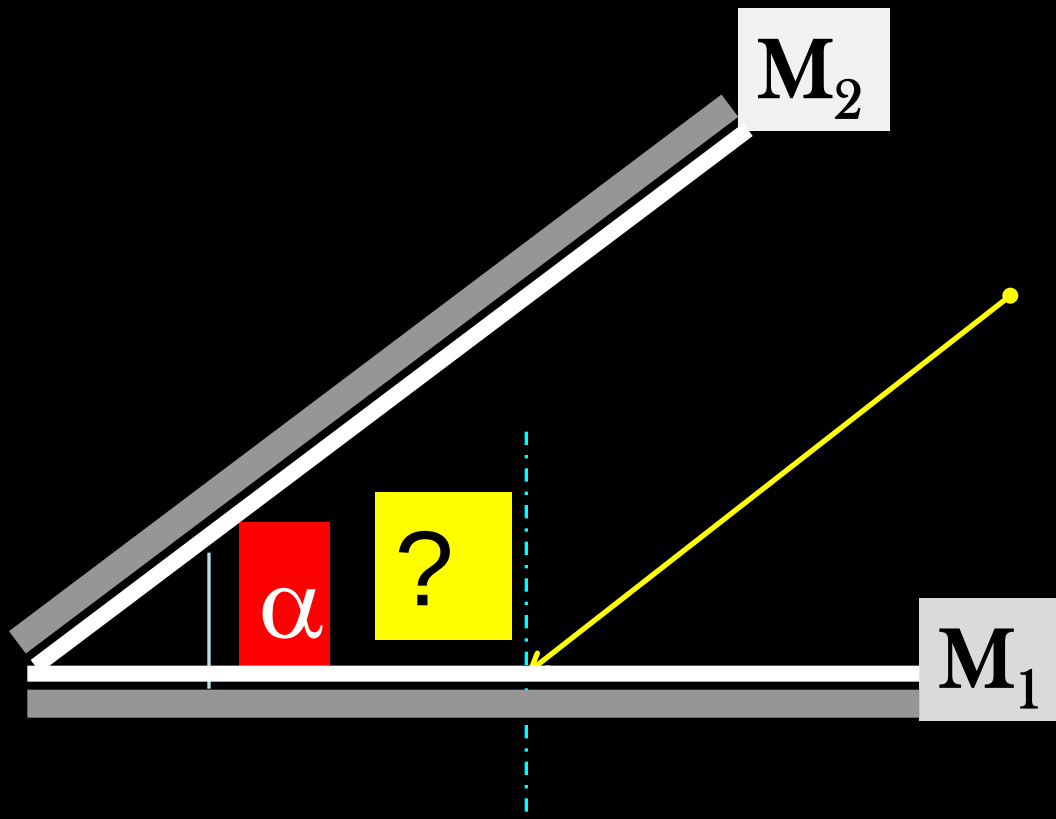
$$\angle RIR' = \angle SIR' - \angle SIR = 2.(i + \alpha) - 2.i = 2\alpha$$

Association de deux miroirs

Association de deux miroirs plans

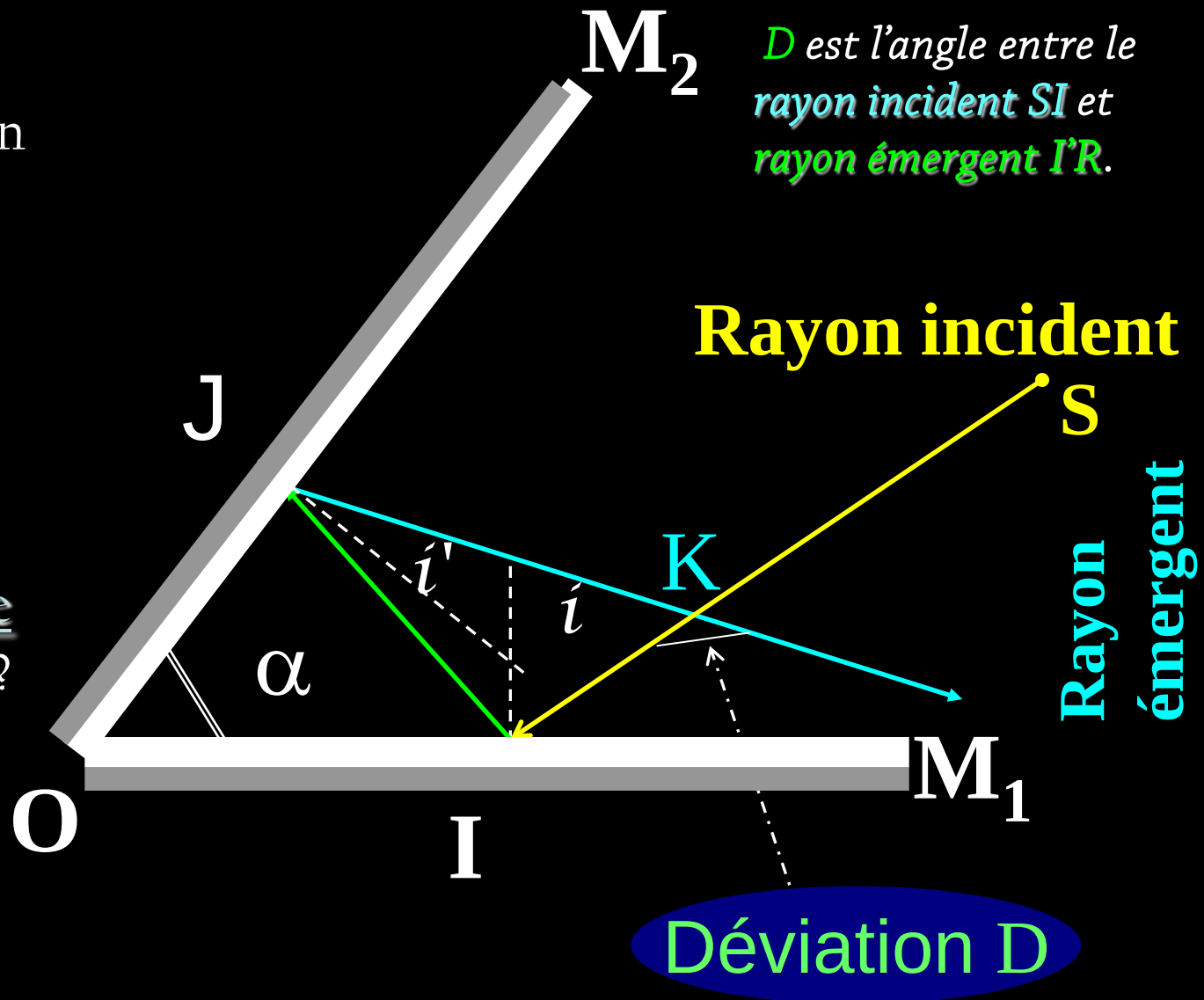


Soient deux miroirs plans M_1 et M_2 faisant entre eux un angle α . On se propose de déterminer le comportement, c'est-à-dire la marche, d'un rayon lumineux en contact avec ces deux miroirs.



Rayon incident

Quelle est la déviation du rayon incident SI, après une réflexion sur chacun des deux miroirs, c'est-à-dire quel angle fera le rayon incident SI avec le rayon réfléchi JR ?



Quelle est la **dévi**ation **D** après deux réflexions successives ?

Σ Angles du triangle $OIJ = \pi$

$$\hat{I} + \hat{J} + \hat{O} = \pi$$

$$\left(\frac{\pi}{2} - i\right) + \left(\frac{\pi}{2} - i'\right) + \alpha = \pi$$

$$i + i' = \alpha$$

Σ Angles du triangle $KIJ = \pi$

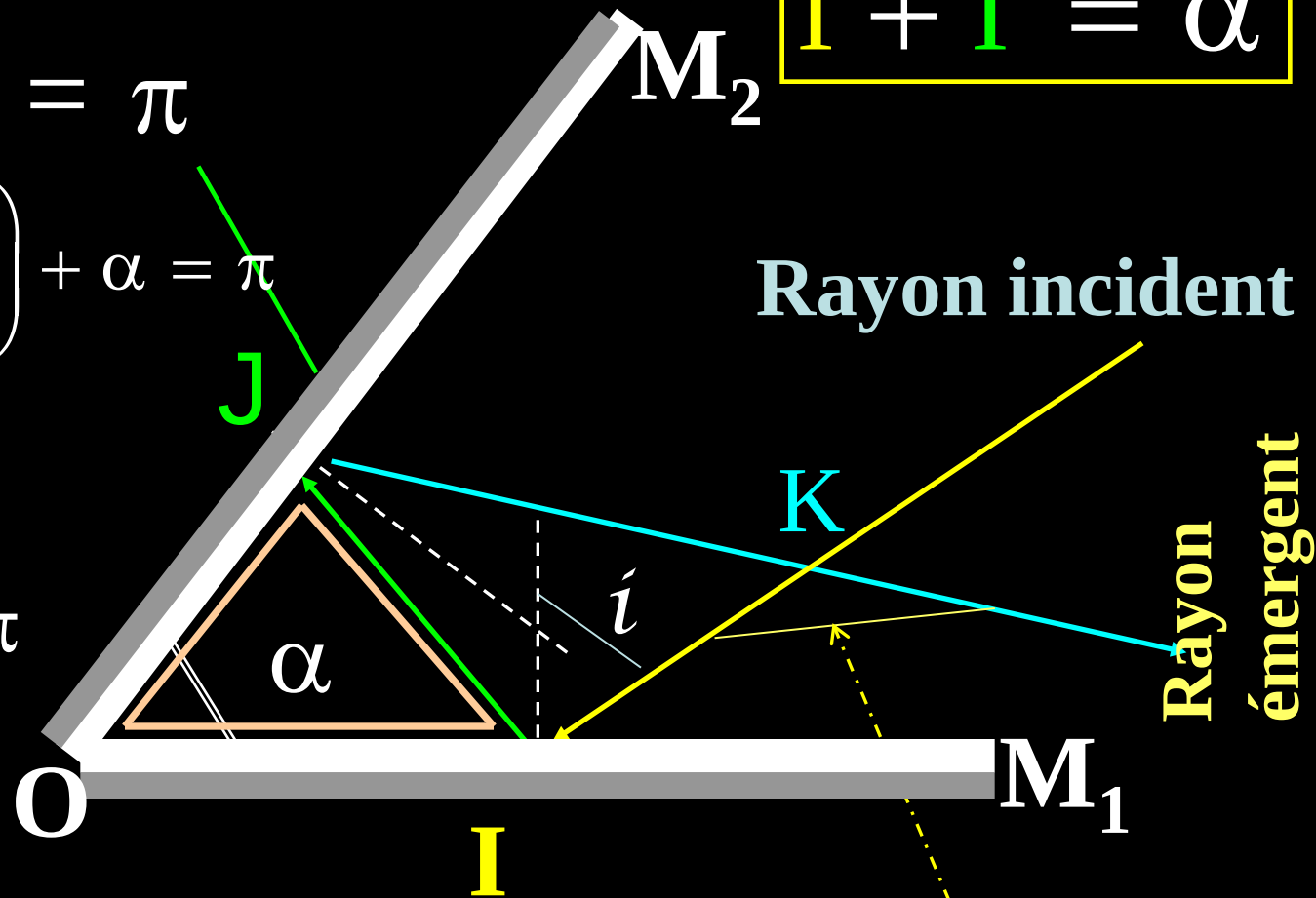
$$\hat{K} + \hat{I} + \hat{J} = \pi$$

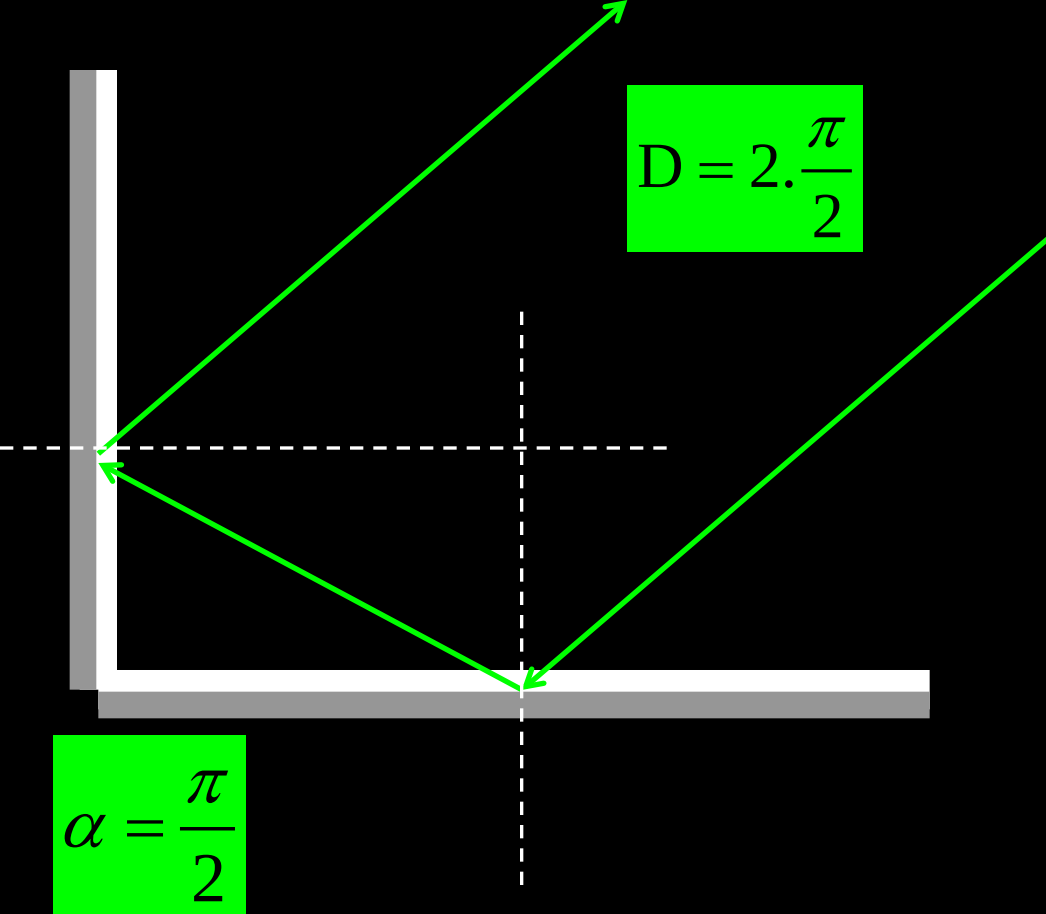
$$(\pi - D) + (2i) + (2i') = \pi$$

$$D = 2(i + i')$$

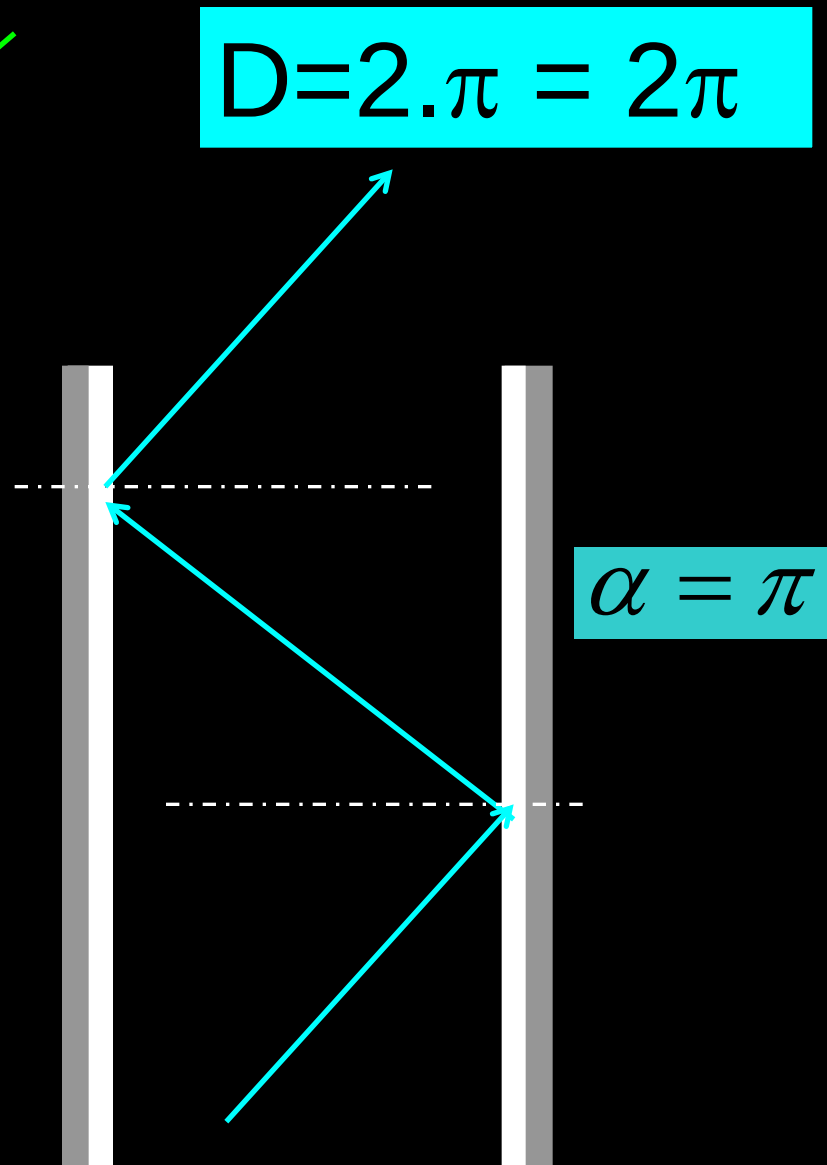
$$D = 2\alpha$$

Quelle est la **déviati**on D après deux réflexions successives ?





examples



2.p-1 images

M_2

$$\alpha = \pi/p$$

p entier

$$p > 1$$



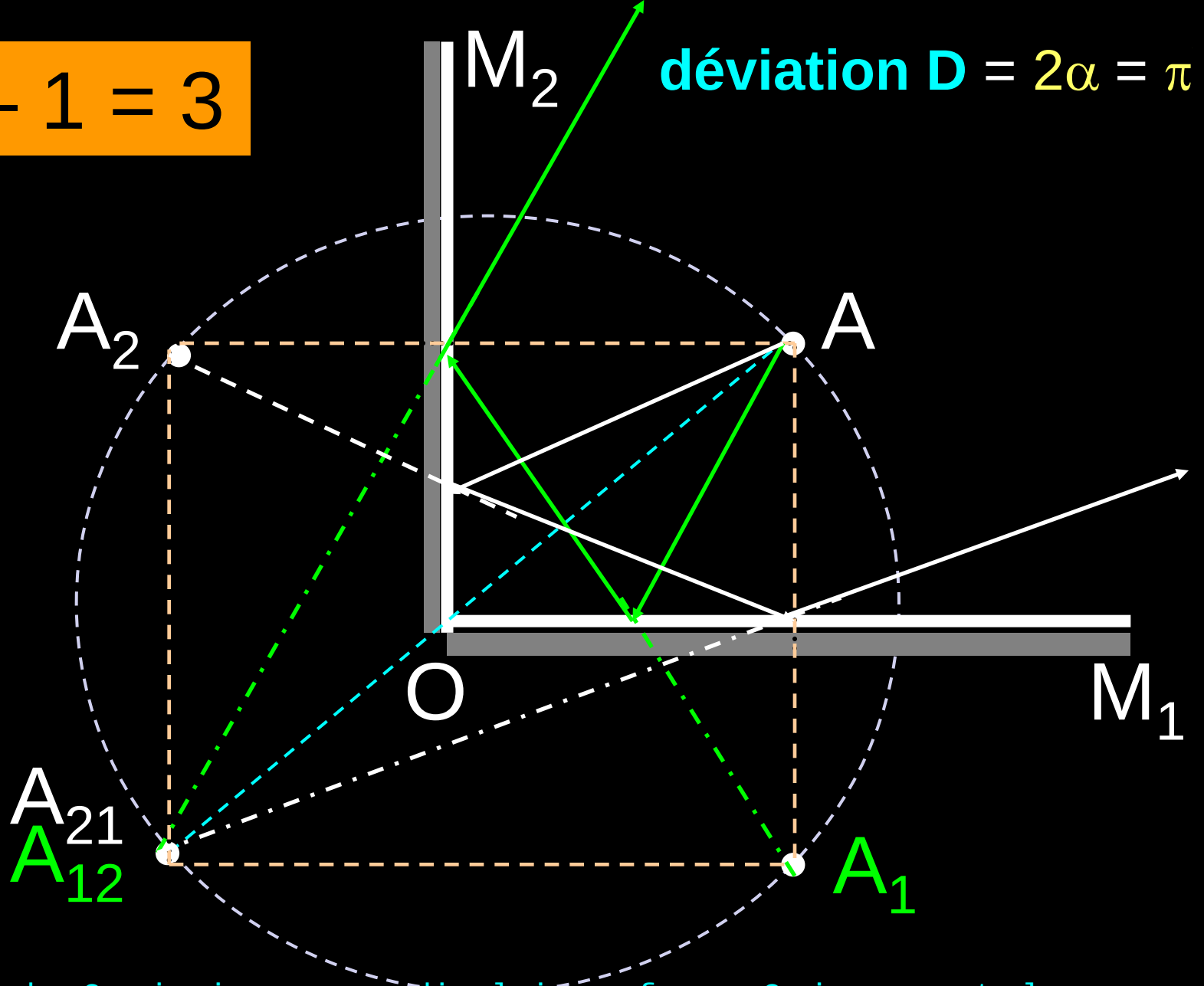
Après chaque réflexion, il passe par une des images et, après $2p$ réflexions, les images correspondantes sont confondues : on ne peut obtenir que $2p-1$ images distinctes.

Un rayon quelconque issu de A après chaque couple de réflexions sur M_1 puis sur M_2 ou l'inverse, tourne de $2\pi/p$.

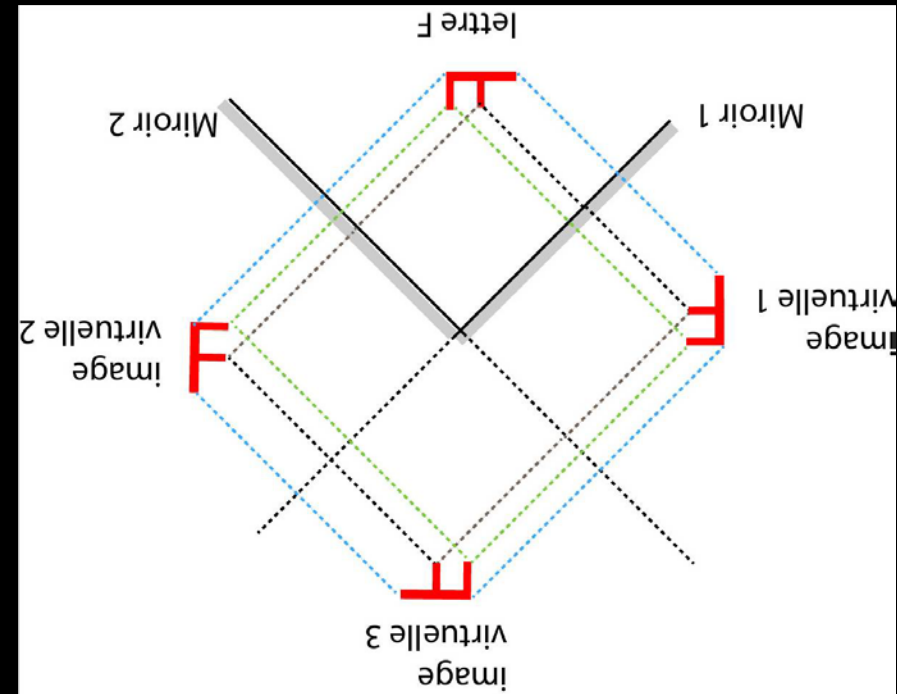
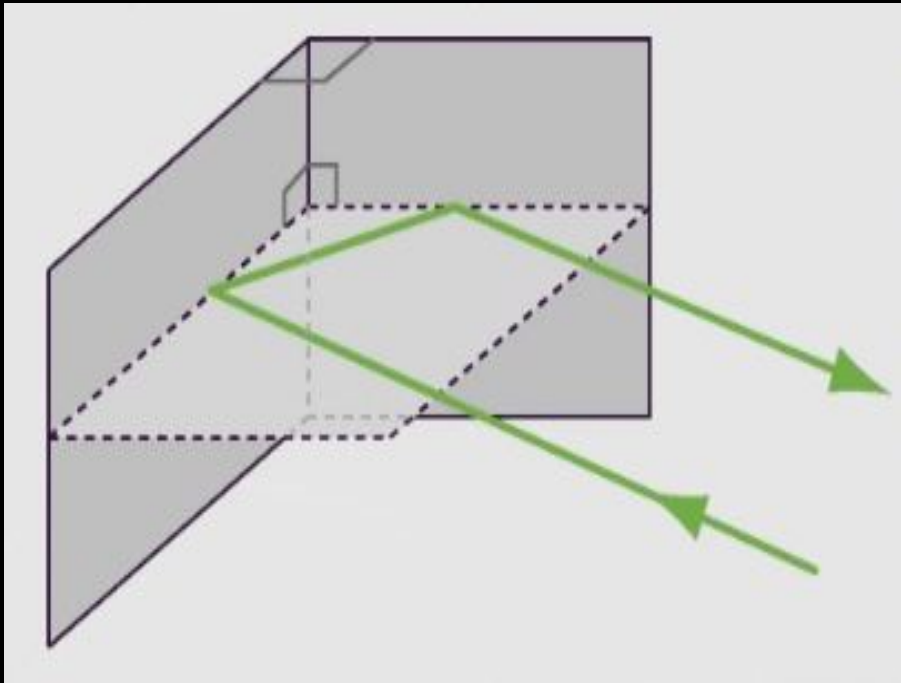
Après p couples, il a tourné de 2π donc a repris sa direction initiale.

$$2.2 - 1 = 3$$

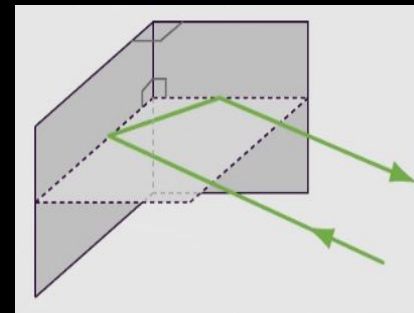
$$\alpha = \frac{\pi}{2}$$



Ce système de 2 miroirs perpendiculaires forme 3 images et les rayons incident et émergent, après une réflexion sur chaque miroir, sont parallèles.



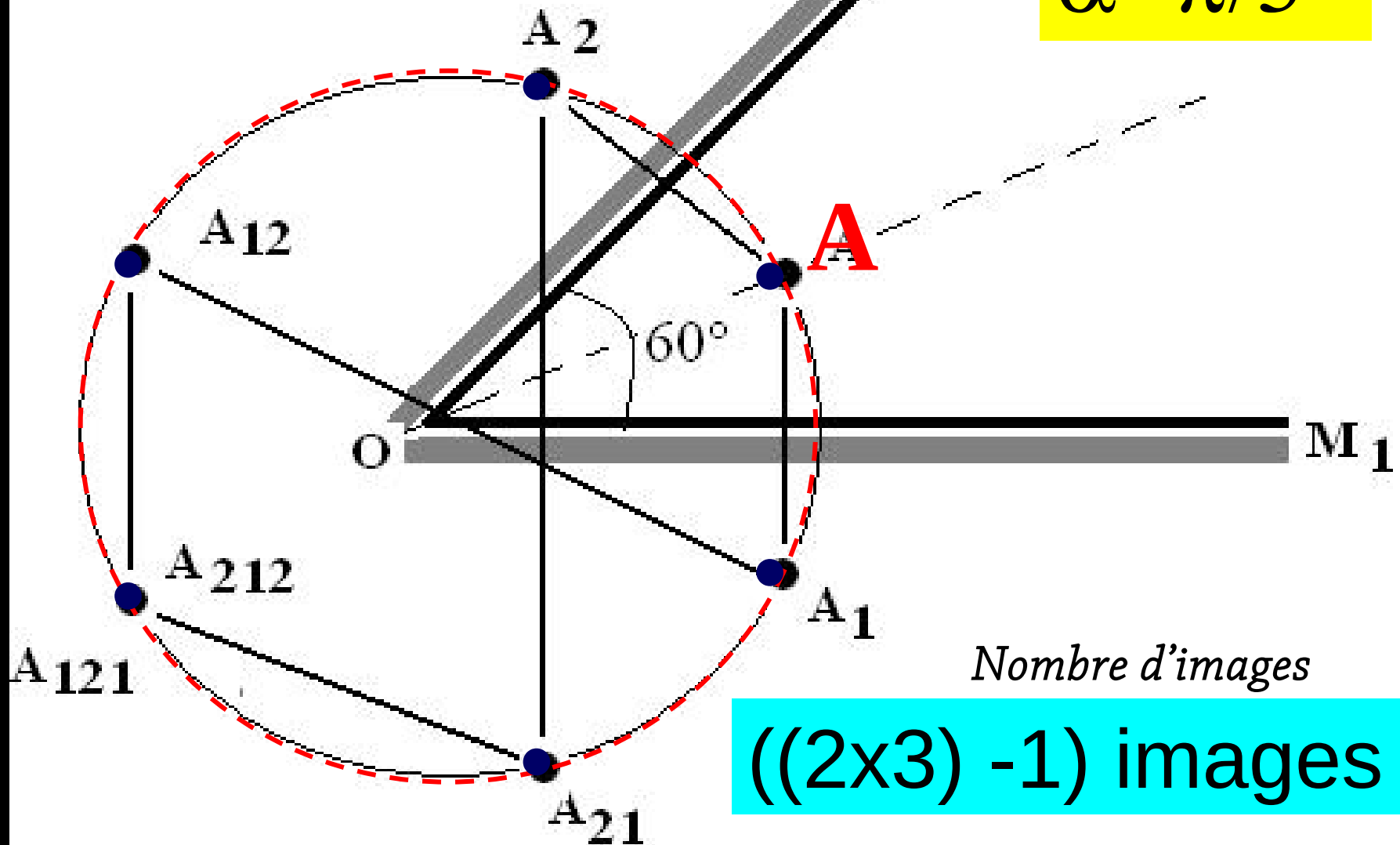
Les rayons lumineux incident et émergent sont **parallèles**.
 Ce système est placé sur la **Lune** pour l'expérience de mesure distance **Terre-Lune**.



déviation $D = 2.\pi/3$

M_2

$$\alpha = \pi/3$$



Une infinité d'images

