

# Physique

1<sup>ère</sup> Année TC LMD

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Université des Frères Mentouri Constantine 1  
Année universitaire 2023-2024

Dr. Linda GHEGAL

---

# Plan d'exposé

**Partie I: Optique géométrique**

**Partie II: Mécanique des fluides**

# Plan d'exposé

## **Partie I: Optique géométrique**

1. Les lois de réfraction et de réflexion totale.
2. Construction de l'image (Miroir-Dioptre-Lentilles minces).
3. Œil et Instruments optiques (Loupe-Microscope optique).

# Plan d'exposé

## **Partie I: Optique géométrique**

- 1.** Les lois de réfraction et de réflexion totale.
2. Construction de l'image (Miroir-Dioptre-Lentilles minces).
3. Œil et Instruments optiques (Loupe-Microscope optique).

# Plan d'exposé

## **Partie I: Optique géométrique**

- 1.** Les lois de réfraction et de réflexion totale.
- 2.** Construction de l'image (Miroir-Dioptre-Lentilles minces).
- 3.** Œil et Instruments optiques (Loupe-Microscope optique).

# Plan d'exposé

## **Partie I: Optique géométrique**

- 1.** Les lois de réfraction et de réflexion totale.
- 2.** Construction de l'image (Miroir-Dioptre-Lentilles minces).
- 3.** Œil et Instruments optiques (Loupe-Microscope optique).

# Plan d'exposé

## **Partie II: Mécanique des fluides**

1. Hydrostatique.

2. Hydrodynamique.

# Plan d'exposé

## **Partie II: Mécanique des fluides**

**1.** Hydrostatique.

**2.** Hydrodynamique.



# Plan d'exposé

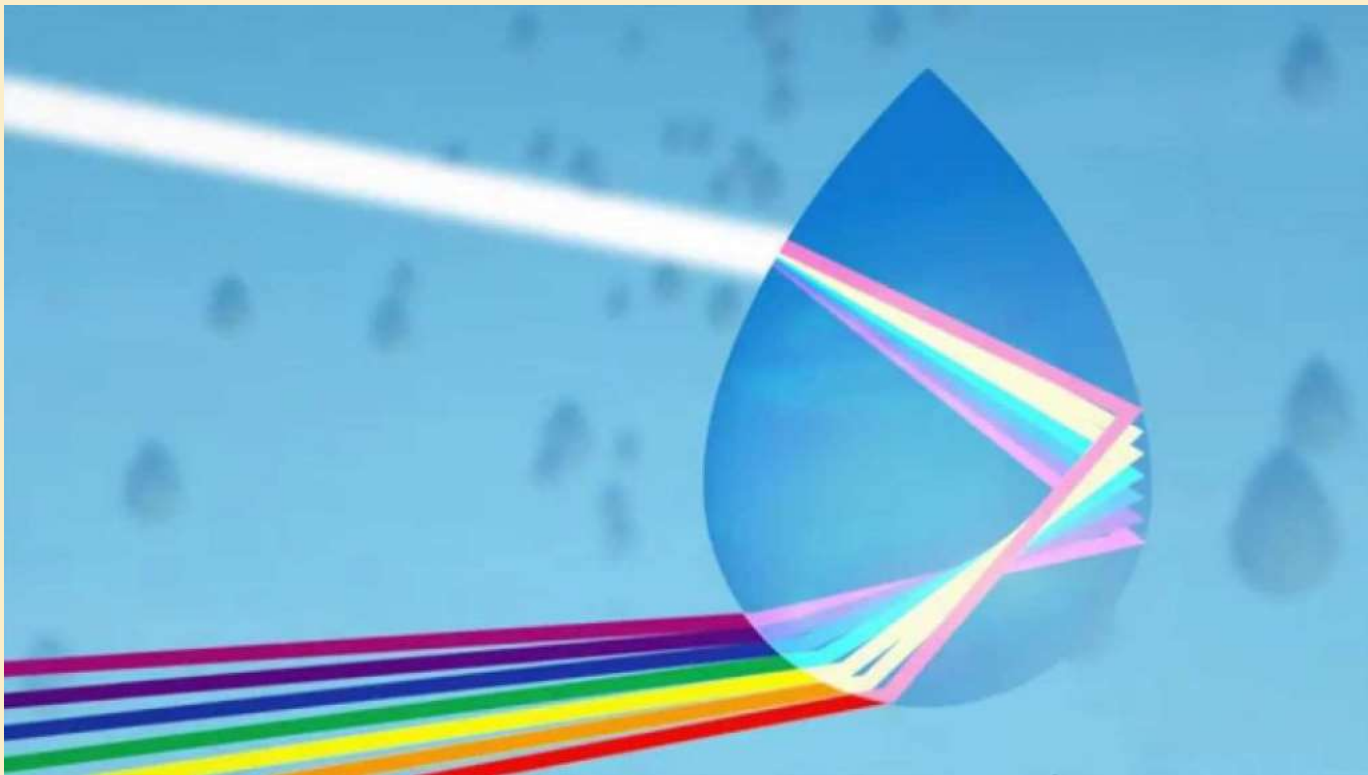
## **Partie II: Mécanique des fluides**

- 1. Hydrostatique.**
- 2. Hydrodynamique.**

# Partie I

# Optique géométrique

# 1. Les lois de réfraction et de réflexion totale



Objectif !?!



Etudier

Le comportement de la  
lumière dans des  
différents milieux



# Définition

---

- **Rayon lumineux** : est le nom donné à la droite représentant la trajectoire de la lumière.



- **Rayon lumineux** : est le nom donné à la droite représentant la trajectoire de la lumière.
- Le sens de propagation de **rayon lumineux**, pris par convention de **gauche à droite**.



**Sens de la lumière  
Incidente**



- **Rayon lumineux** : est le nom donné à la droite représentant la trajectoire de la lumière.
- Le sens de propagation des **rayon lumineux**, pris par convention de **gauche à droite**.
- Dans un milieu
  - **Transparent**
  - **Homogène**
  - **Isotrope**

la lumière se déplace **Rectilignement** (en ligne droite).

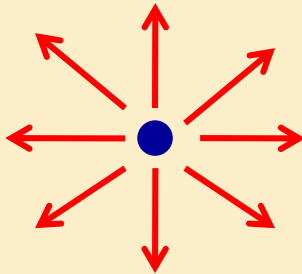
- **Rayon lumineux** : est le nom donné à la droite représentant la trajectoire de la lumière.
- Le sens de propagation des **rayon lumineux**, pris par convention de **gauche à droite**.
- Dans un milieu
  - **Transparent**: la couleur du milieu.
  - **Homogène**:
  - **Isotrope**:

la lumière se déplace **Rectilignement** (en ligne droite).

- **Rayon lumineux** : est le nom donné à la droite représentant la trajectoire de la lumière.
- Le sens de propagation des **rayon lumineux**, pris par convention de **gauche à droite**.
- Dans un milieu
  - **Transparent**:
  - **Homogène**: mêmes propriétés en tout point.
  - **Isotrope**:

la lumière se déplace **Rectilignement** (en ligne droite).

- **Rayon lumineux** : est le nom donné à la droite représentant la trajectoire de la lumière.
- Le sens de propagation des **rayon lumineux**, pris par convention de **gauche à droite**.
- Dans un milieu
  - **Transparent**
  - **Homogène**: mêmes propriétés en tout point.
  - **Isotrope**: mêmes propriétés dans toutes les directions, (L'isotropie est donc quelque chose de relatif à un point donné)



la lumière se déplace **Rectilignement** (en ligne droite).

- **Milieu transparent** est caractérisé par **indice de réfraction absolu  $n$**

$$\mathbf{n} = \frac{\mathbf{c}}{\mathbf{v}} \quad \text{avec} \quad \mathbf{n} \geq \mathbf{1}$$

$C$  : Vitesse de la lumière dans le vide 'et l'air'.  $C = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$v$  : Vitesse de la lumière dans les milieux matériels.

- **Milieu transparent** est caractérisé par **indice de réfraction absolu  $n$**

$$n = \frac{c}{v} \quad \text{avec} \quad n \geq 1$$

$c$  : Vitesse de la lumière dans le vide 'et l'air'.  $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$v$  : Vitesse de la lumière dans les milieux matériels.

- **Air** :  $n_{air} \approx 1$
- **Verre**:  $n_{verre} = 1,52$
- **Eau**:  $n_{eau} = 1,33$

- **Milieu transparent** est caractérisé par **indice de réfraction absolu  $n$**

$$n = \frac{c}{v} \quad \text{avec} \quad n \geq 1$$

$c$  : Vitesse de la lumière dans le vide 'et l'air'.  $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$v$  : Vitesse de la lumière dans les milieux matériels.

▪ **Air** :  $n_{air} \approx 1$

▪ **Verre**:  $n_{verre} = 1,52$

▪ **Eau**:  $n_{eau} = 1,33$

- Comportement de la lumière dépend des **indices de réfraction** des **milieux**.

# Les lois de réfraction et de réflexion totale

---

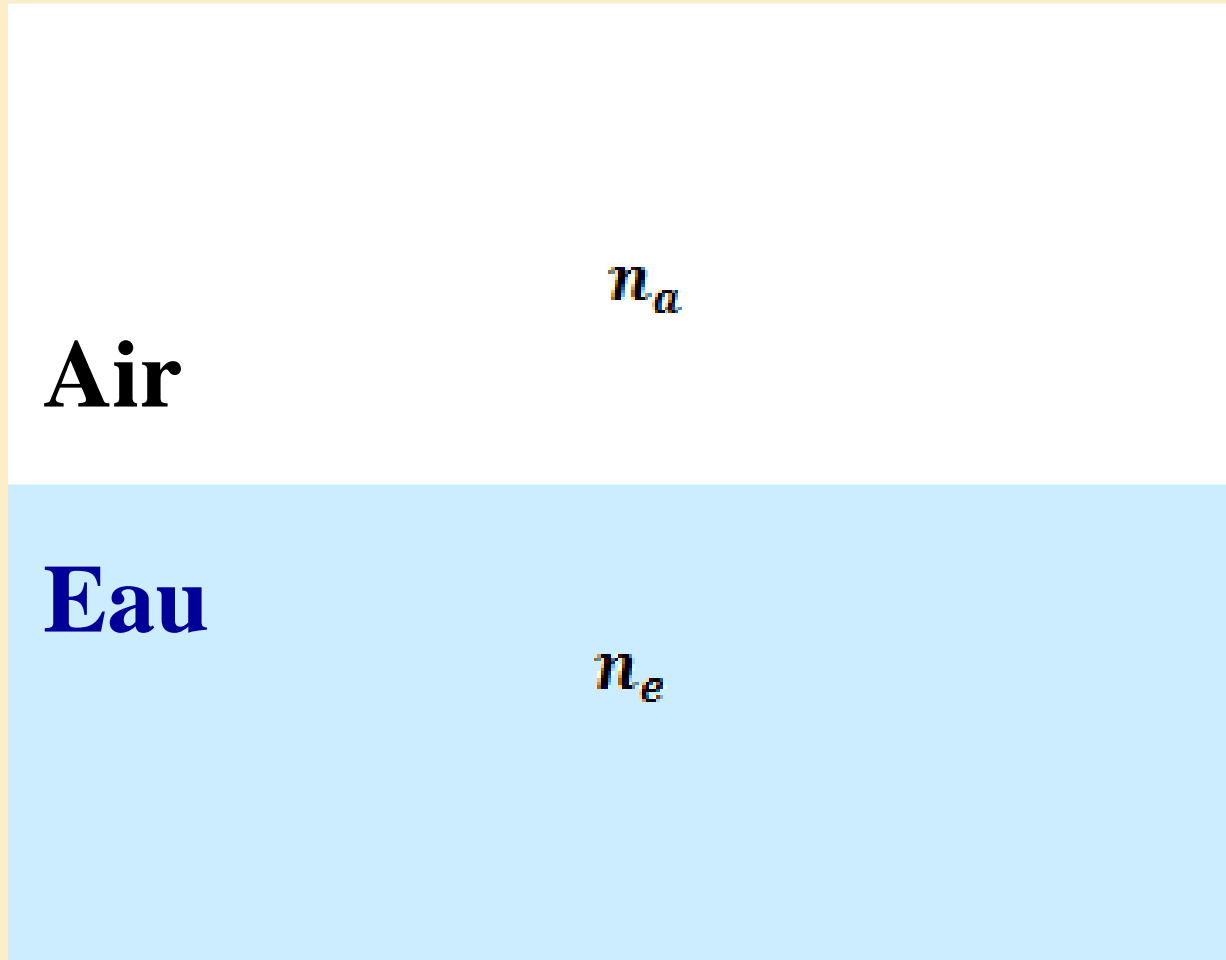


# Dioptre

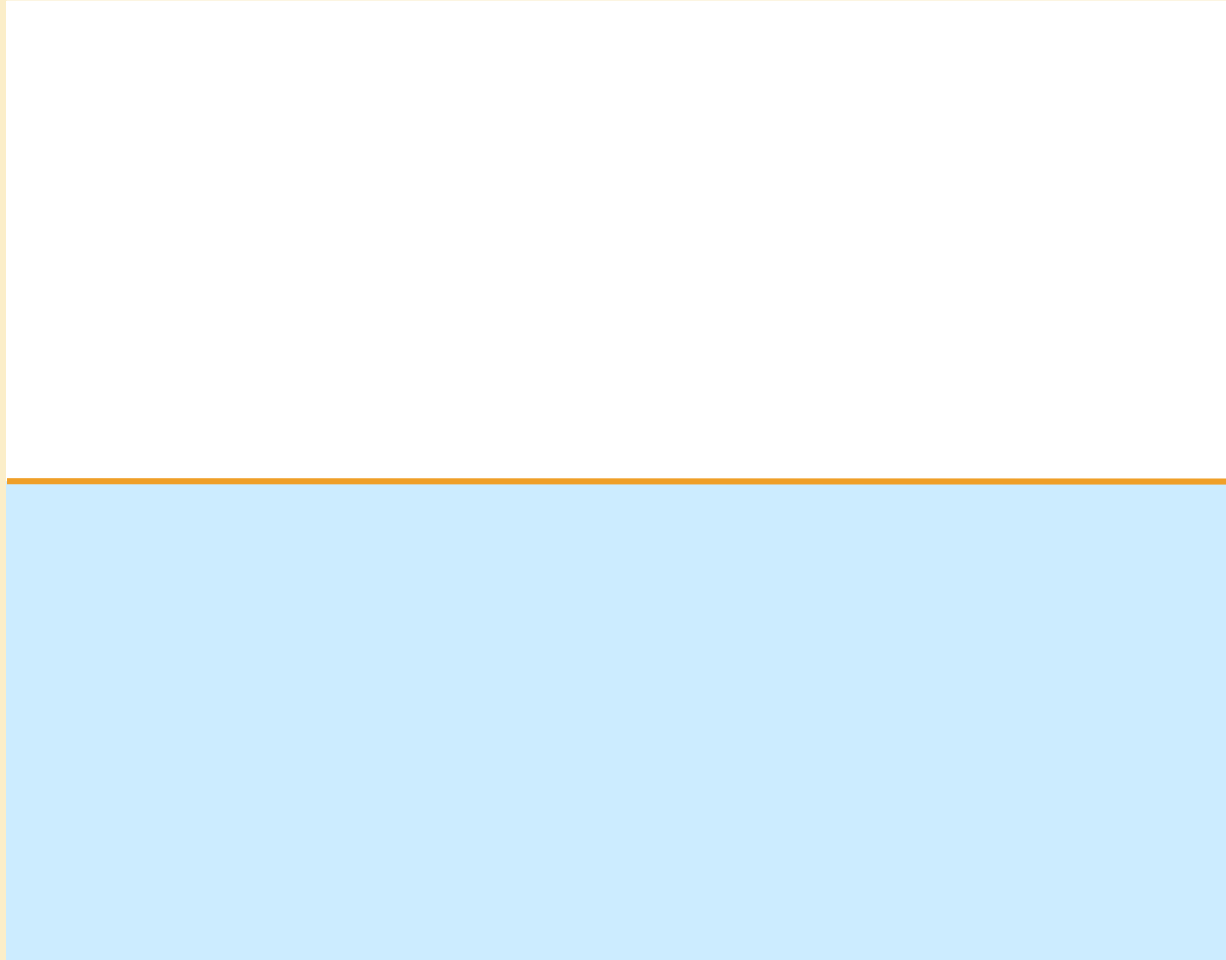
---



- **Dioptre:** est **une surface** qui sépare **deux milieux** d'indices de réfractions différents.

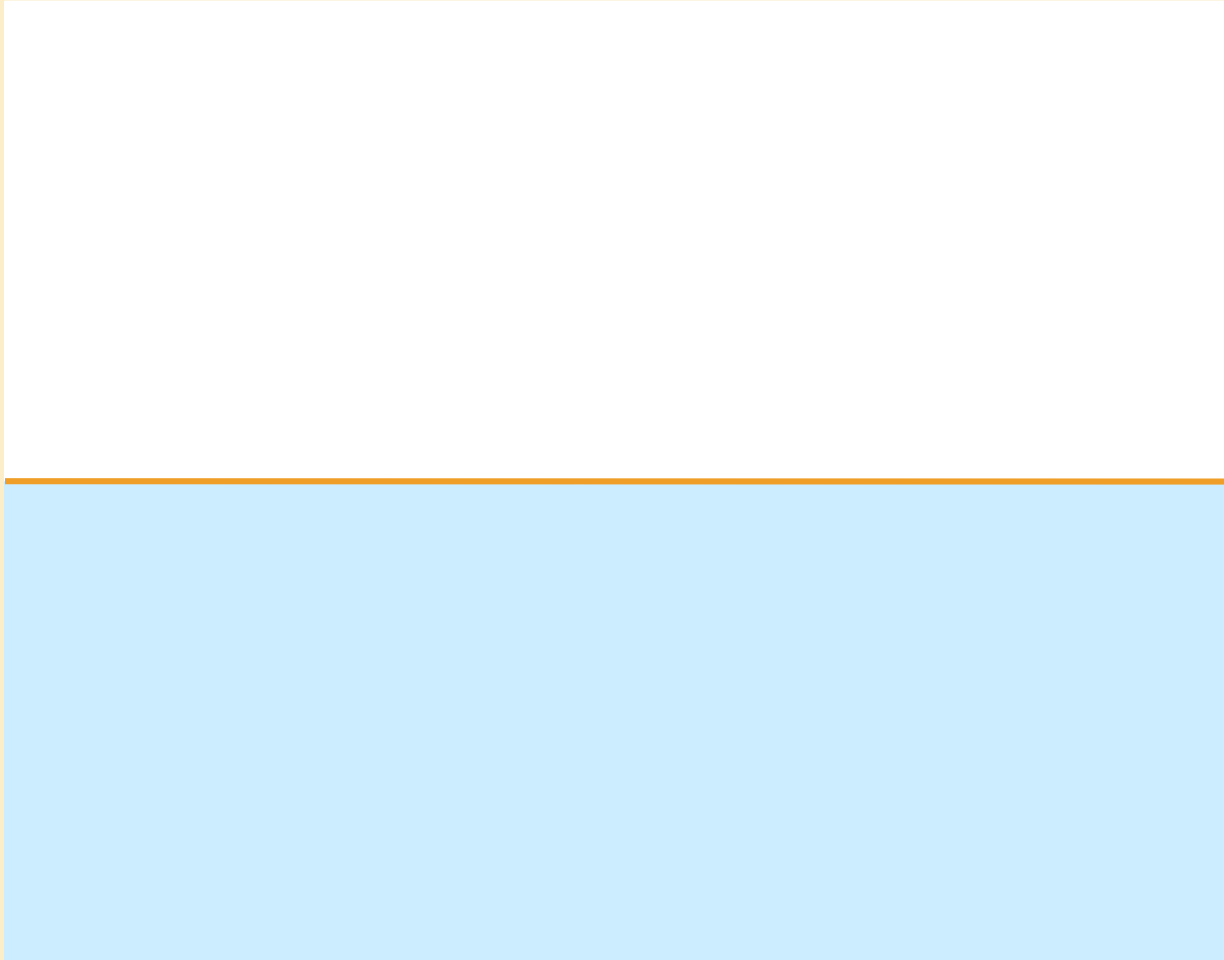


- **Dioptré:** est **une surface** qui sépare **deux milieux d'indices de réfractons différents.**



**Dioptré**

- **Dioptré:** est **une surface** qui sépare **deux milieux d'indices de réfracteurs différents.**



**Dioptré  
(air-eau)**

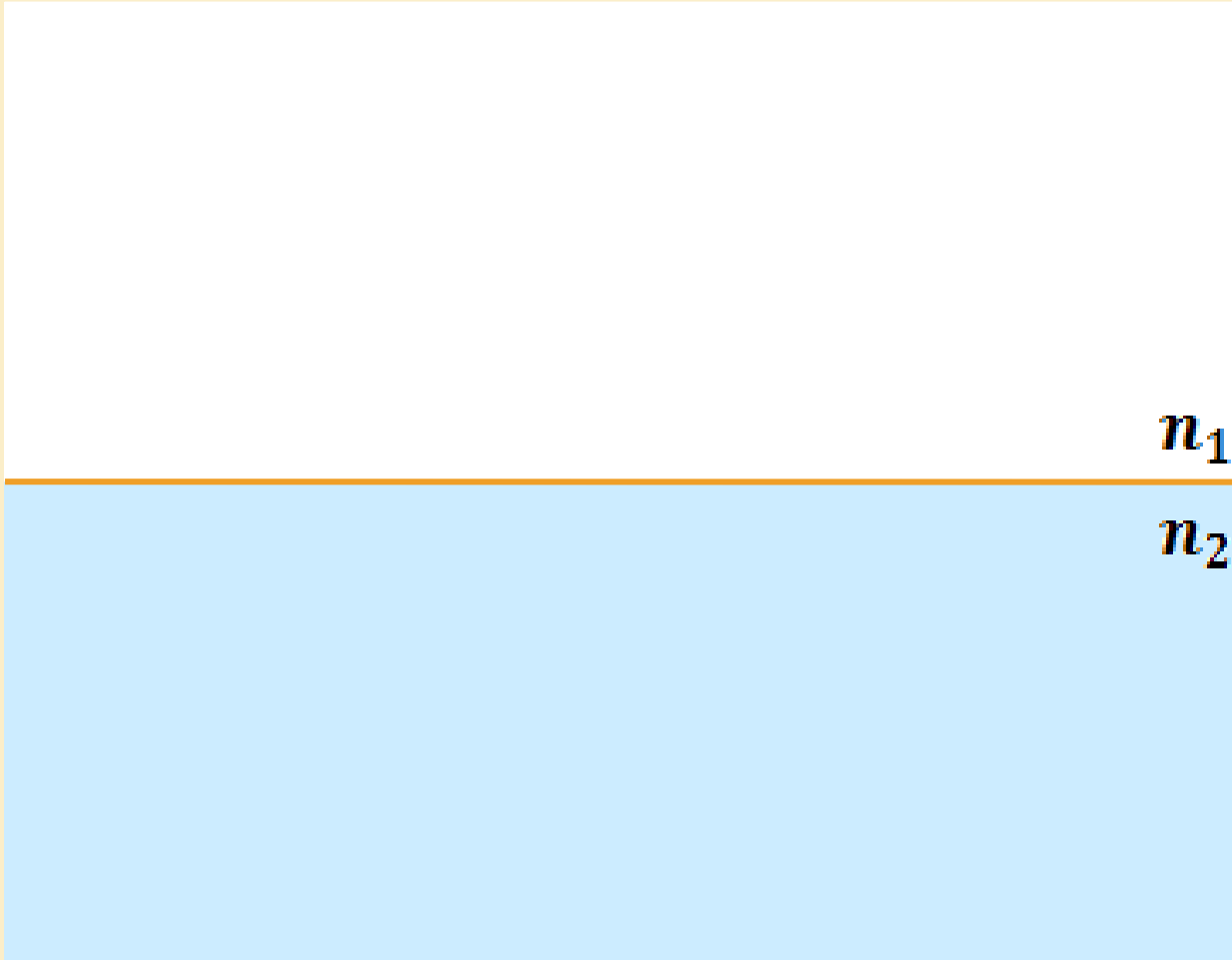
➤ **Dioptré:** est **une surface** qui sépare **deux milieux d'indices de réfractés différents.**

▪ **Dioptré plan:** La surface est plane



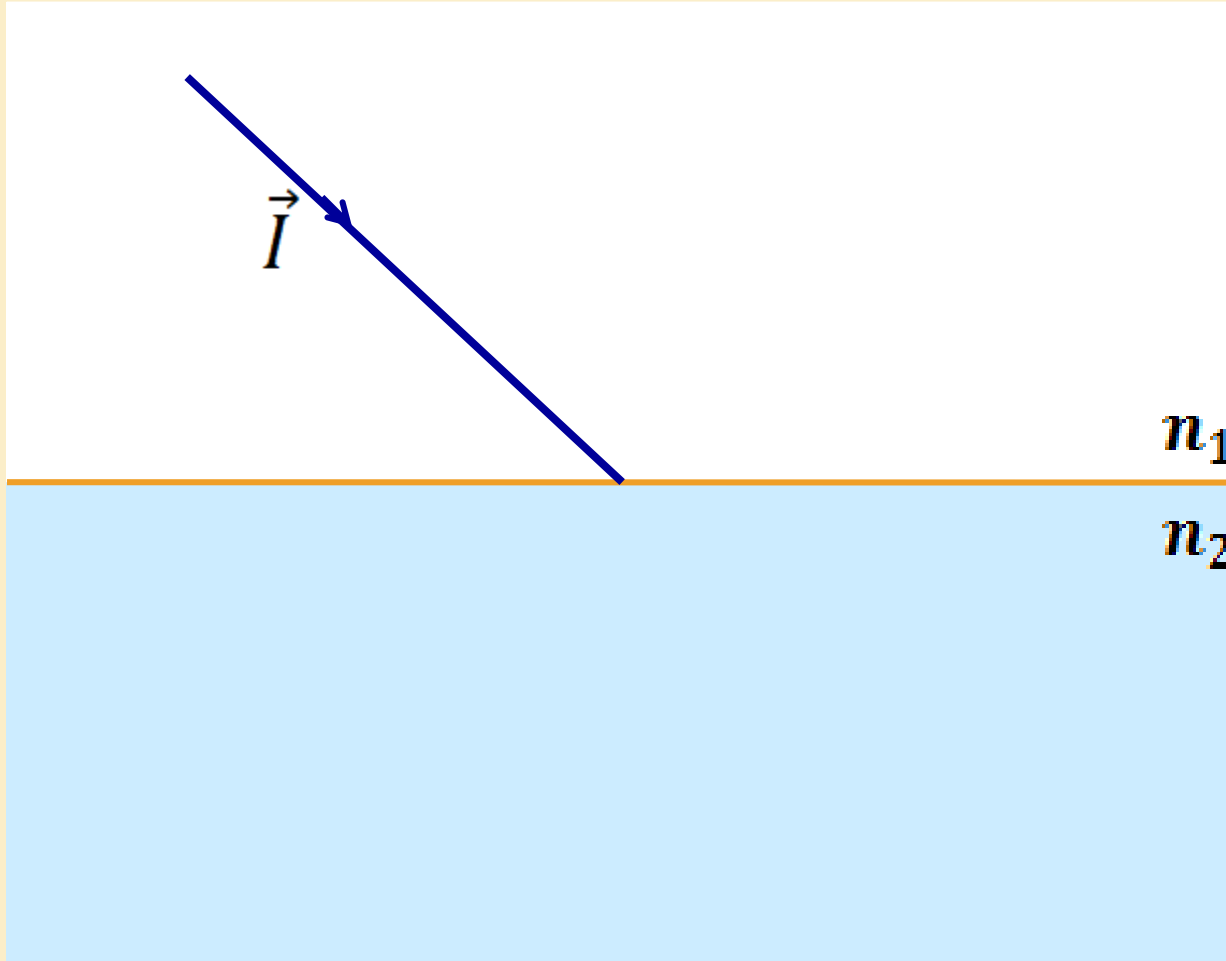
▪ **Dioptré sphérique:** La surface est sphérique



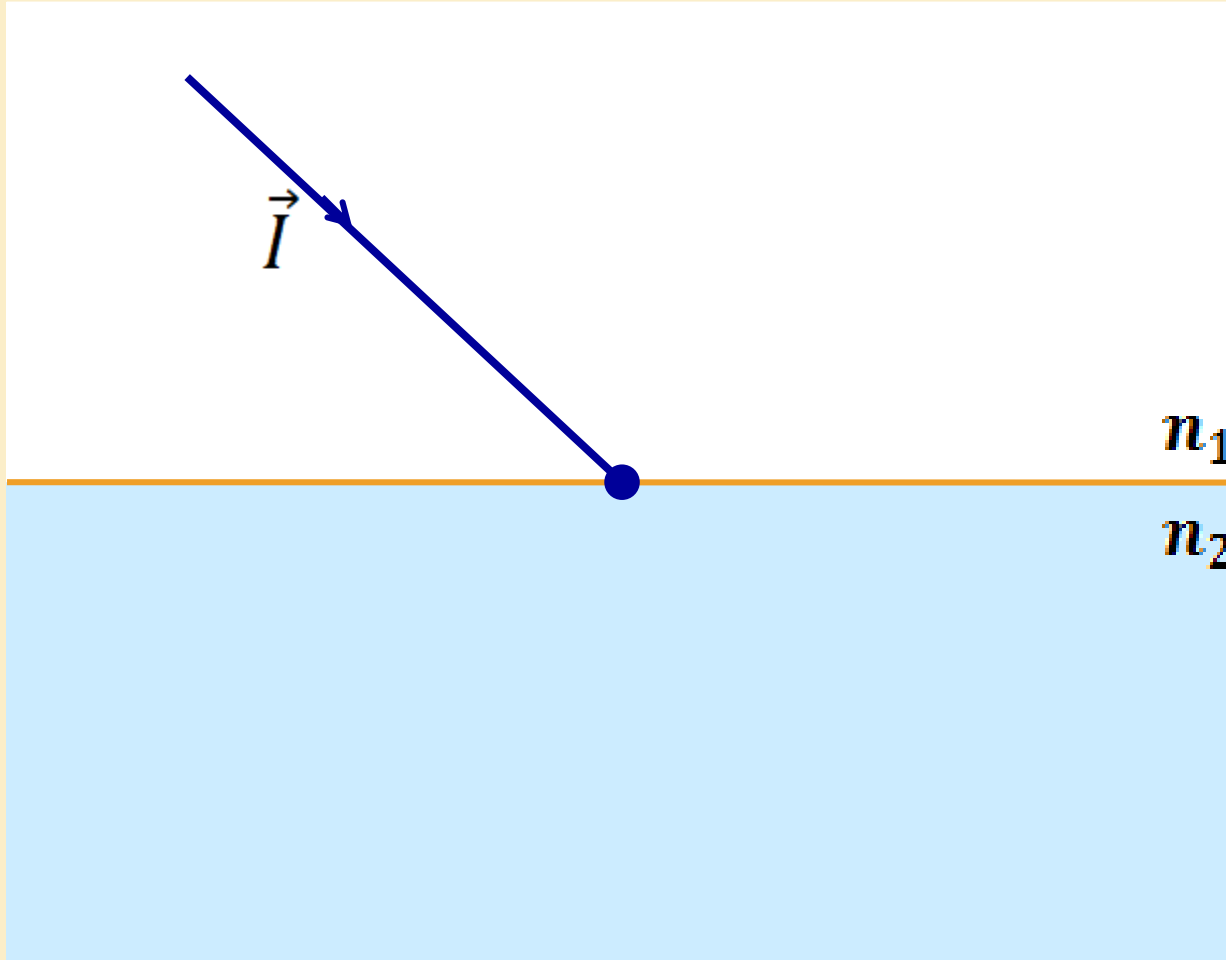


**Dioptre**

$\vec{I}$  : Rayon incident



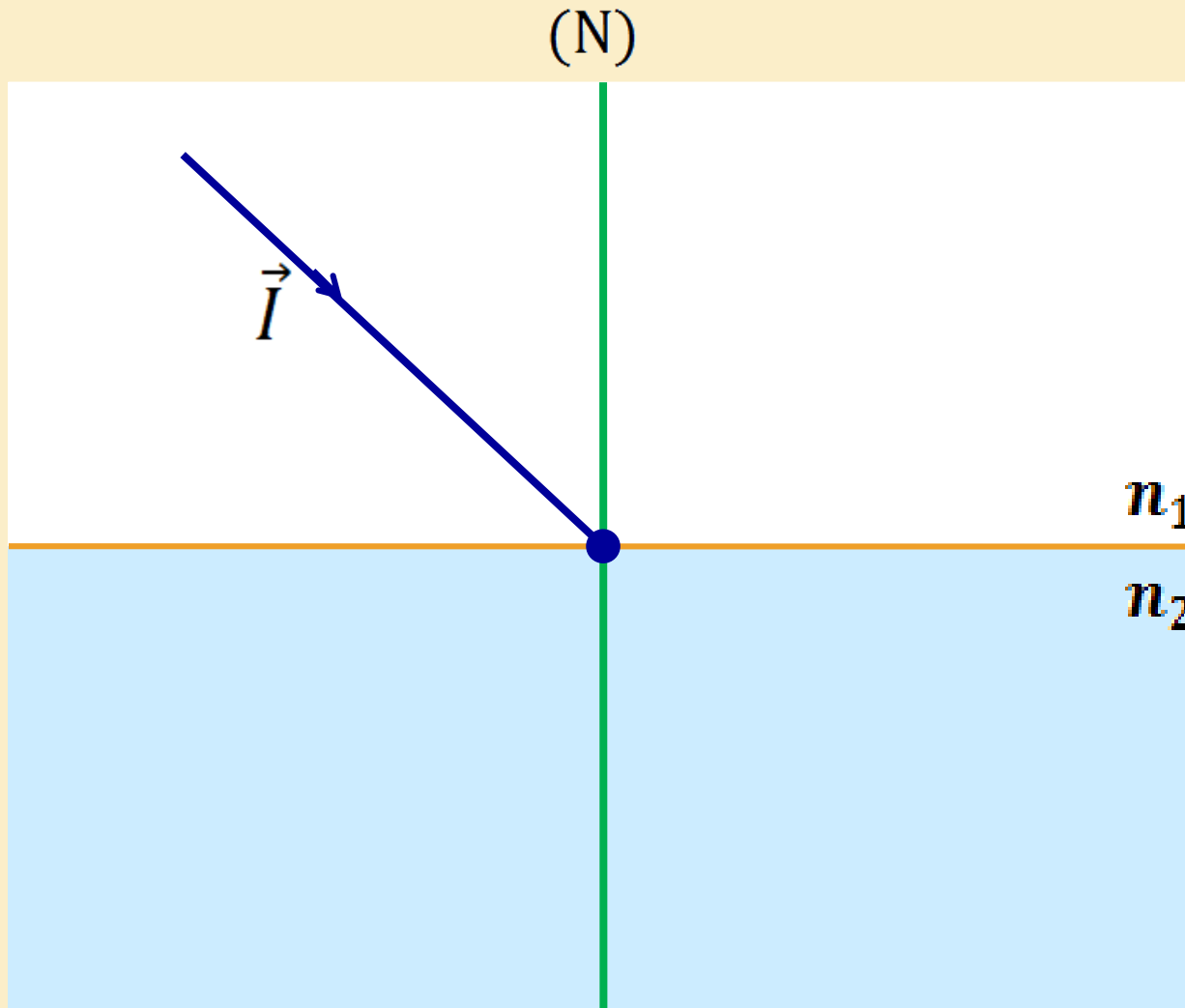
$\vec{I}$  : Rayon incident  
● : Point d'incidence





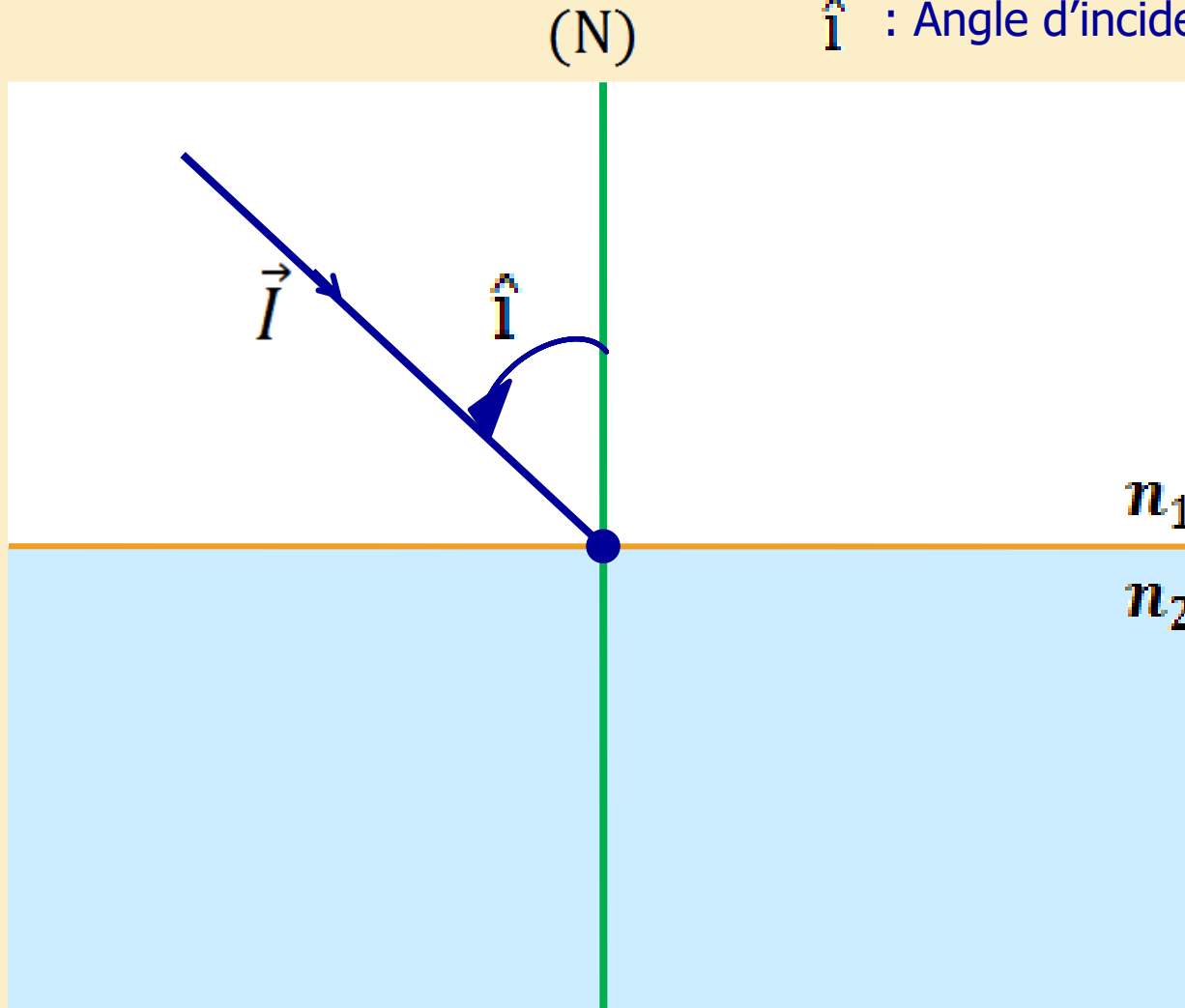
$\vec{I}$  : Rayon incident

● : Point d'incidence



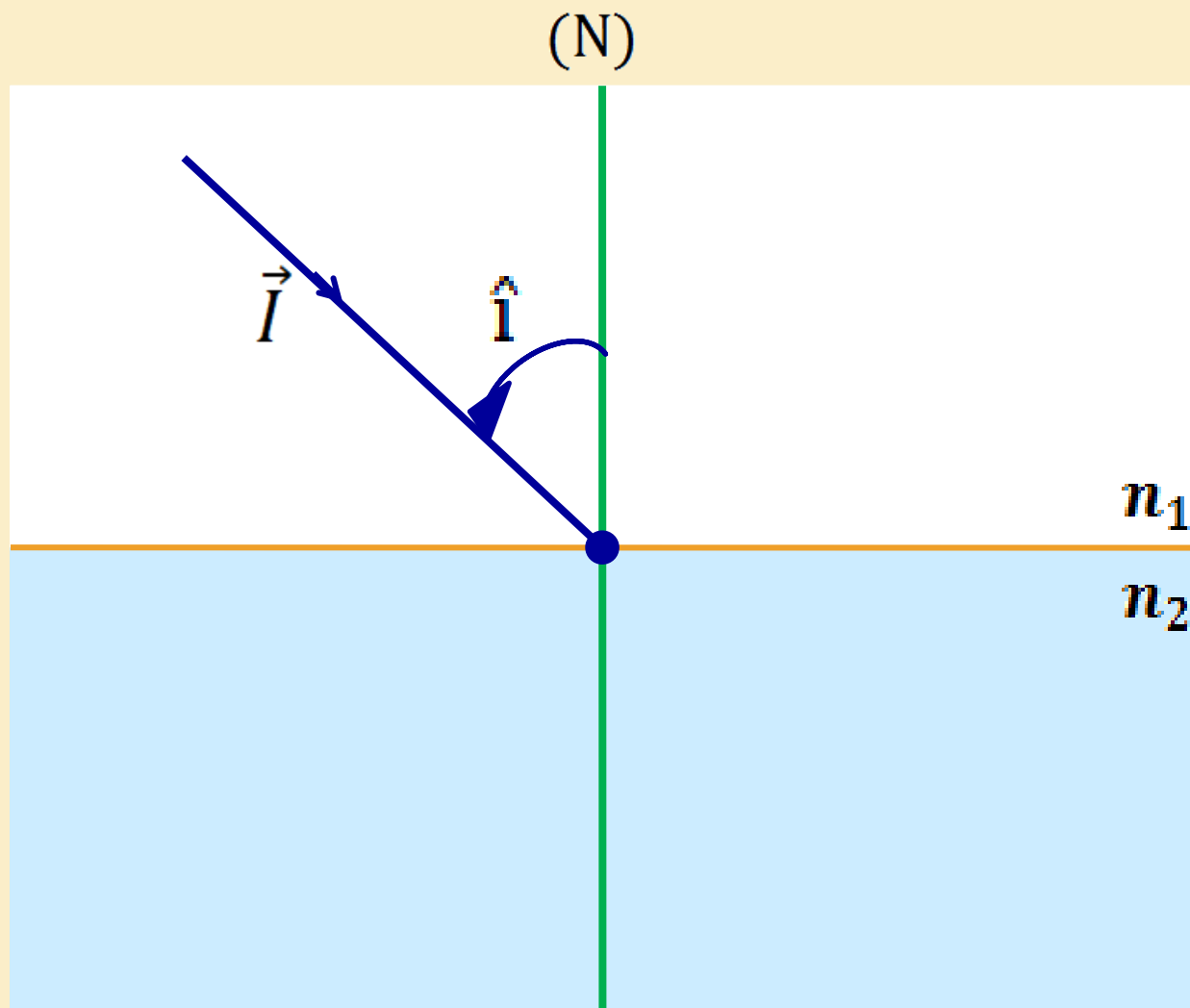
(N) : Droite  $\perp$  au dioptre au point d'incidence.

- $\vec{I}$  : Rayon incident
- : Point d'incidence
- $\hat{i}$  : Angle d'incidence

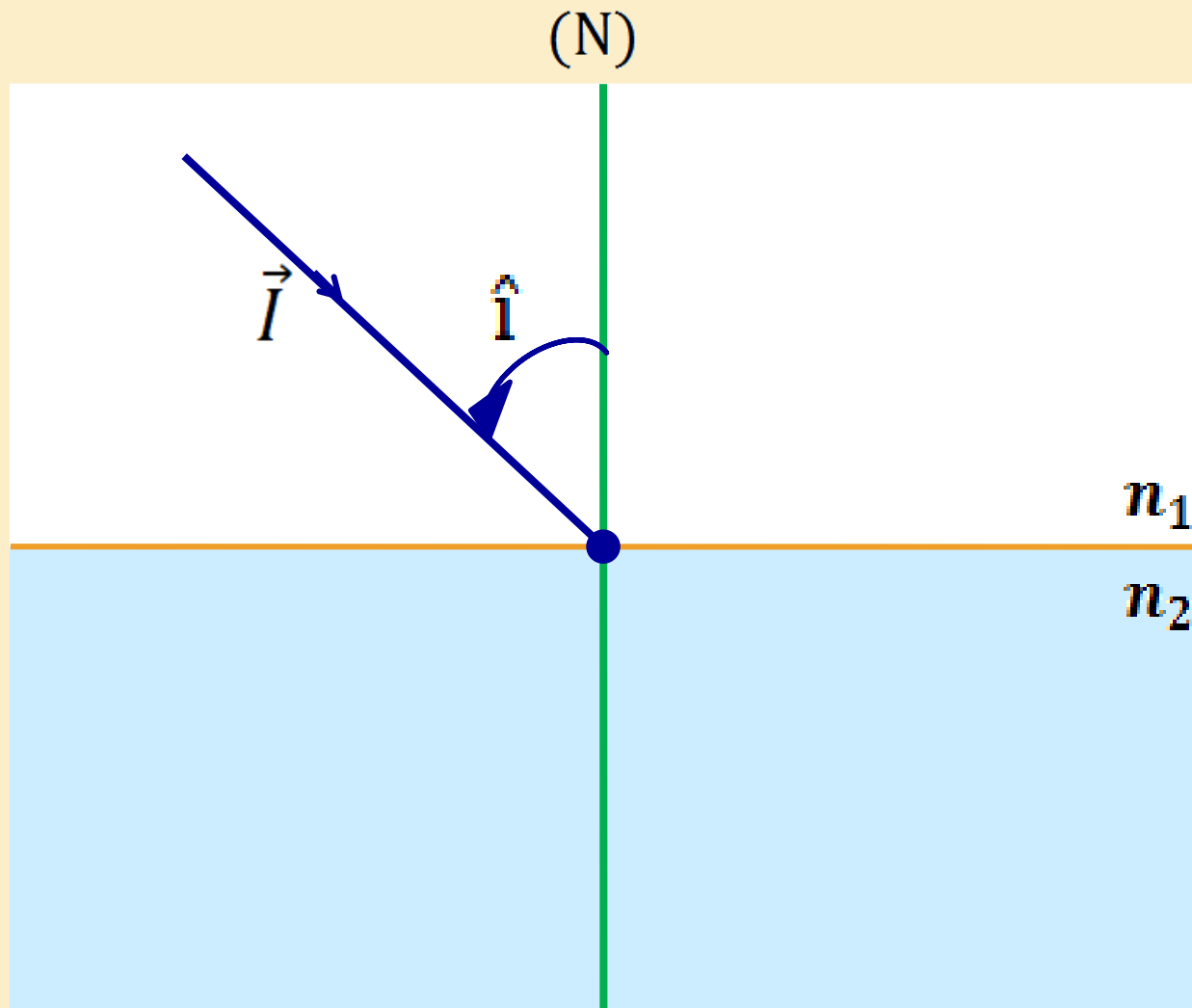


(N) : Droite  $\perp$  au dioptre au point d'incidence.

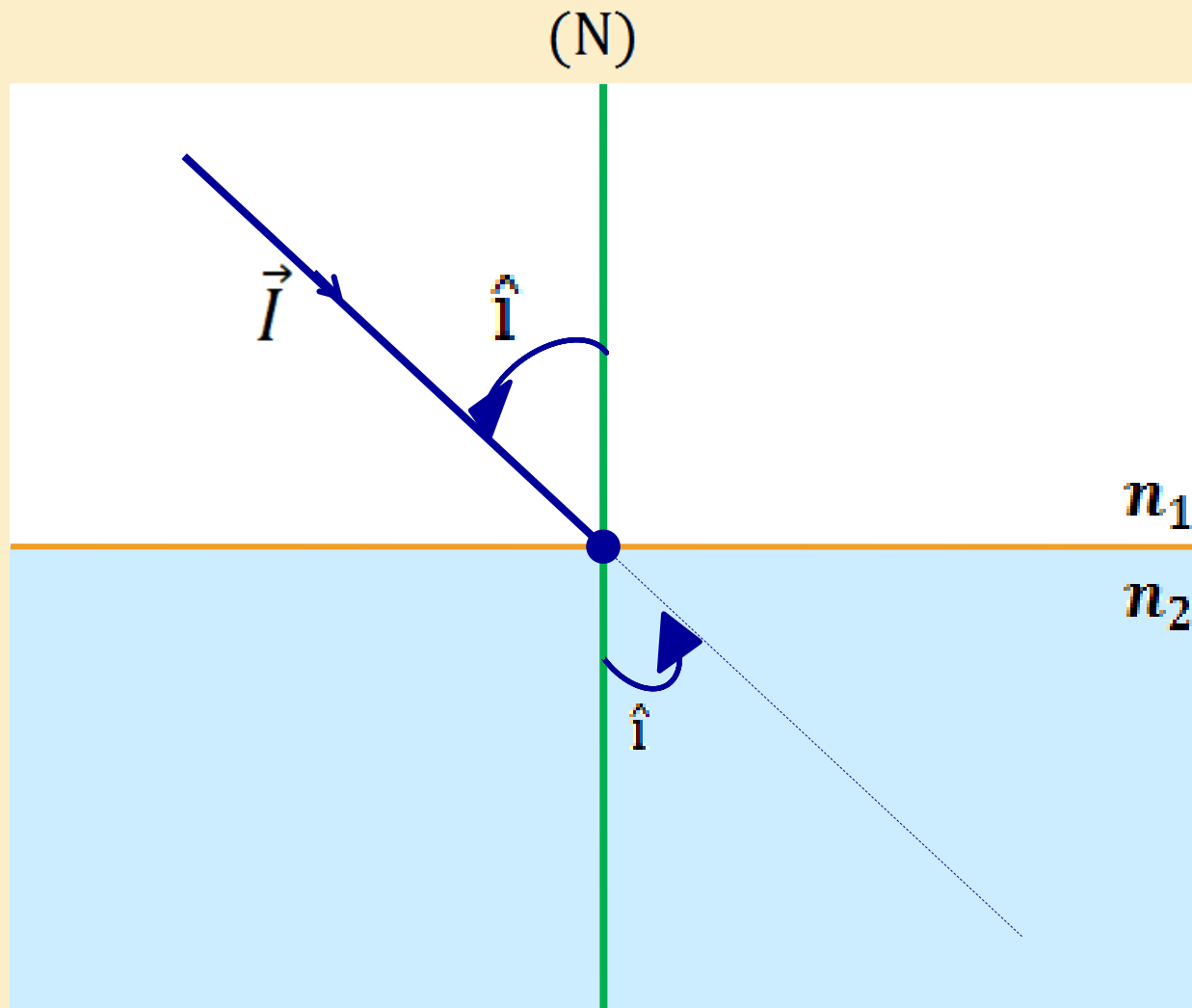
$$n_1 < n_2$$



$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$



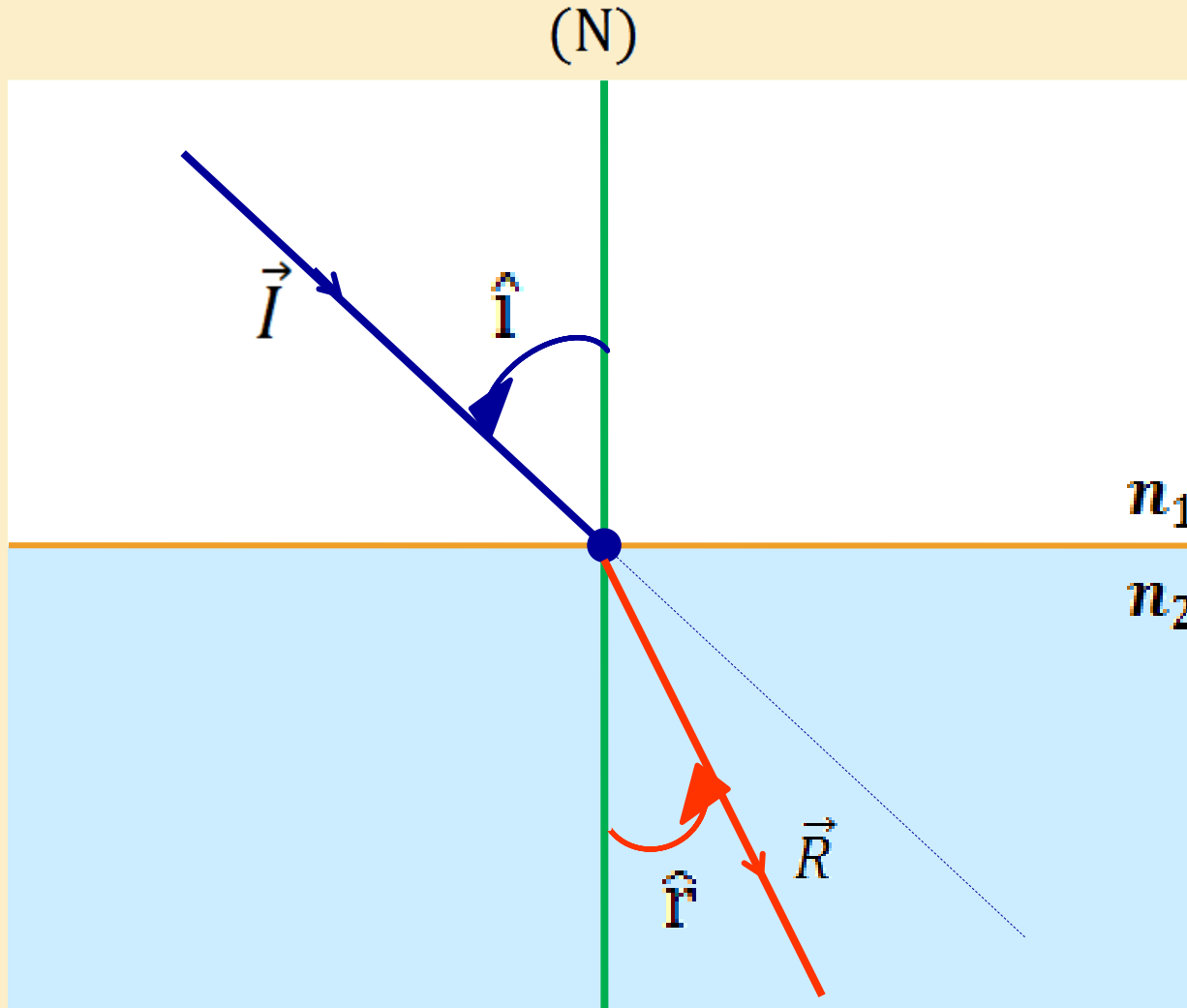
$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$



$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$

$\vec{R}$  : Rayon réfracté

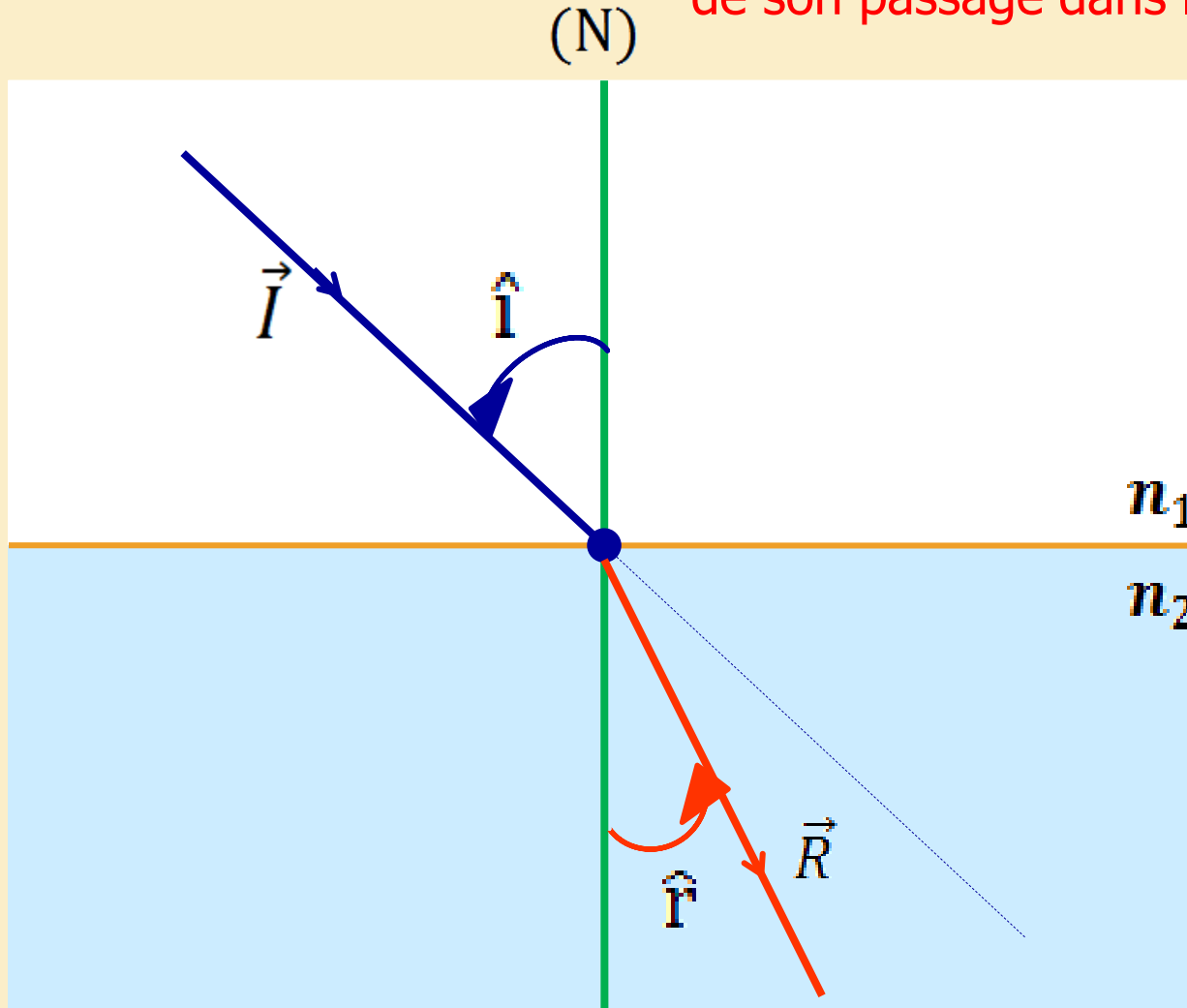
$\hat{r}$  : Angle de réfraction



**Phénomène de Réfraction**

$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$

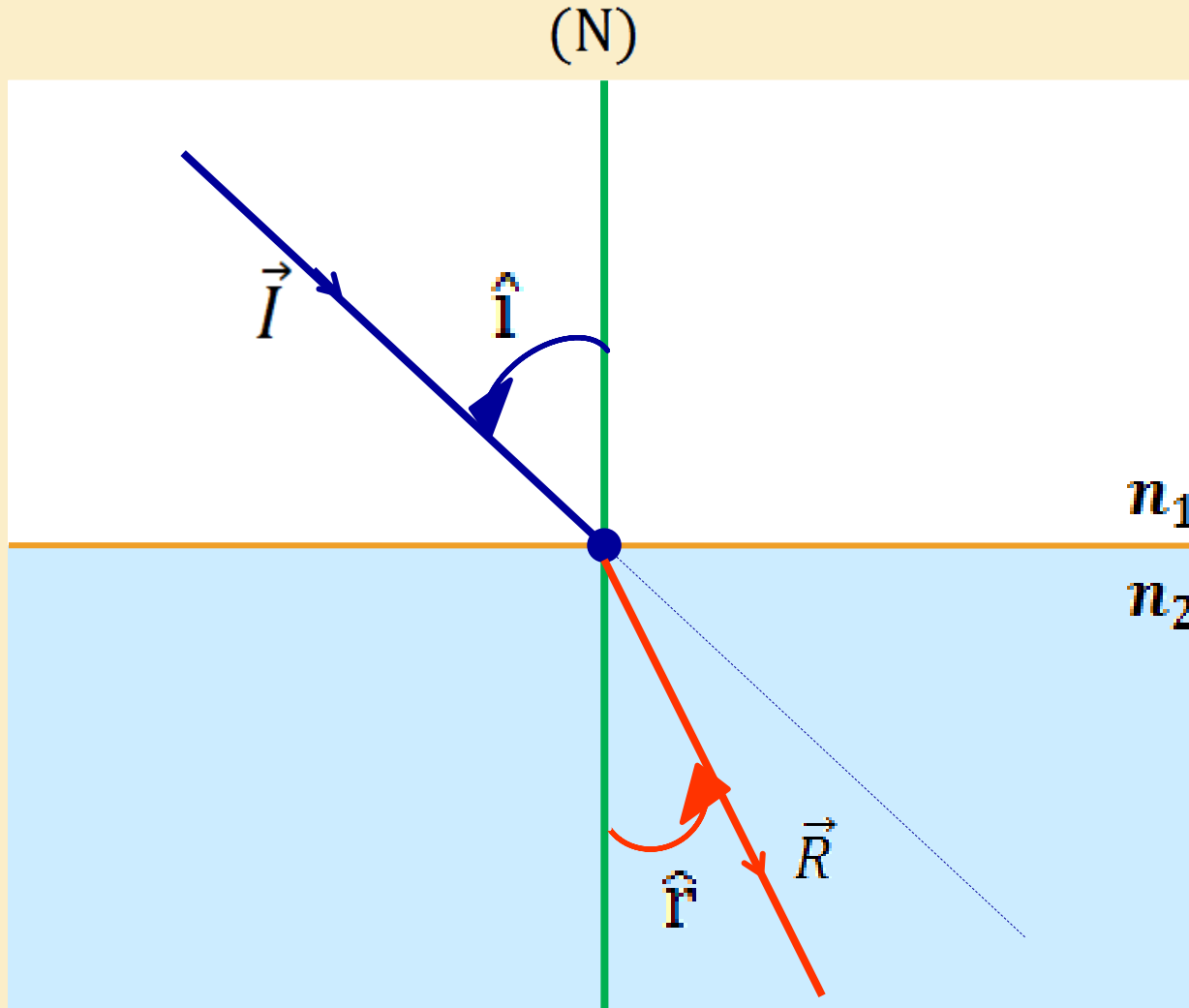
- Le rayon lumineux est **réfracté** lors de son passage dans le **2<sup>ème</sup> milieu**



**Phénomène de Réfraction**

$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$

$\vec{R}$  se rapproche de la normale



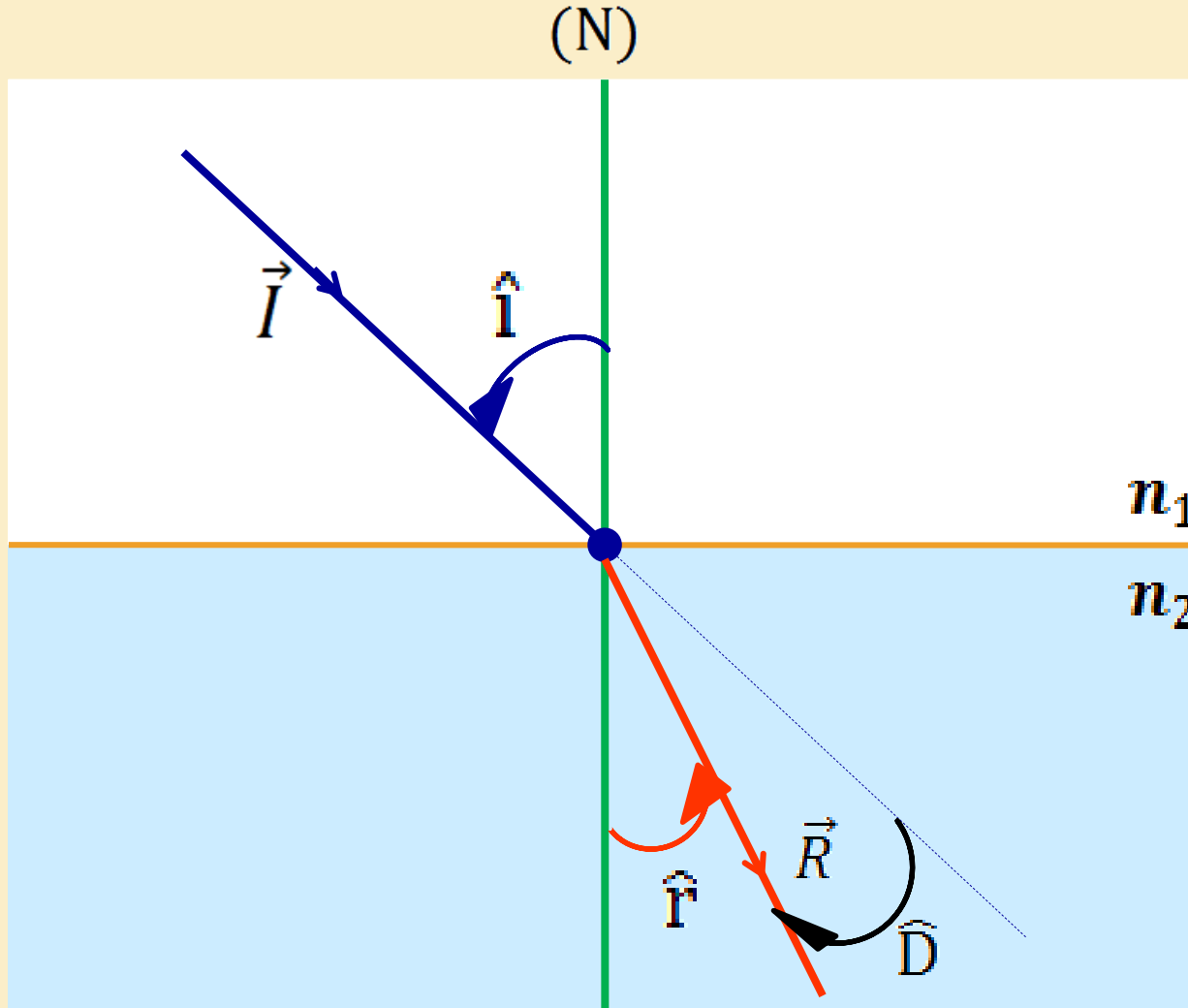
**Phénomène de Réfraction**



$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$

$\hat{D}$  : Déviation

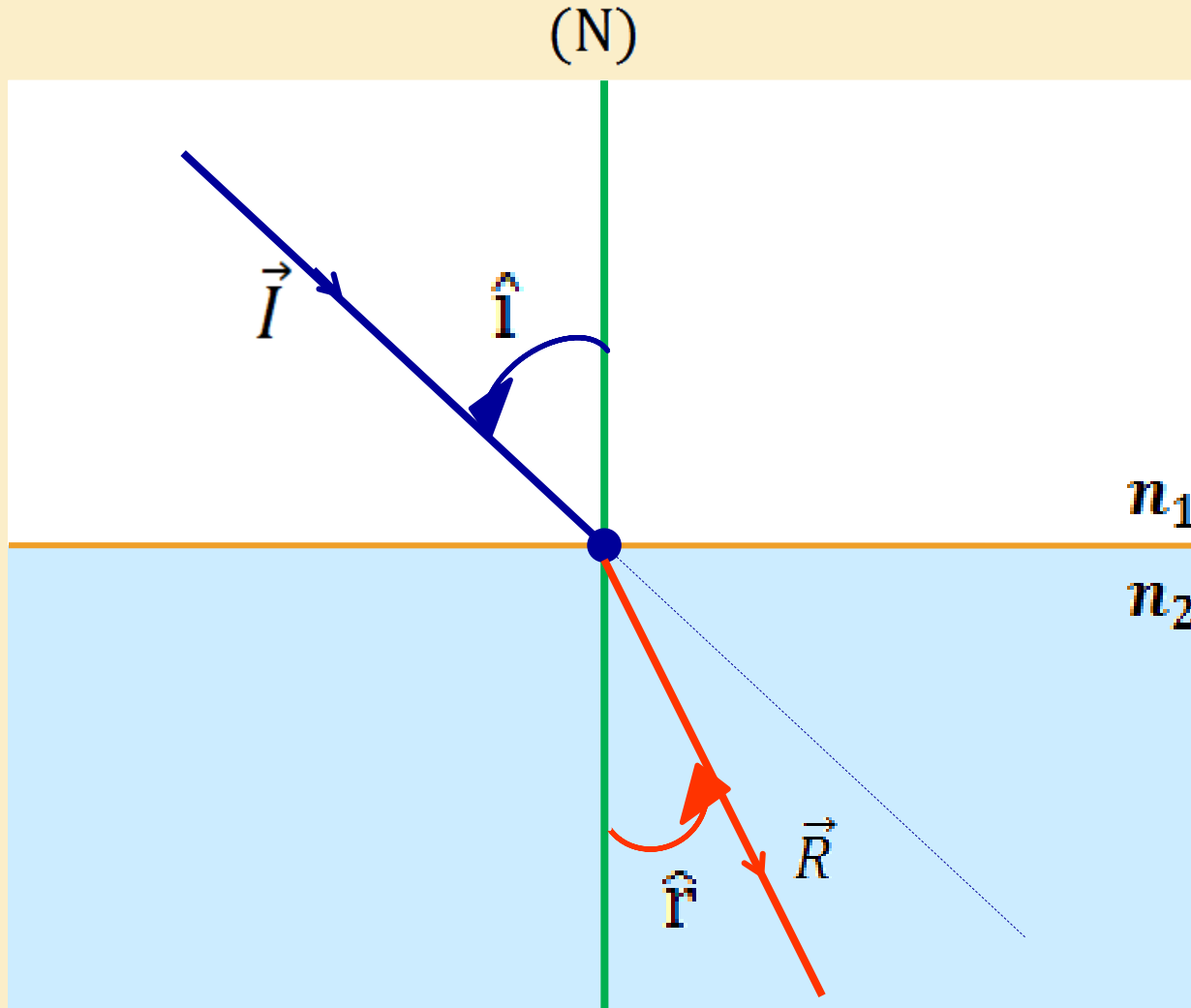
$$\hat{D} = \hat{i} - \hat{r}$$



**Phénomène de Réfraction**

$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$

## Lois de Réfraction

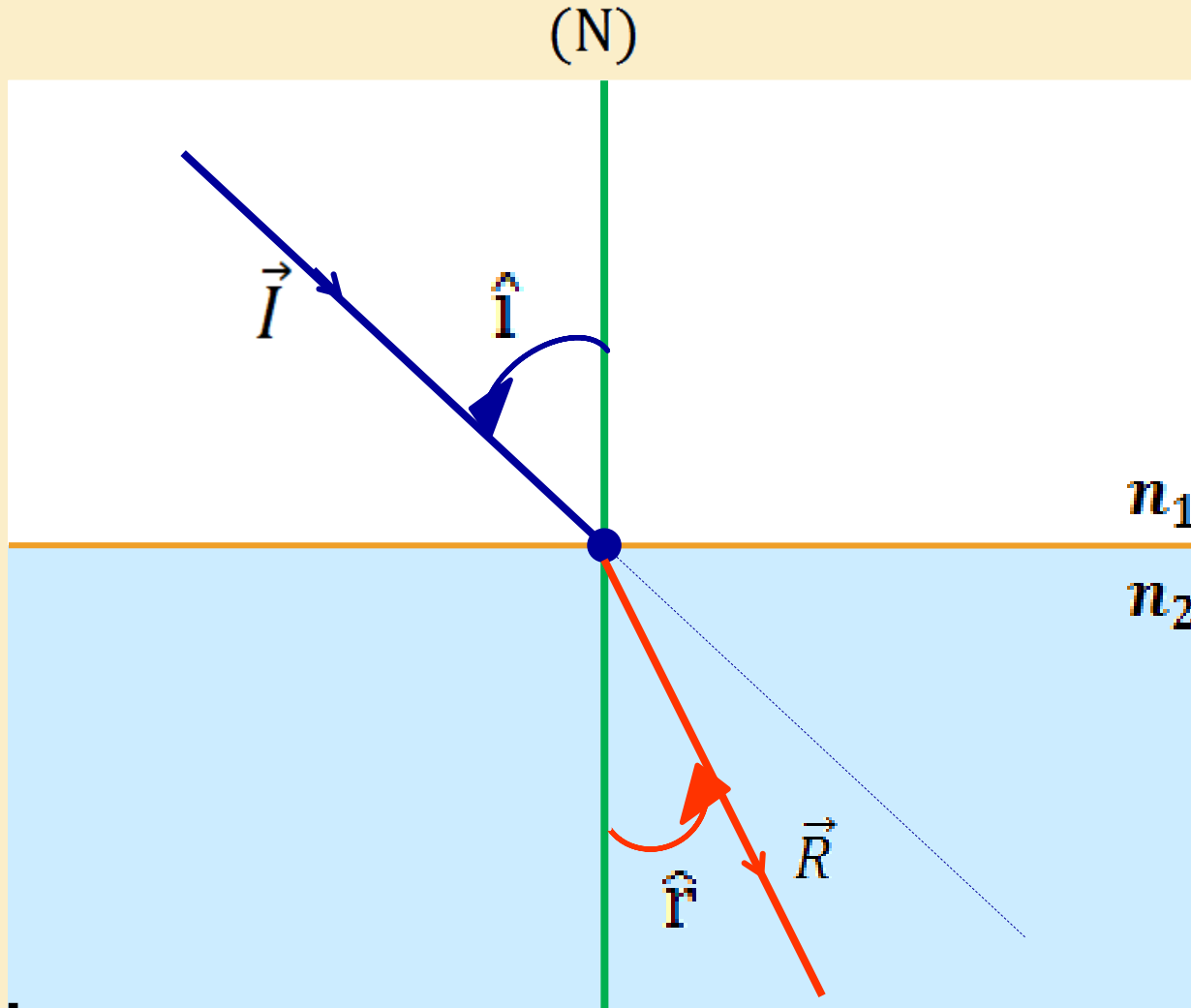


### La 1<sup>ère</sup> loi :

Le rayon  $\vec{I}$ , le rayon  $\vec{R}$  et (N) sont dans un **même plan** dit le **plan d'incidence**.

$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$

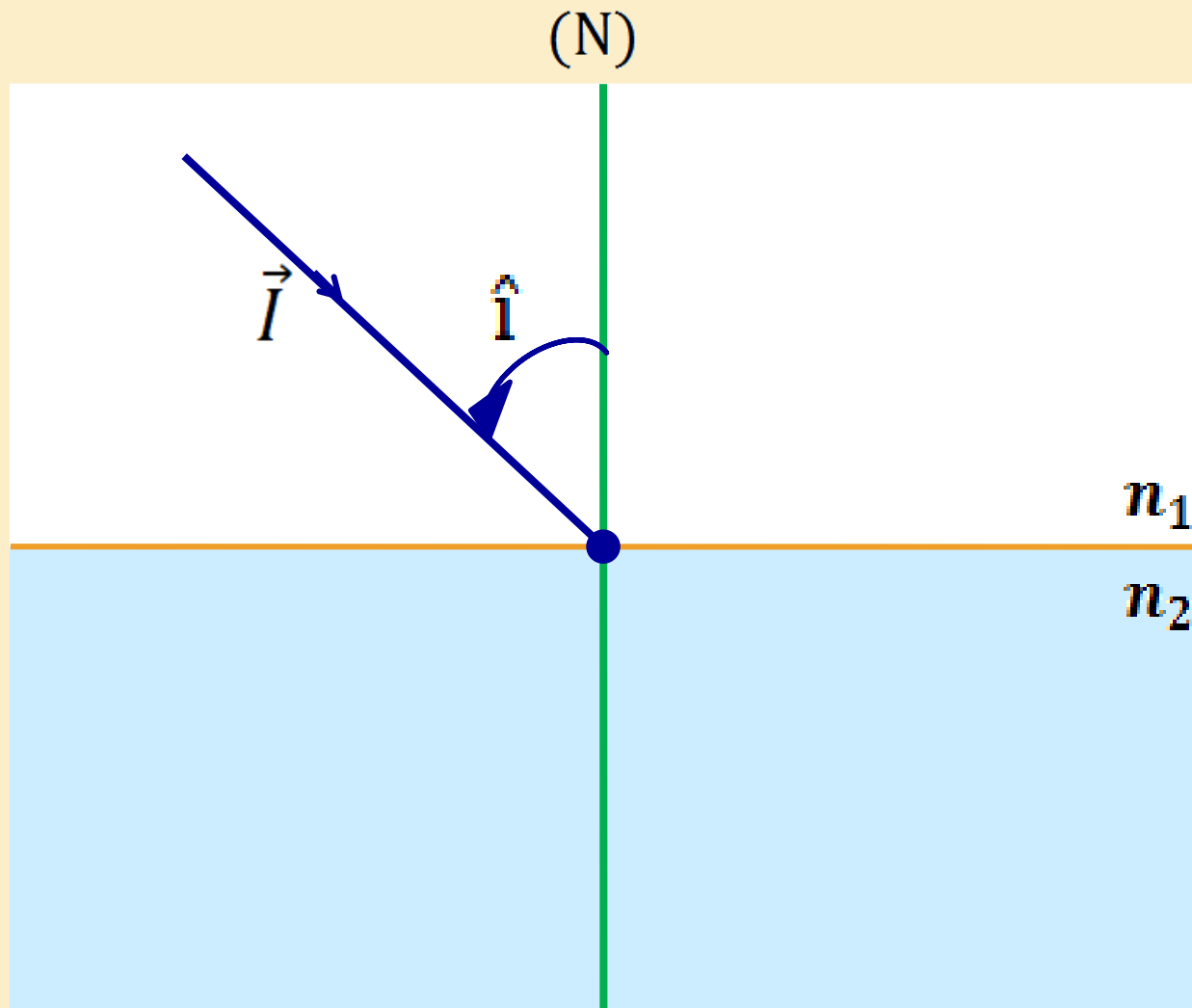
## Lois de Réfraction



La 2<sup>ème</sup> loi :

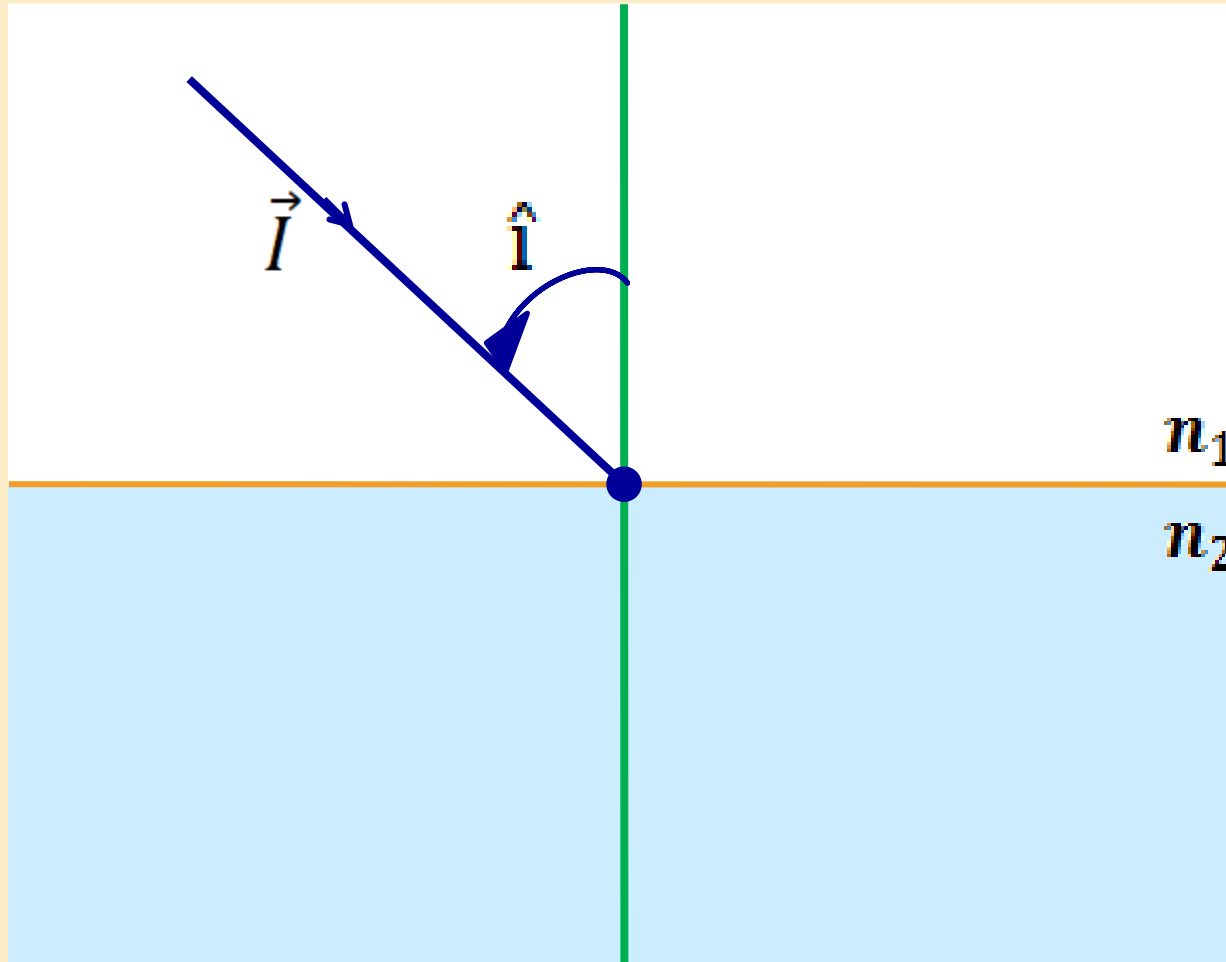
Loi Snell Descarte :  $n_1 \sin i = n_2 \sin r$

$$n_1 > n_2$$



$n_1 > n_2$  : On doit calculer  $i_L = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$

(N)



$i_L = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$ : Angle d'incidence limite

$n_1 > n_2$  : On doit comparer les deux valeurs de

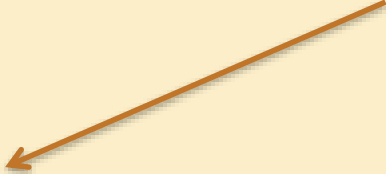
$$i_L = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \text{ et } \hat{i}$$

$$n_1 > n_2 : \quad i_L = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \text{ et } \hat{\mathbf{i}}$$

On distingue trois cas

$$n_1 > n_2 : \quad i_L = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \text{ et } \hat{i}$$

On distingue trois cas

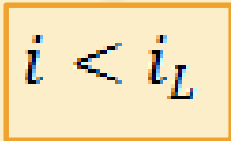

$$i < i_L$$

Phénomène  
de réfraction

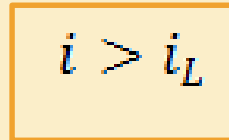


$$n_1 > n_2 : \quad i_L = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \text{ et } \hat{i}$$

On distingue trois cas


$$i < i_L$$

Phénomène  
de réfraction


$$i > i_L$$

Phénomène  
de réflexion totale

$$n_1 > n_2 : \quad i_L = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \text{ et } \hat{i}$$

On distingue trois cas

$$i < i_L$$

Phénomène  
de réfraction

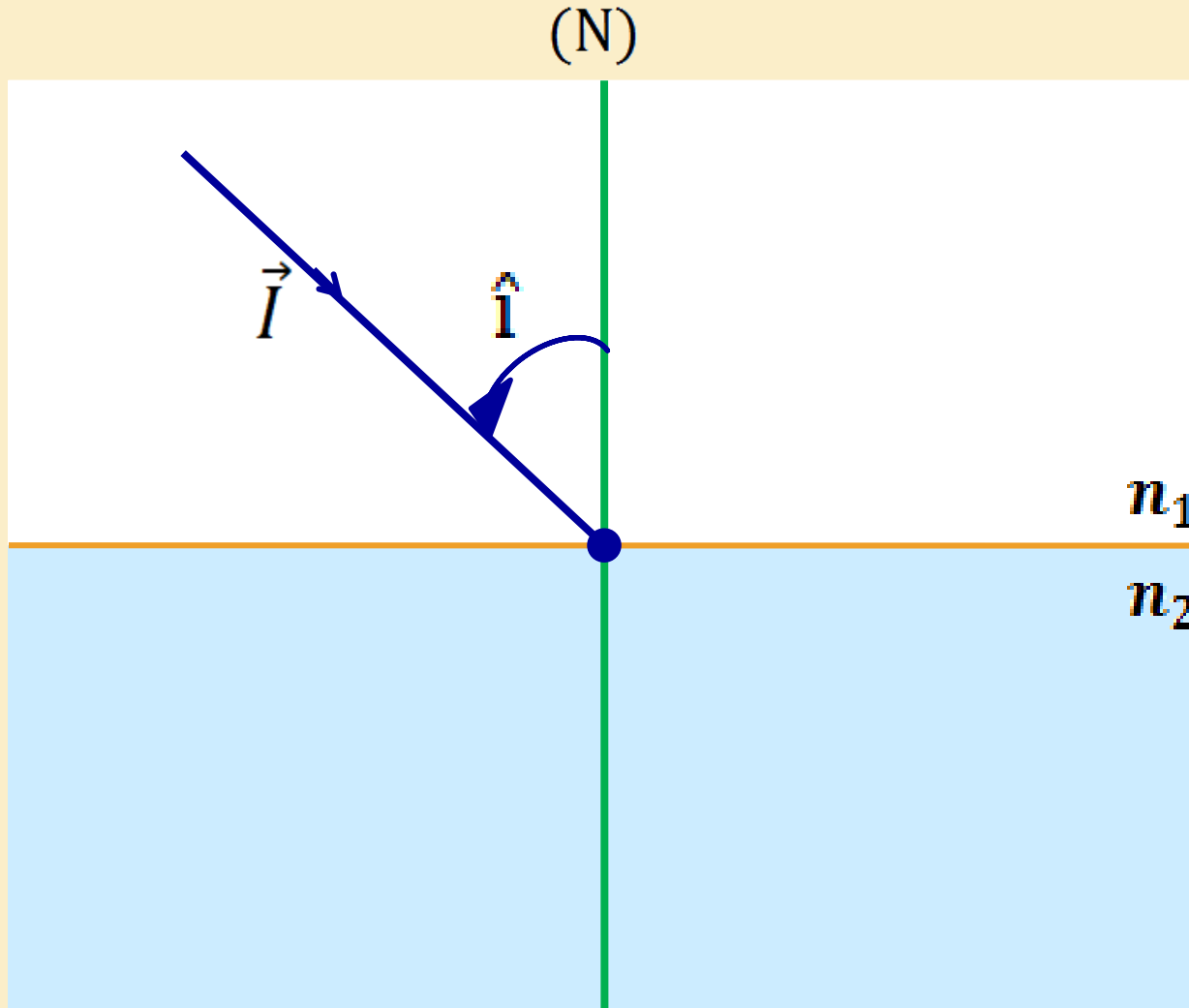
$$i > i_L$$

Phénomène  
de réflexion totale

$$i = i_L$$

Emergence  
rasante

$$n_1 > n_2$$

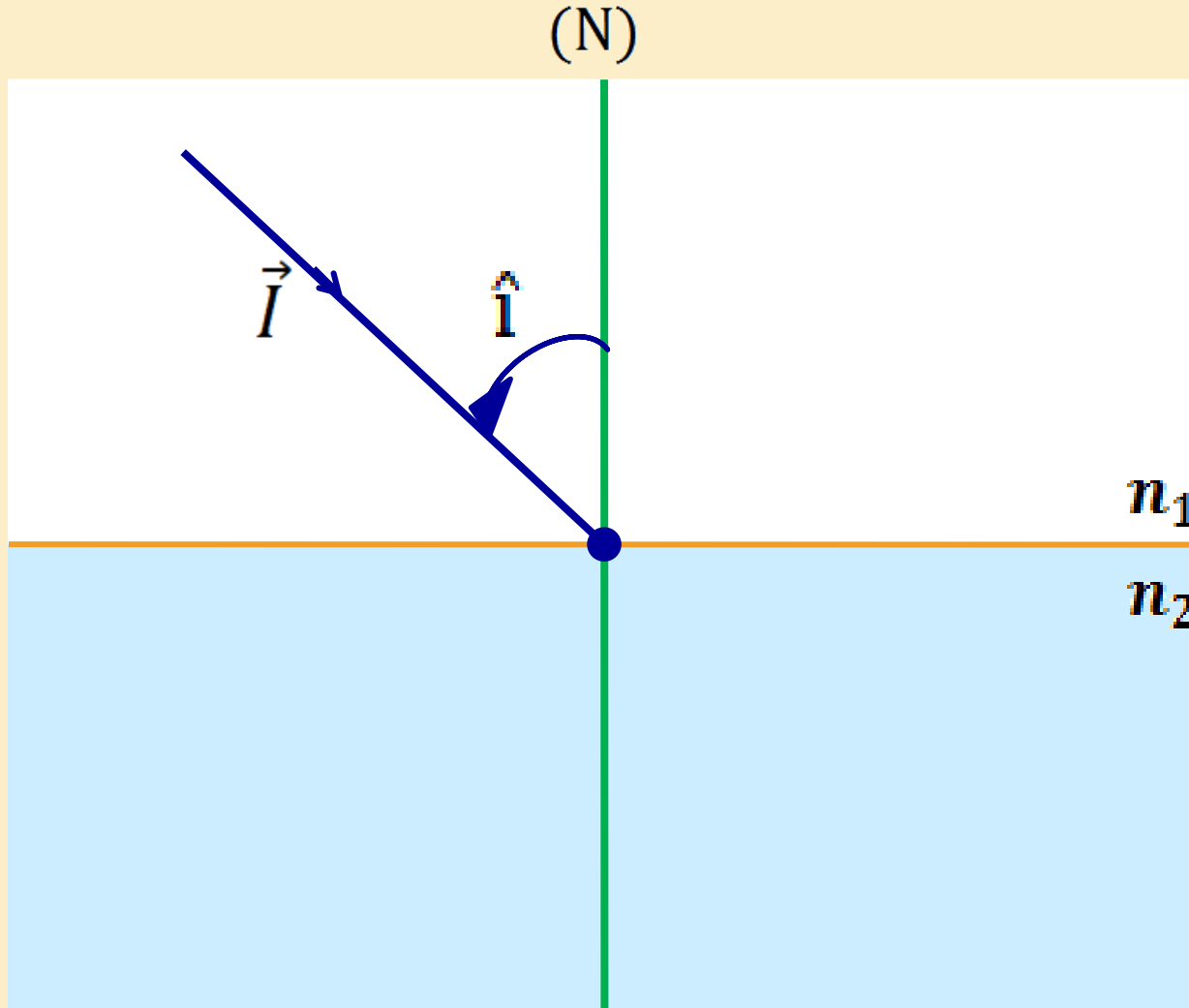


1<sup>er</sup> cas

$$i < i_L$$

Phénomène de Réfraction

$$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$$

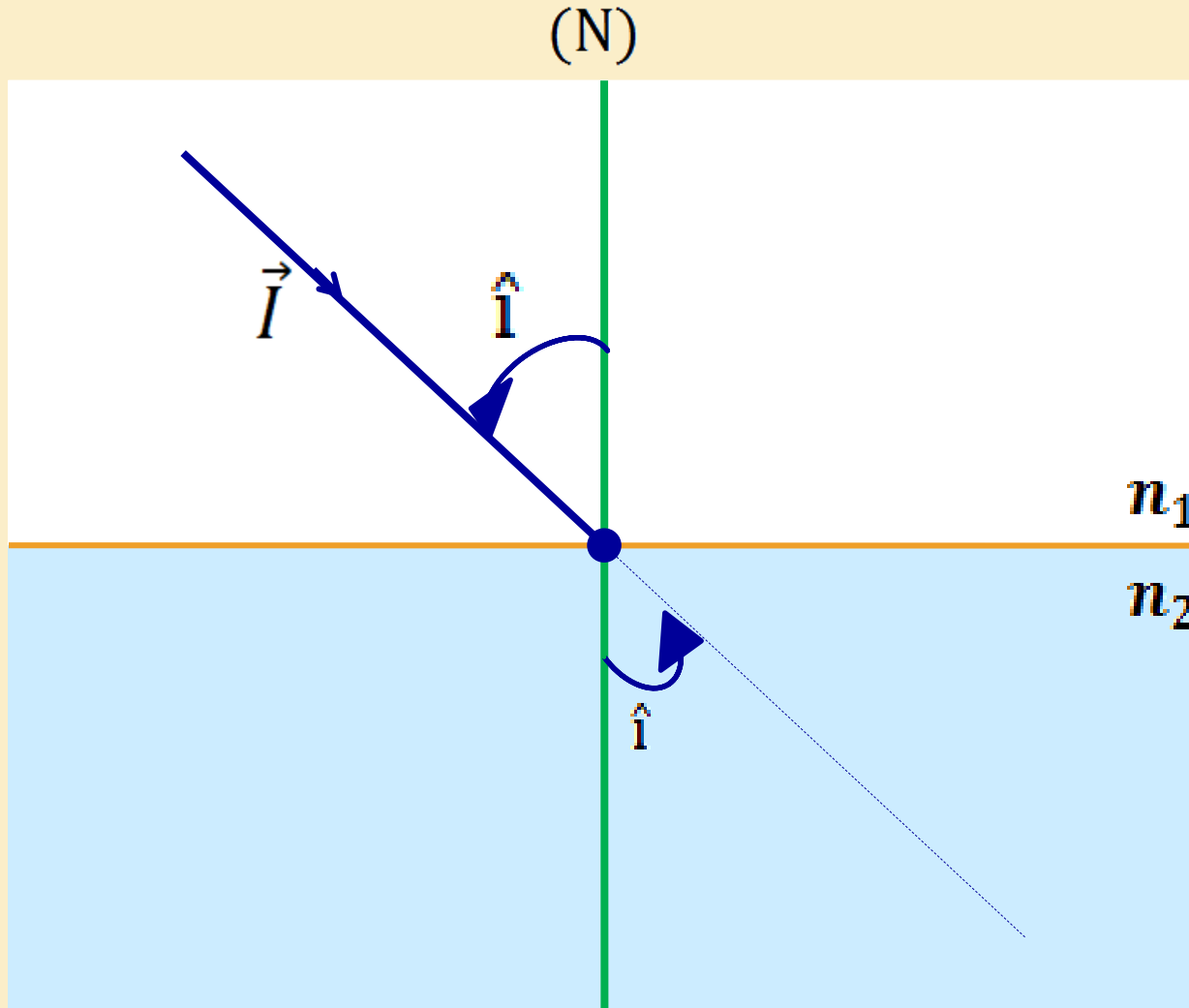


1<sup>er</sup> cas

$$i < i_L$$

Phénomène de Réfraction

$$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$$



1<sup>er</sup> cas

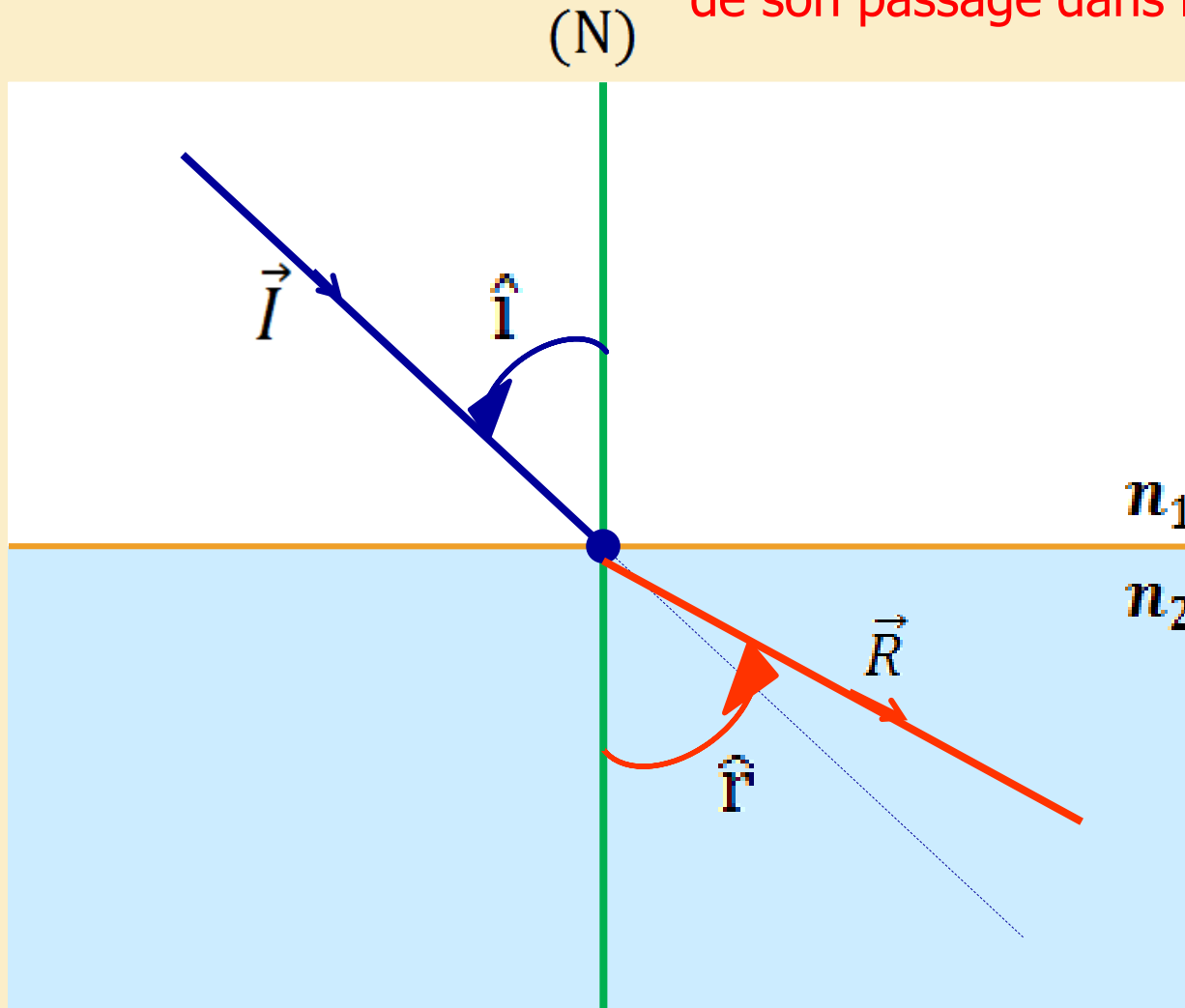
$$i < i_L$$

**Phénomène de Réfraction**

$$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$$

- Le rayon lumineux est **réfracté** lors de son passage dans le **2<sup>ème</sup> milieu**

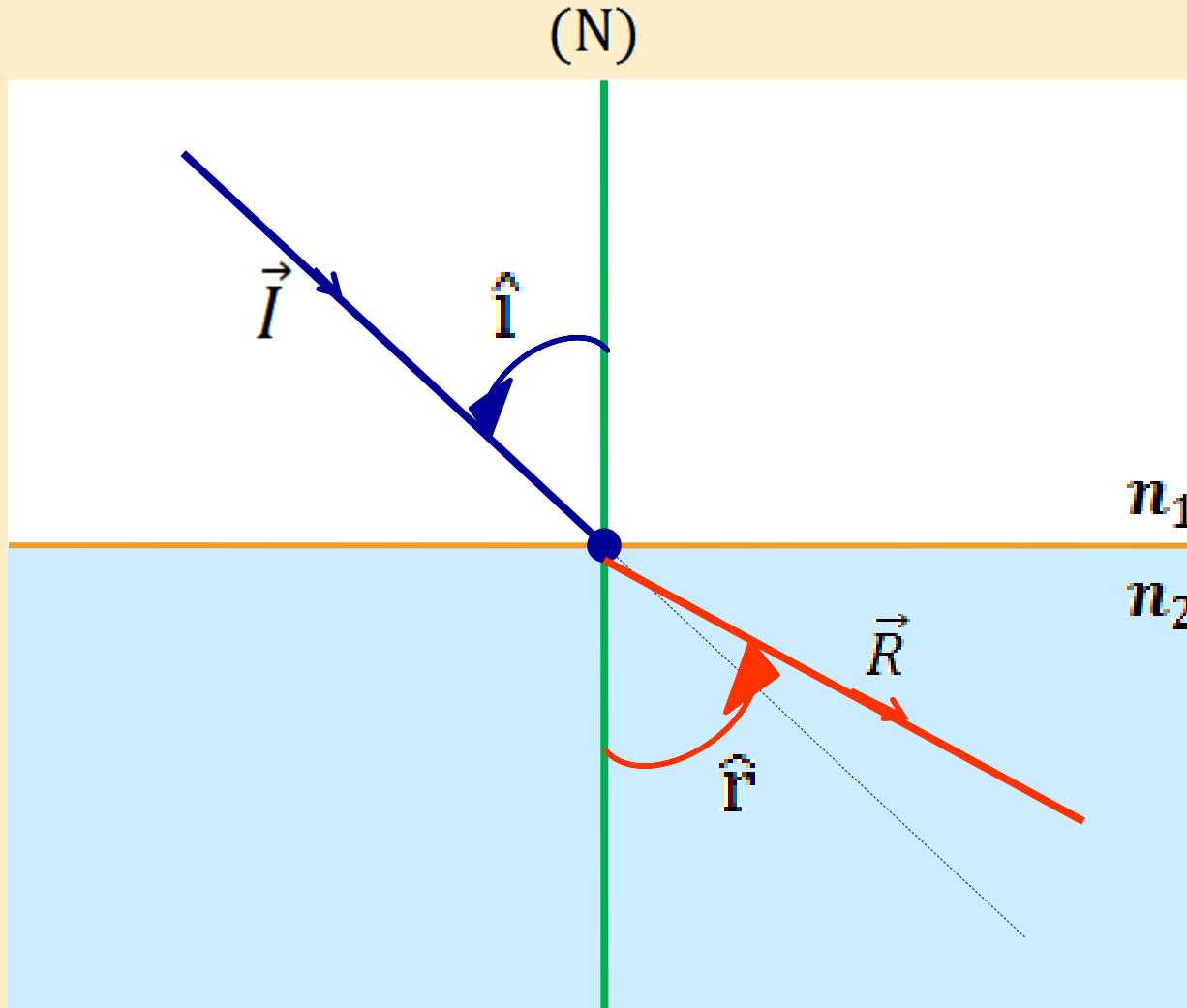
1<sup>er</sup> cas  
 $i < i_L$



Phénomène de Réfraction

$$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$$

$\vec{R}$  s'éloigne de la normale



1<sup>er</sup> cas

$$i < i_L$$

Phénomène de Réfraction

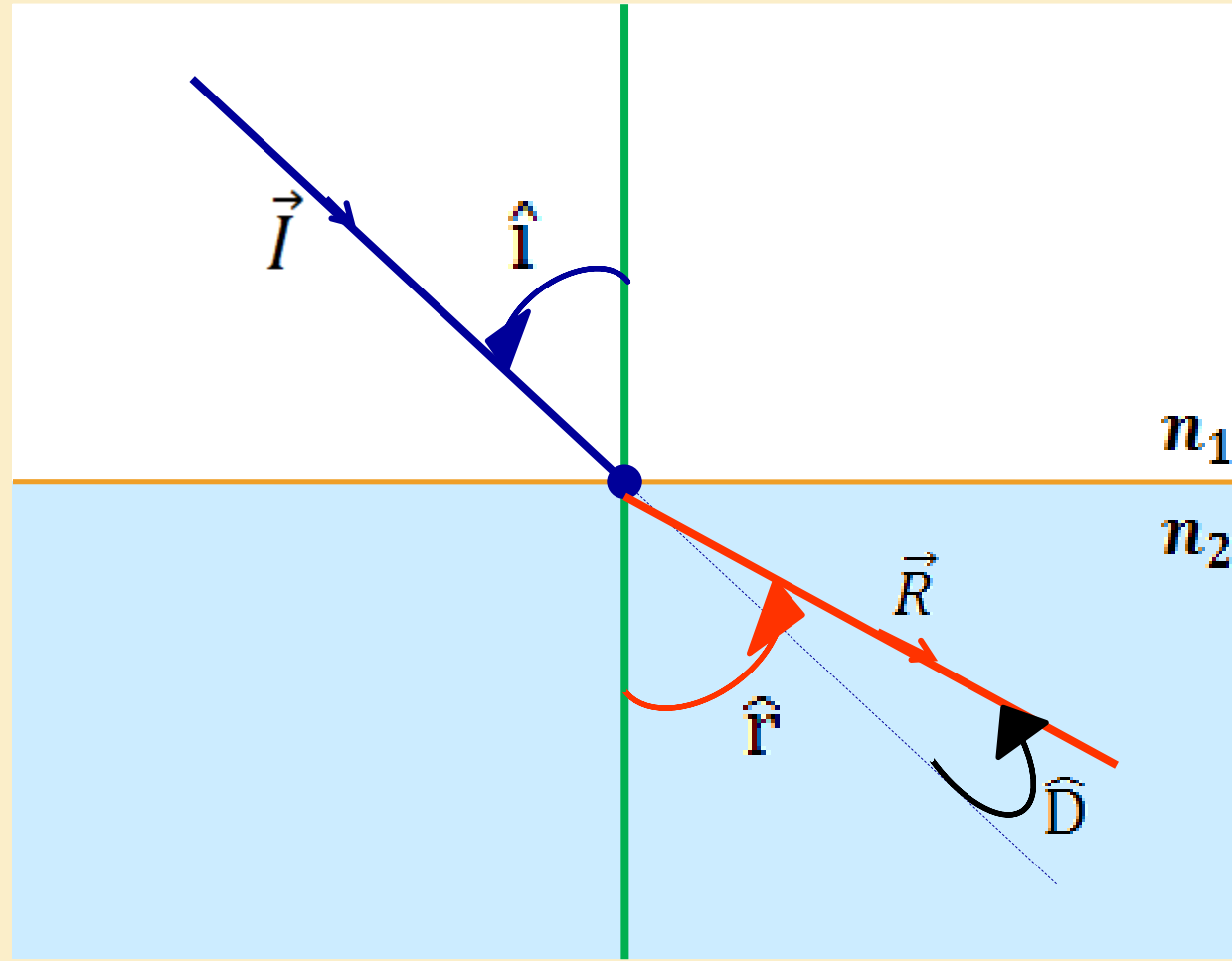
$$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$$

$\widehat{D}$  : Déviation

$$\widehat{D} = \hat{r} - \hat{i}$$

(N)

1<sup>er</sup> cas  
 $i < i_L$

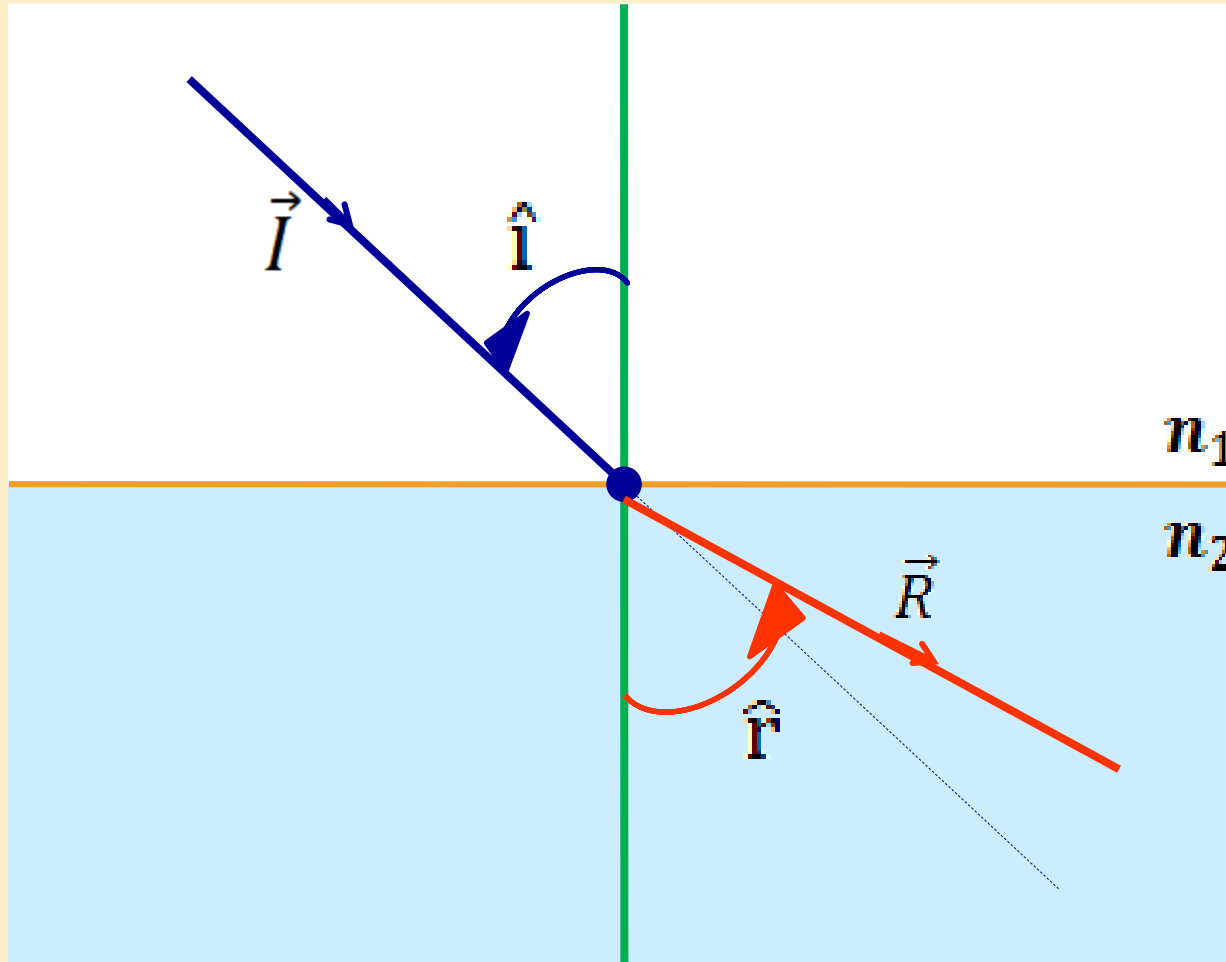


# Phénomène de Réfraction



$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$  (On utilise les deux lois de Réfraction)

(N)



1<sup>er</sup> cas

$$i < i_L$$

Phénomène de Réfraction

$$n_1 > n_2$$

(N)

$\vec{I}$

$\hat{i}$

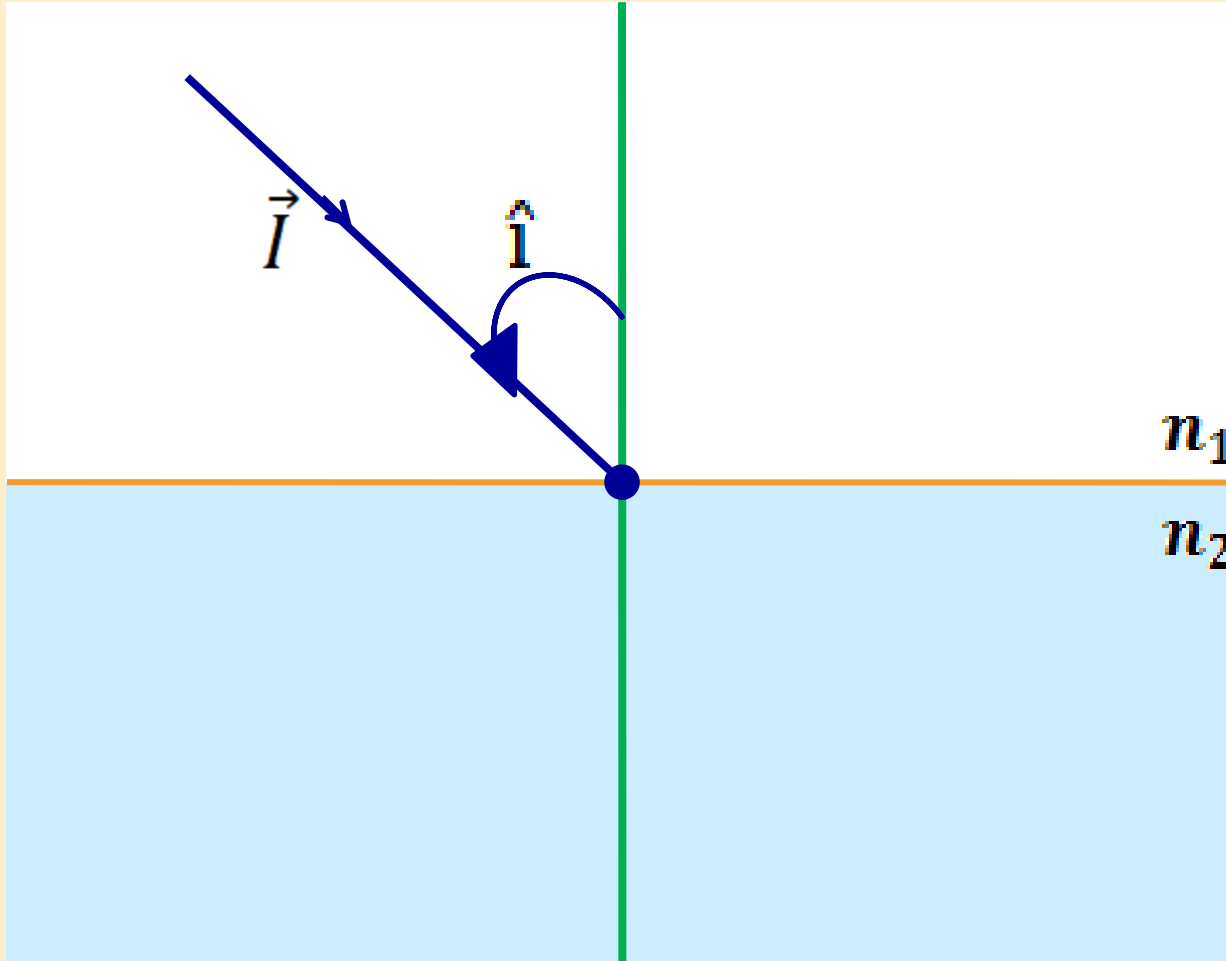
2ème cas

$$i > i_L$$

$n_1$

$n_2$

Phénomène de Réflexion totale

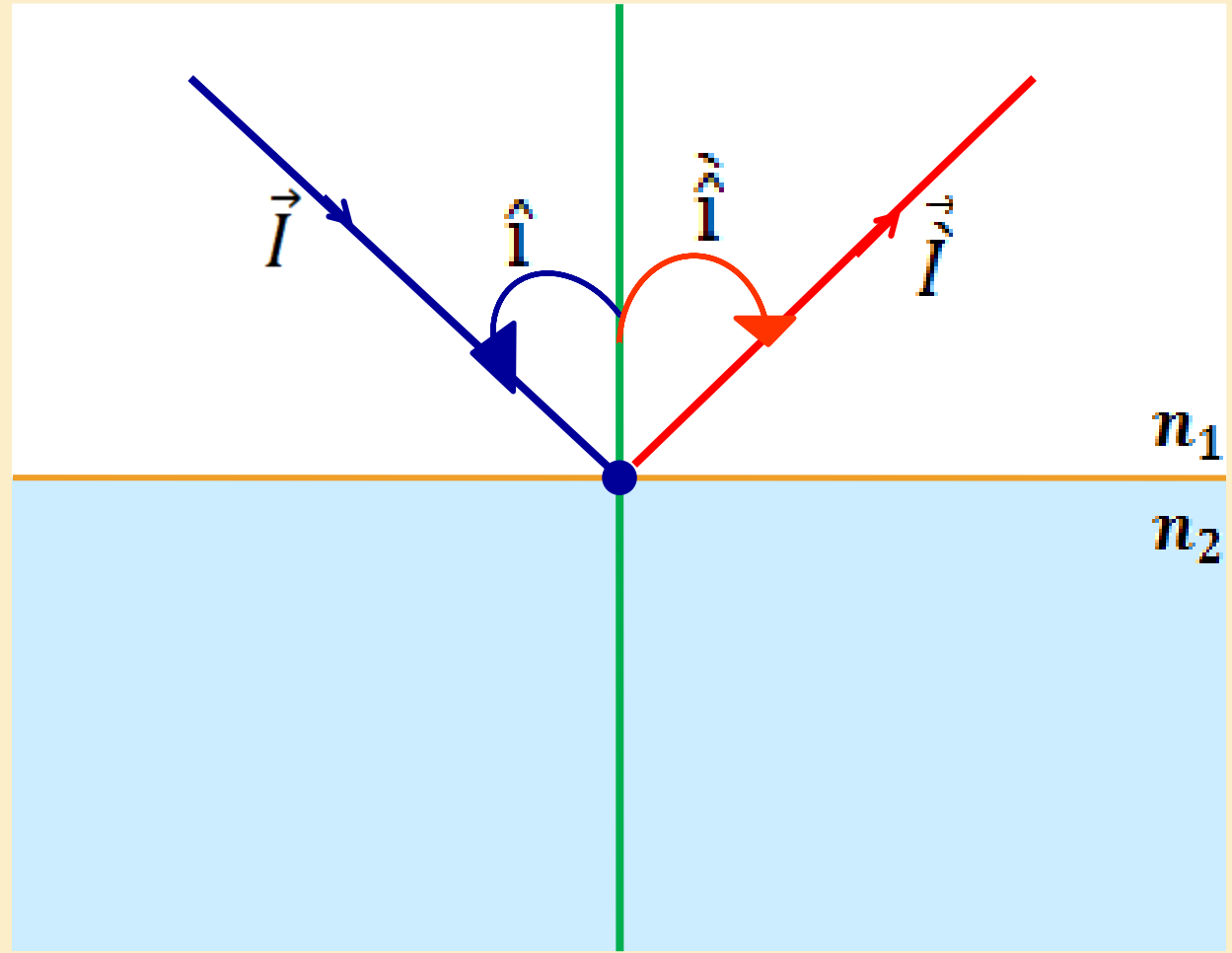


$$n_1 > n_2$$

$\vec{I}$  : Rayon réfléchi  
 $\hat{i}$  : Angle de réflexion

(N)

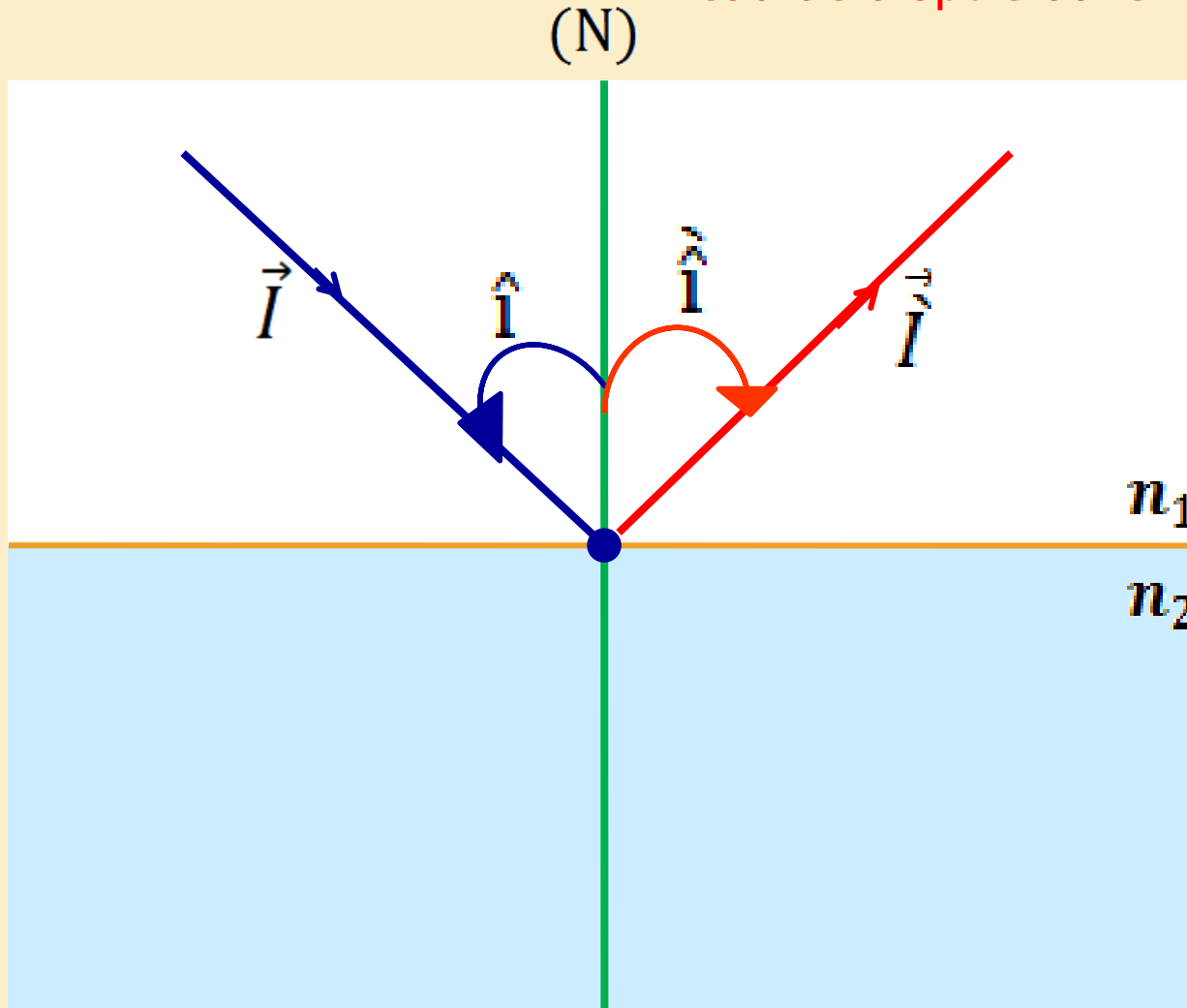
2ème cas  
 $i > i_L$



## Phénomène de Réflexion totale

$$n_1 > n_2$$

- Le rayon lumineux est **réfléchi** au niveau de dioptre dans le **1<sup>er</sup> milieu**



2<sup>ème</sup> cas

$$i > i_L$$

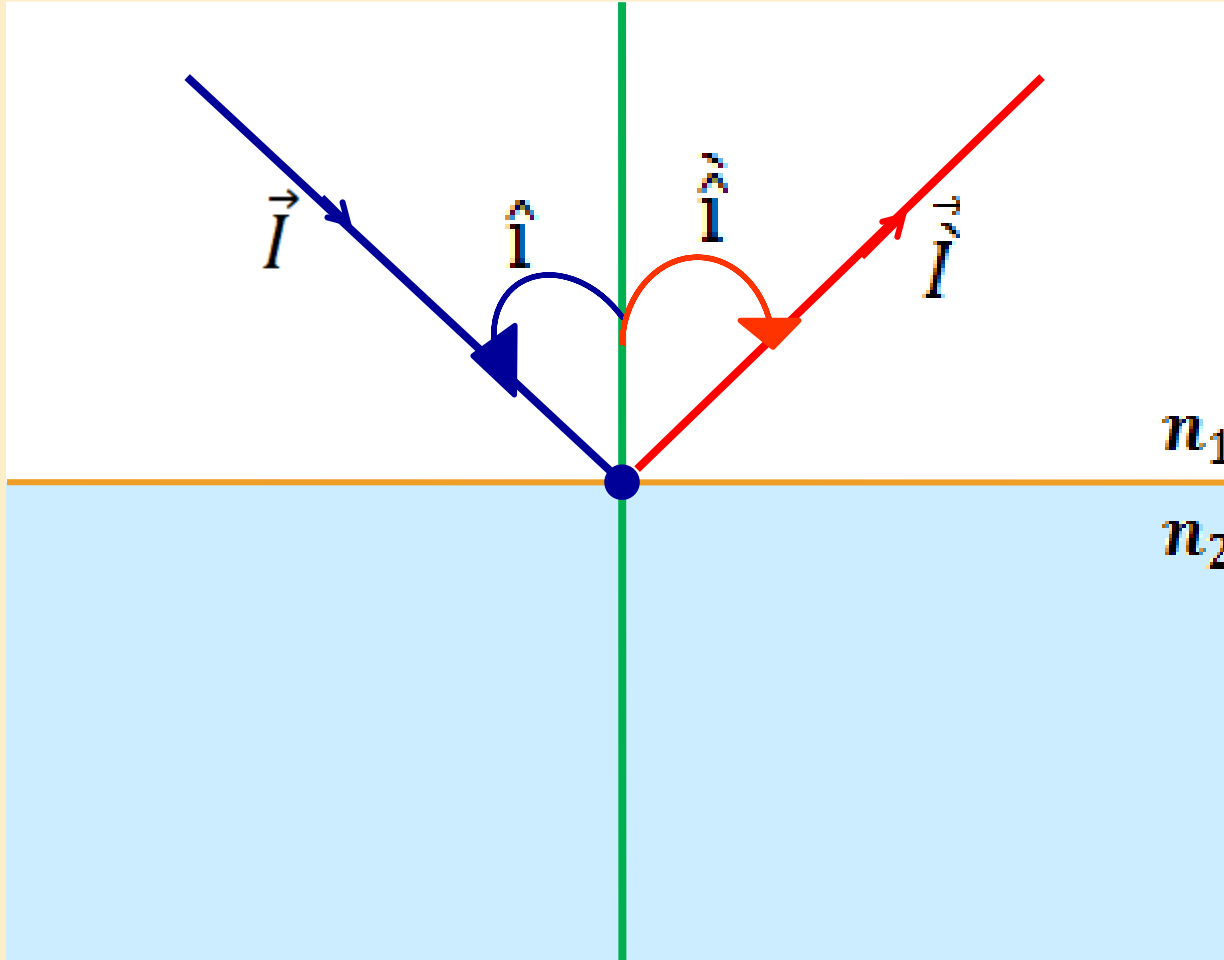
**Phénomène de Réflexion totale**

$$n_1 > n_2$$

$\widehat{D}$  : Déviation

$$\widehat{D} = \pi - (\hat{i} + \hat{r}) = \pi - 2\hat{i}$$

(N)



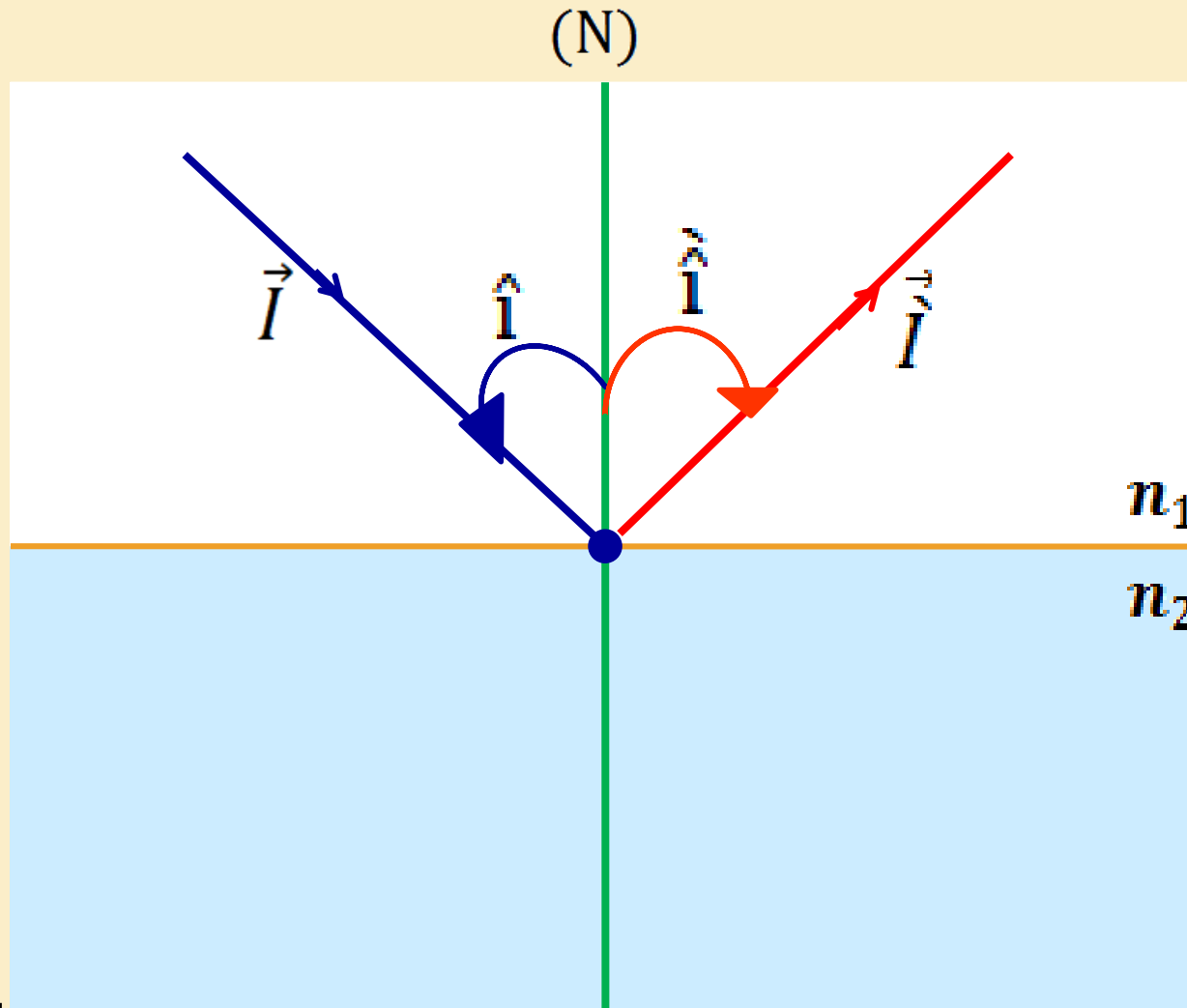
2ème cas

$$i > i_L$$

**Phénomène de Réflexion totale**

$$n_1 > n_2$$

## Lois de Réflexion totale



2<sup>ème</sup> cas

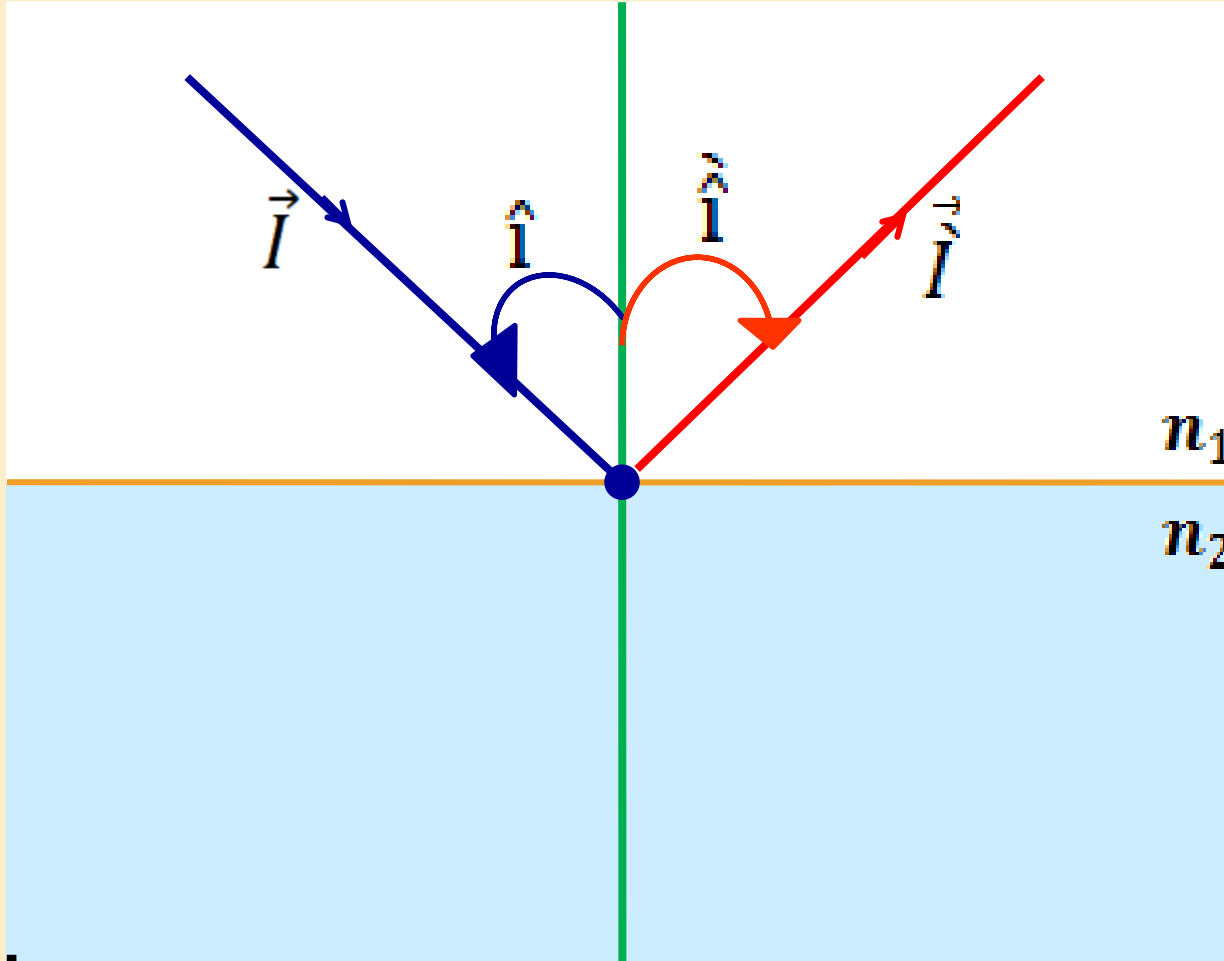
$$i > i_L$$

- La 1<sup>ère</sup> loi :  
Le rayon  $\vec{I}$ , le rayon  $\vec{I}$  et (N) sont dans un **même plan** dit le **plan d'incidence**.

$$n_1 > n_2$$

# Lois de Réflexion totale

(N)



2ème cas

$$i > i_L$$

$n_1$

$n_2$

La 3ème loi :

$$|\hat{i}| = |\hat{r}|$$

$$n_1 > n_2$$

(N)

$\vec{I}$

$\hat{i}$

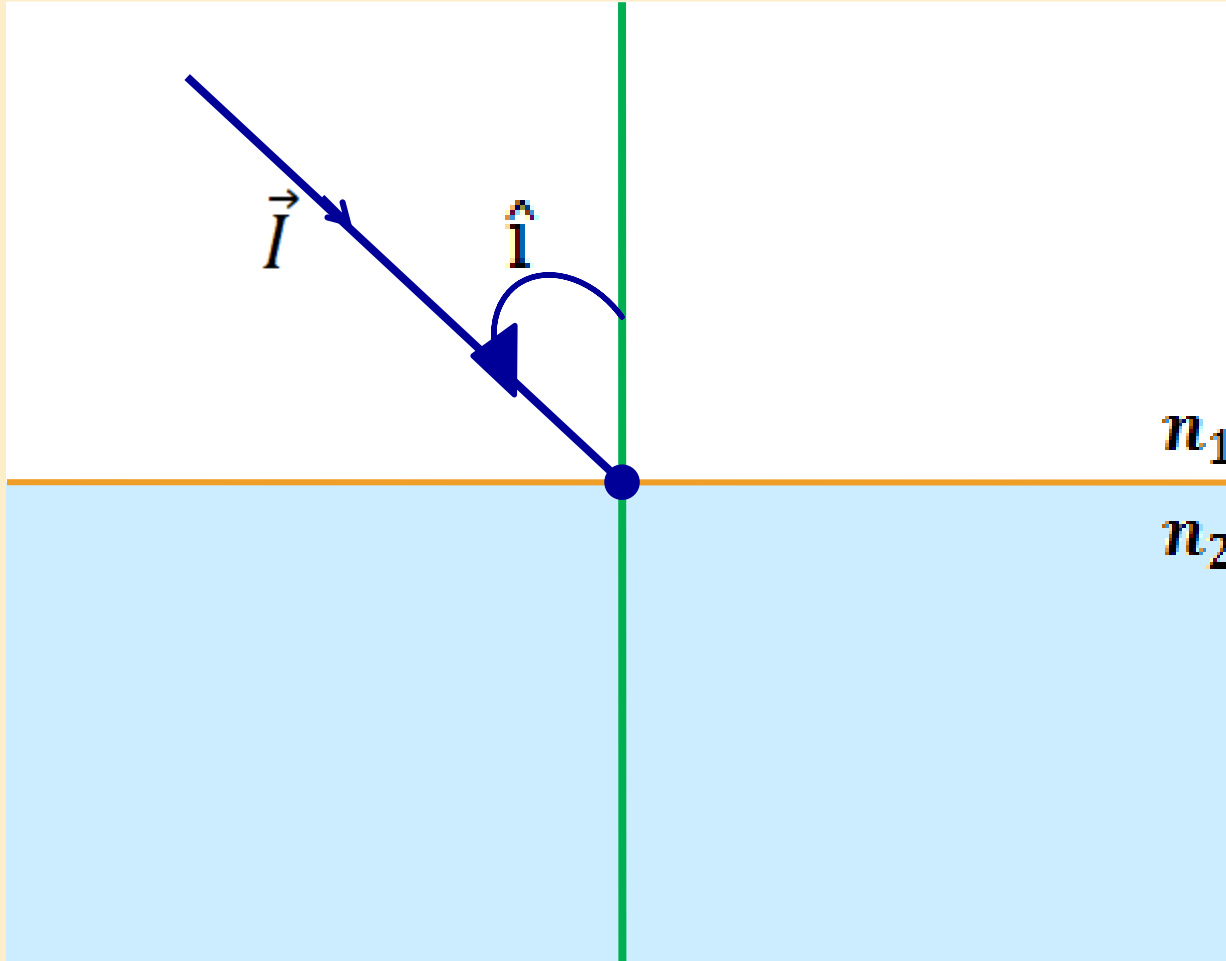
3<sup>ème</sup> cas

$$i = i_L$$

$n_1$

$n_2$

→  $\hat{i} = \frac{\pi}{2}$  Emergence rasante





# Remarque

## ✓ Phénomène de réfraction:

- La loi de Snell Descarte :

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

Si :  $i \ll \ll \ll \ll$  et  $r \ll \ll \ll \ll$  Ayant une valeur très petite

On obtient  $n_1 i = n_2 r$  **Loi de Kepler**

# Remarque

## ✓ Phénomène de réfraction:

- La loi de Snell Descarte :

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

Si :  $i \ll \ll \ll \ll$  et  $r \ll \ll \ll \ll$

On obtient  $n_1 i = n_2 r$  **Loi de Kepler**

- $n_1 < n_2$

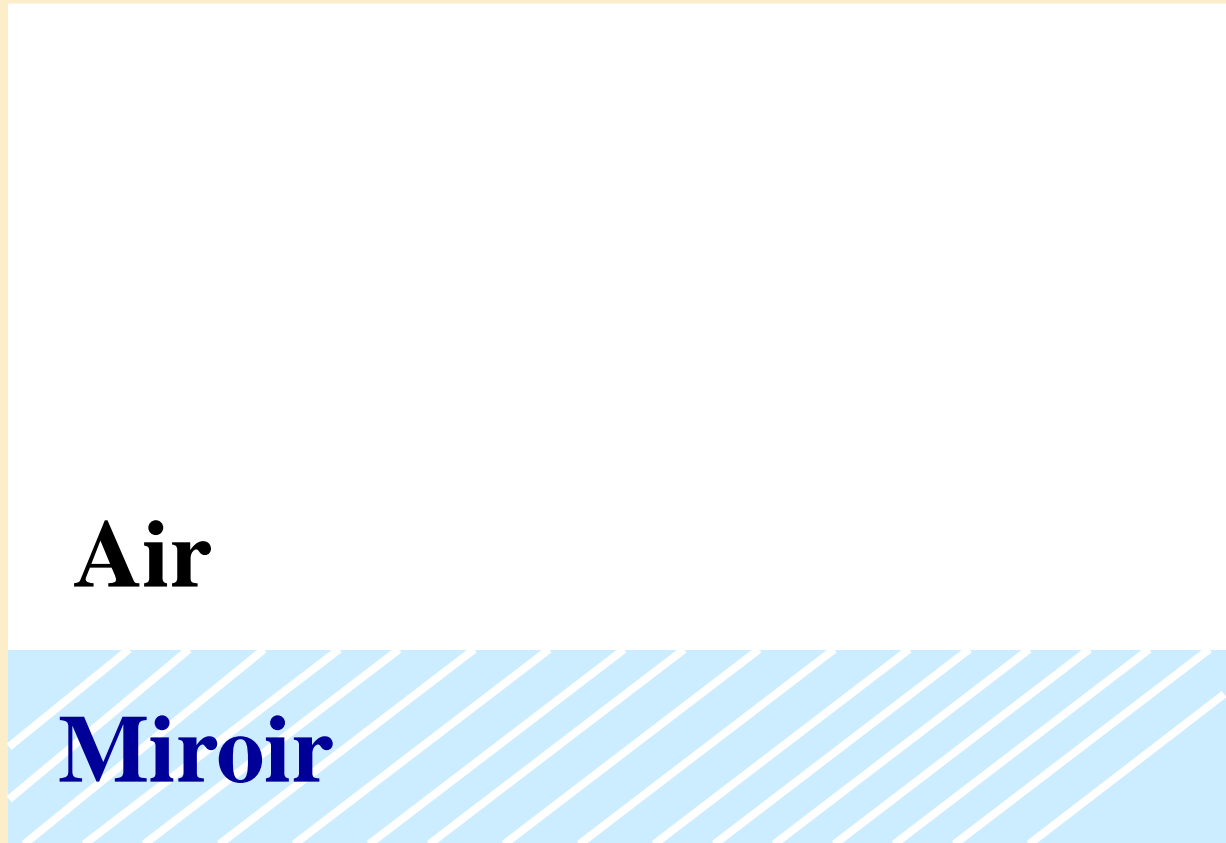
Pour une incidence rasante :  $\hat{i}_{\max} = \frac{\pi}{2}$

→  $r_L = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$  **Angle de réfraction limite**

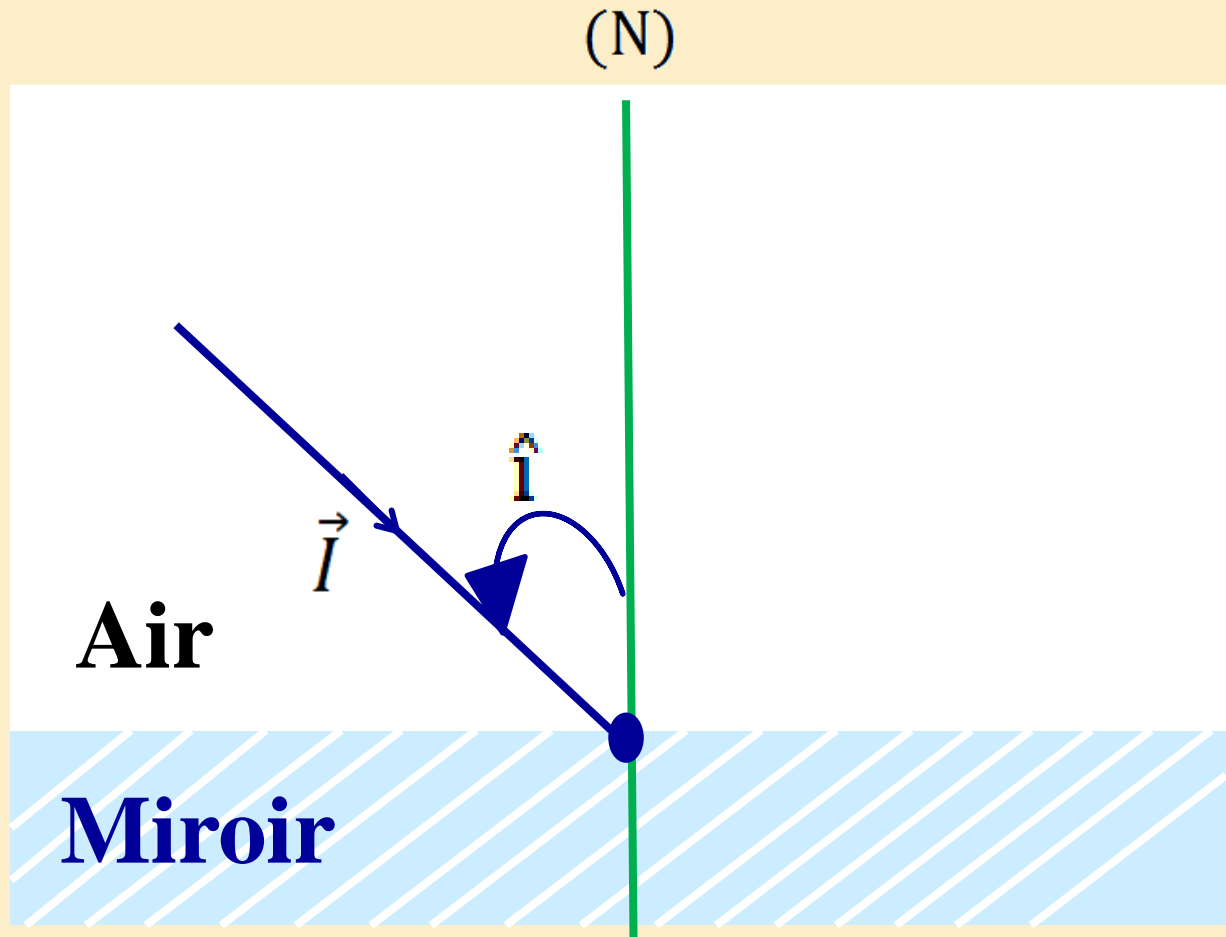
# Miroir



- **Miroir:** C'est une surface qui **réfléchisse** complètement la lumière.



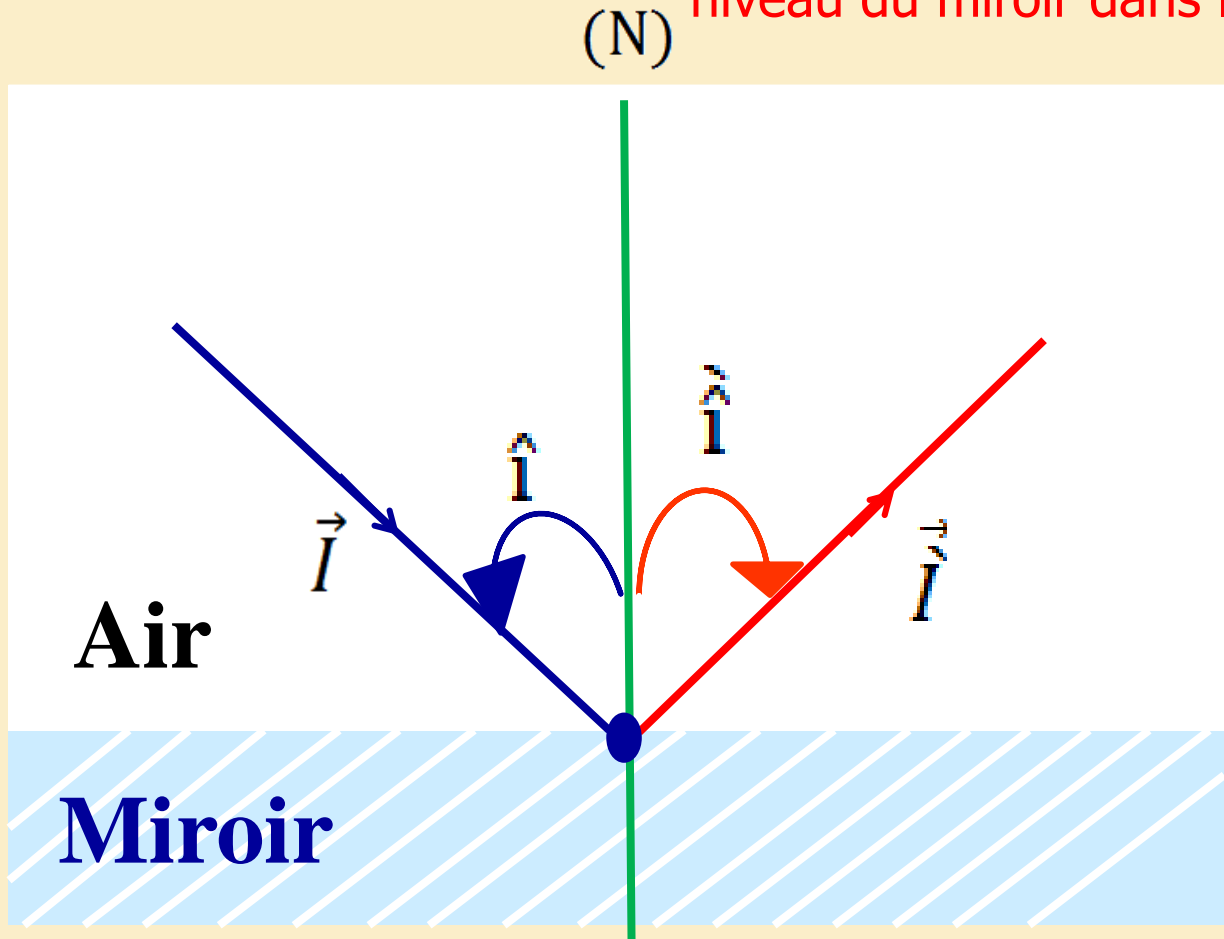
- **Miroir:** C'est une surface qui **réfléchisse** complètement la lumière.



**Phénomène de Réflexion totale**

➤ **Miroir:** C'est une surface qui **réfléchisse** complètement la lumière.

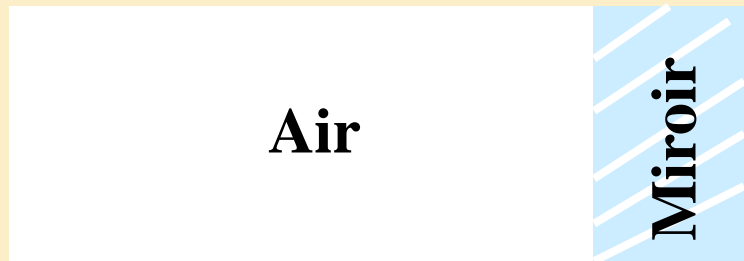
- Le rayon lumineux est **réfléchi** au niveau du miroir dans le **1<sup>er</sup> milieu**



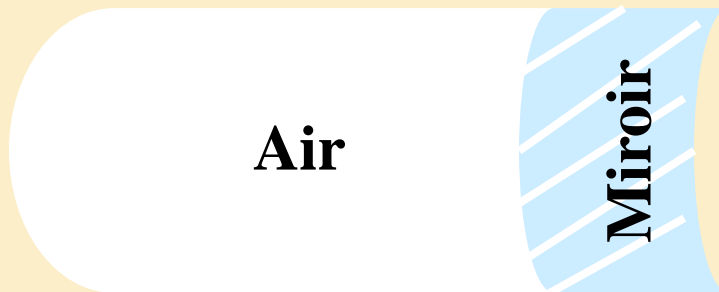
**Phénomène de Réflexion totale**

➤ **Miroir:** C'est une surface qui **réfléchisse** complètement la lumière.

▪ **Miroir plan:** La surface est plane



▪ **Miroir sphérique:** La surface est sphérique



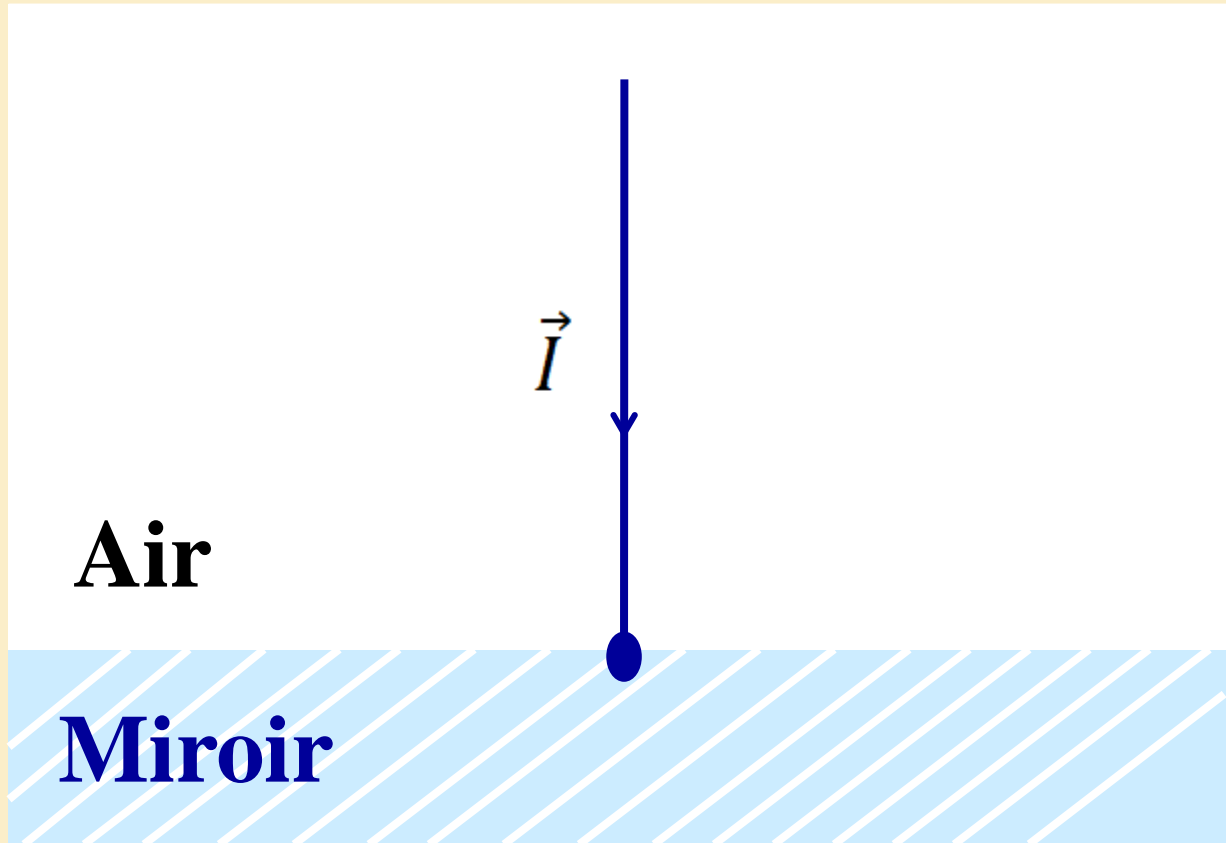
## Remarque

✓ Tout rayon incident **normal** au dioptre **n'est pas dévié.**



## Remarque

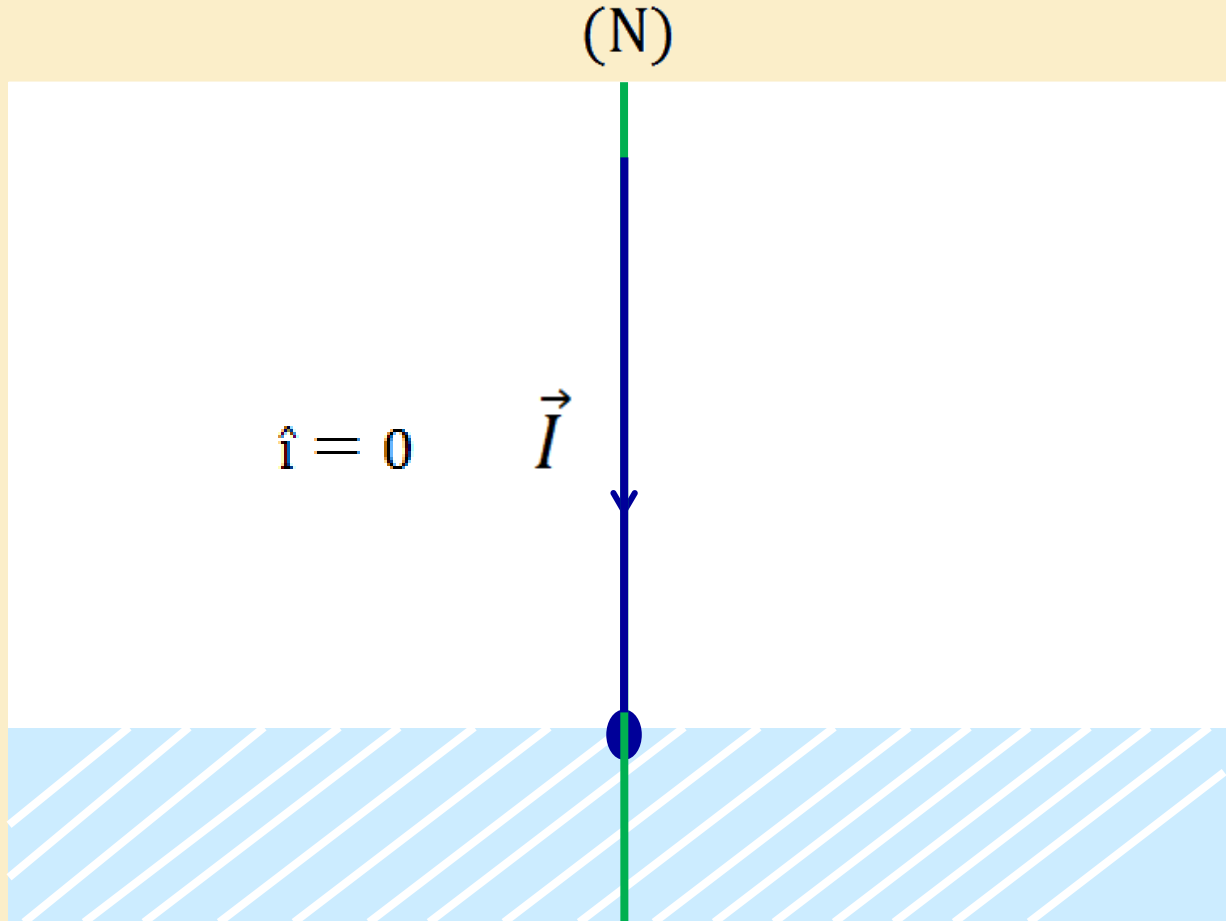
- ✓ Tout rayon incident **normal** au dioptre **n'est pas dévié**.



**Phénomène de Réflexion totale**

## Remarque

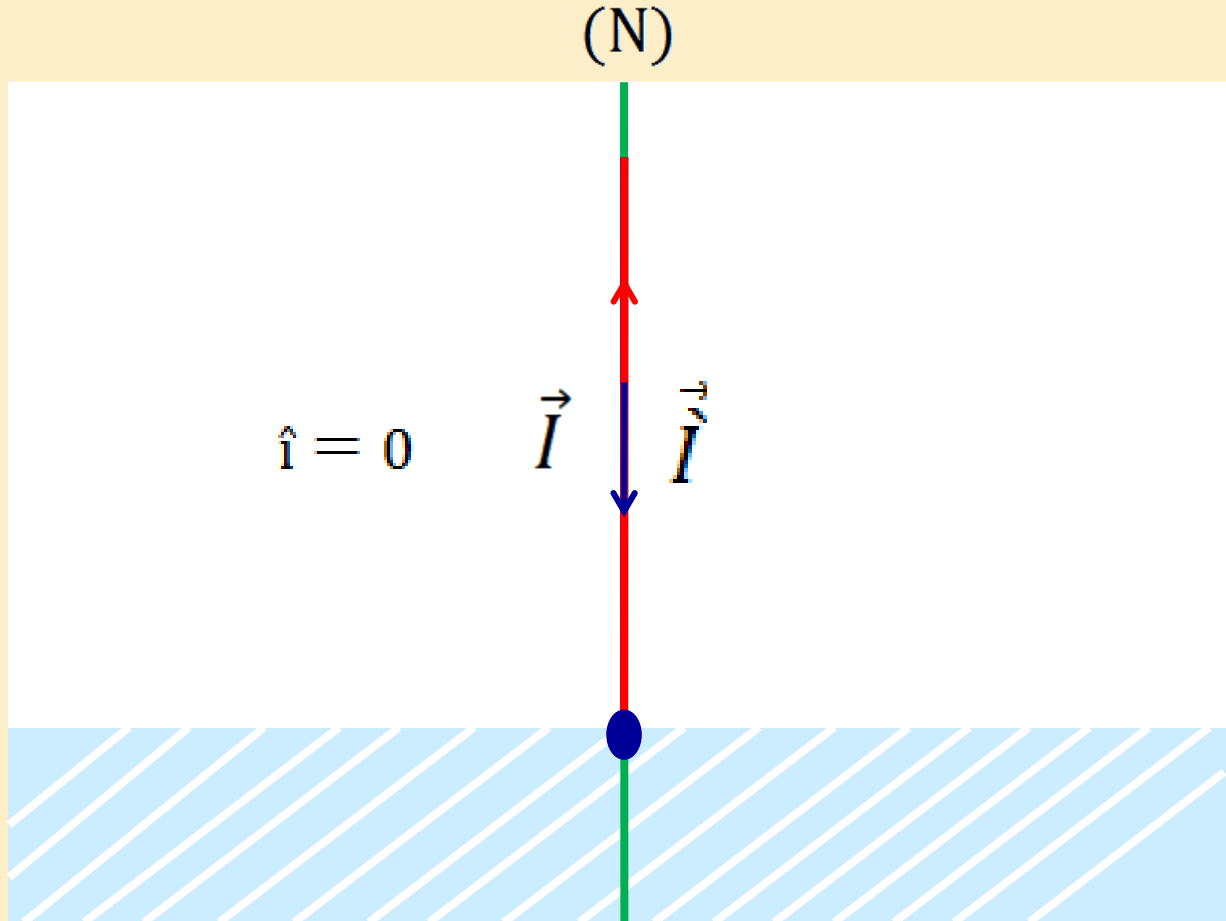
✓ Tout rayon incident **normal** au dioptre **n'est pas dévié**.



**Phénomène de Réflexion totale**

## Remarque

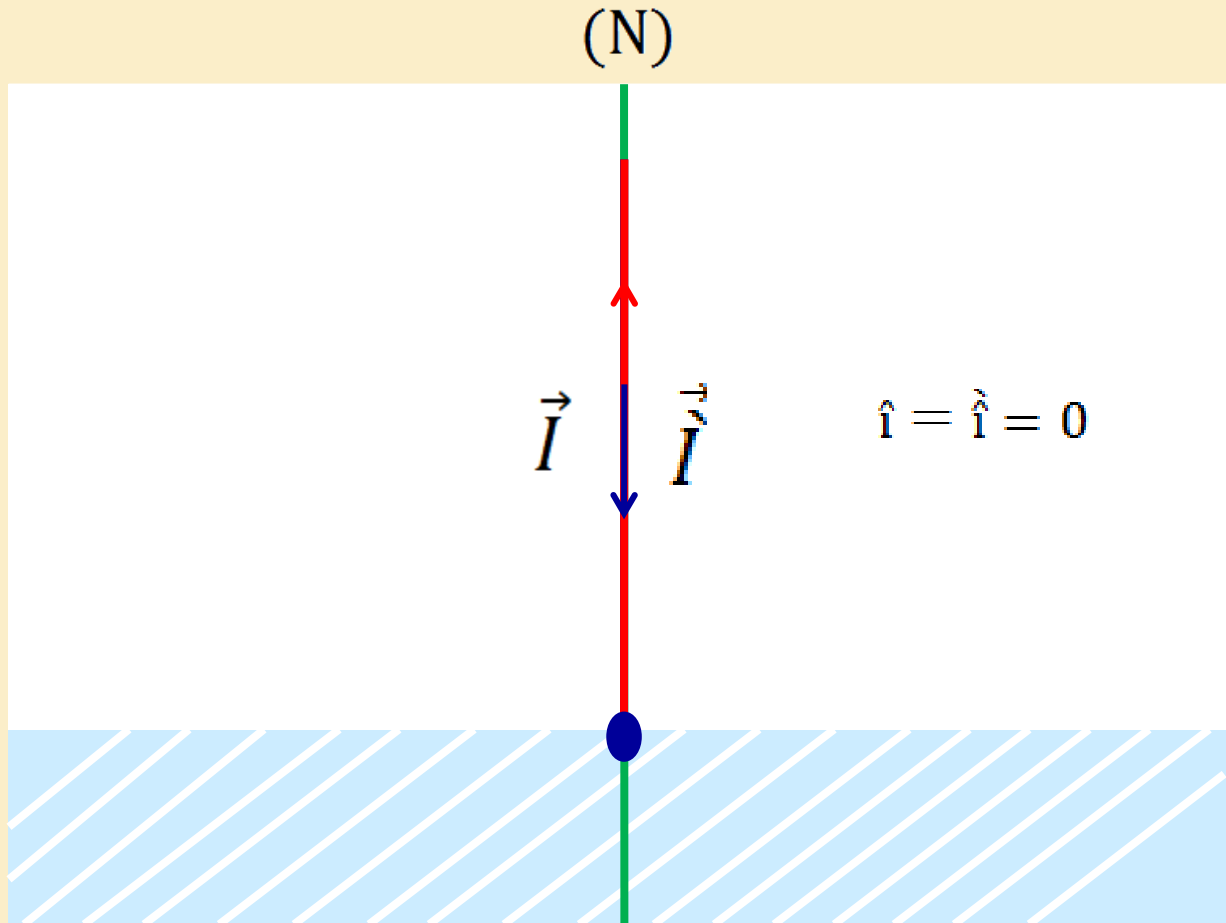
✓ Tout rayon incident **normal** au dioptre **n'est pas dévié**.



**Phénomène de Réflexion totale**

## Remarque

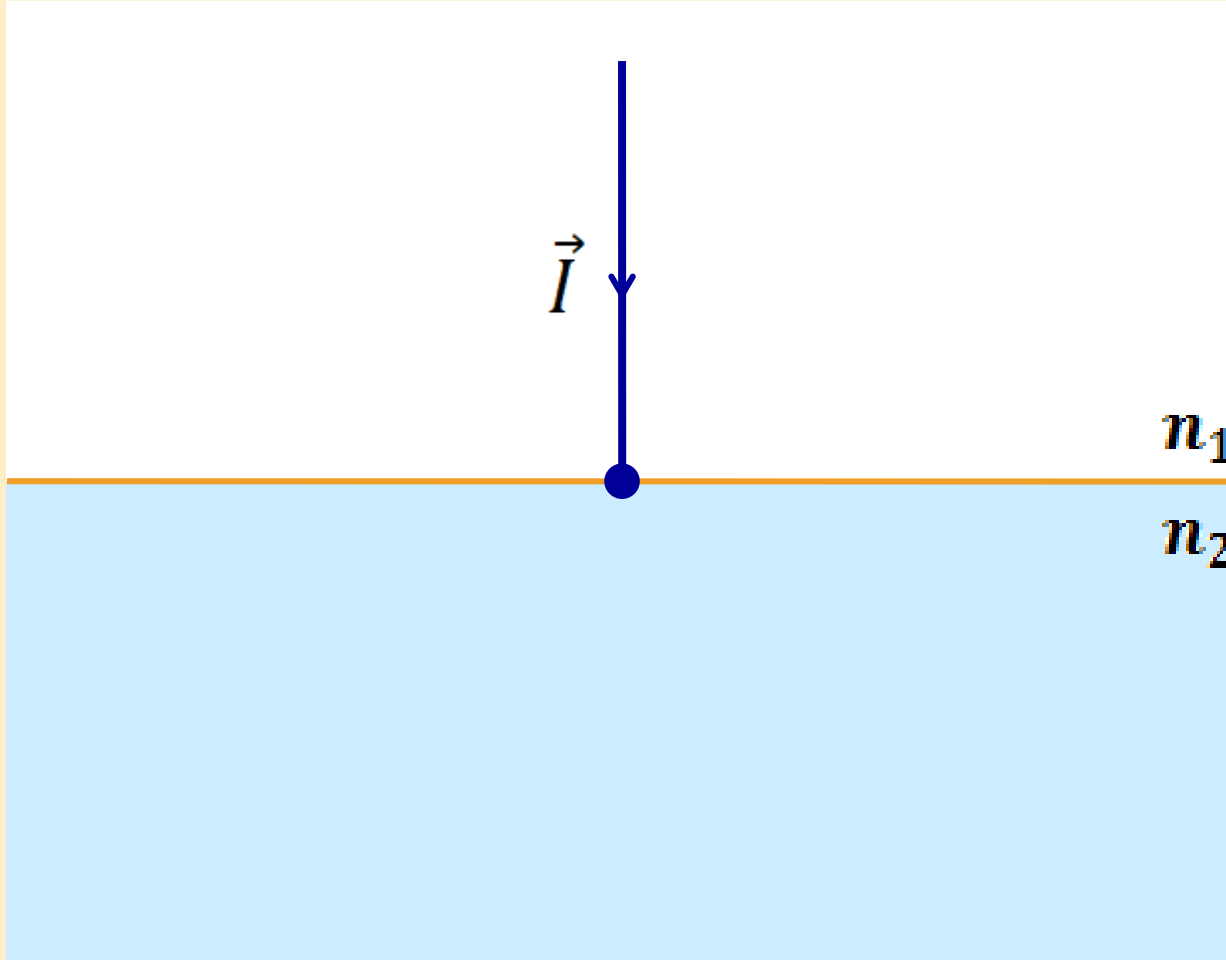
- ✓ Tout rayon incident **normal** au dioptre **n'est pas dévié**.



**Phénomène de Réflexion totale**

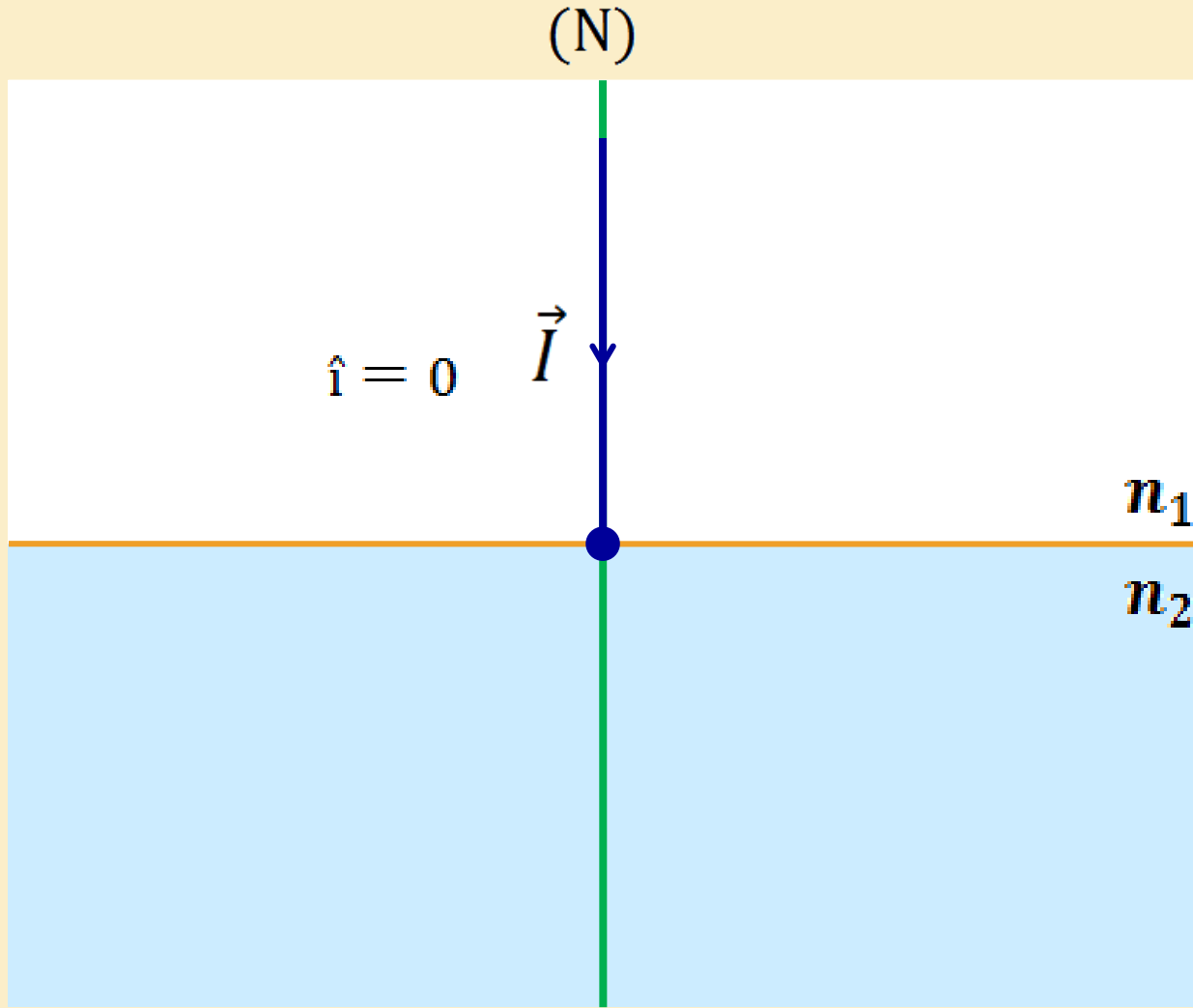
$$n_1 < n_2$$

(N)



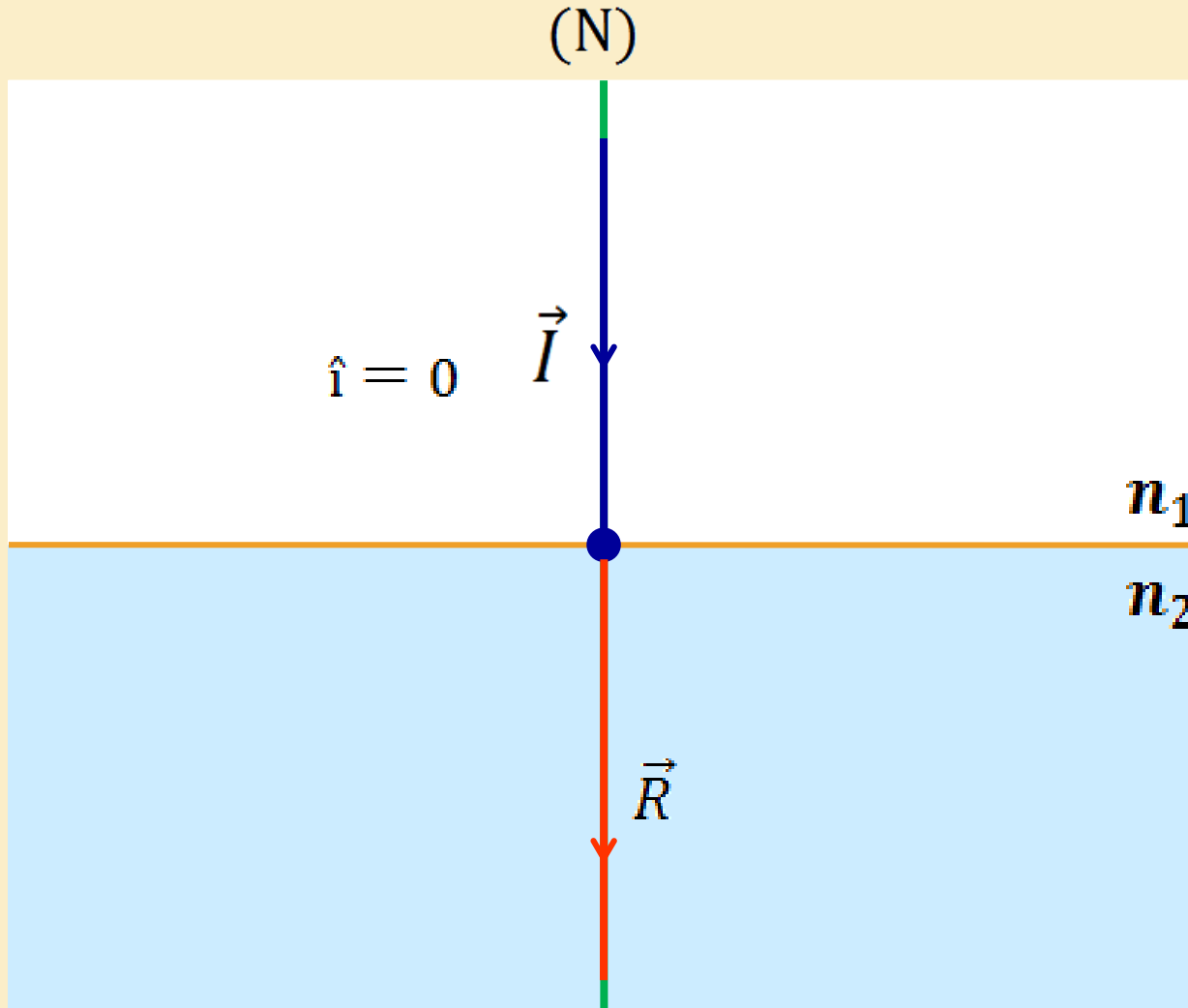
**Phénomène de Réfraction**

$$n_1 < n_2$$



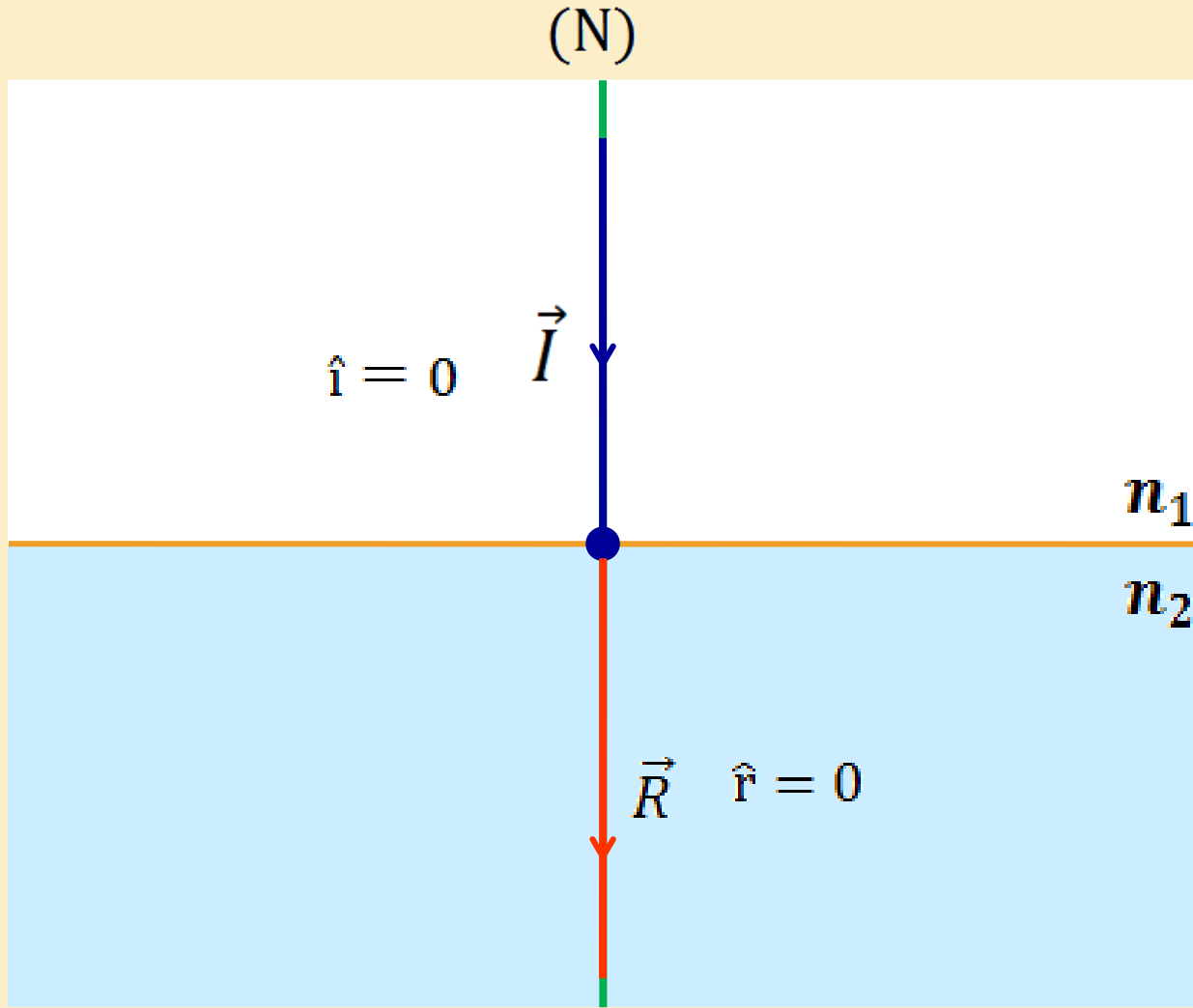
**Phénomène de Réfraction**

$$n_1 < n_2$$



**Phénomène de Réfraction**

$$n_1 < n_2$$



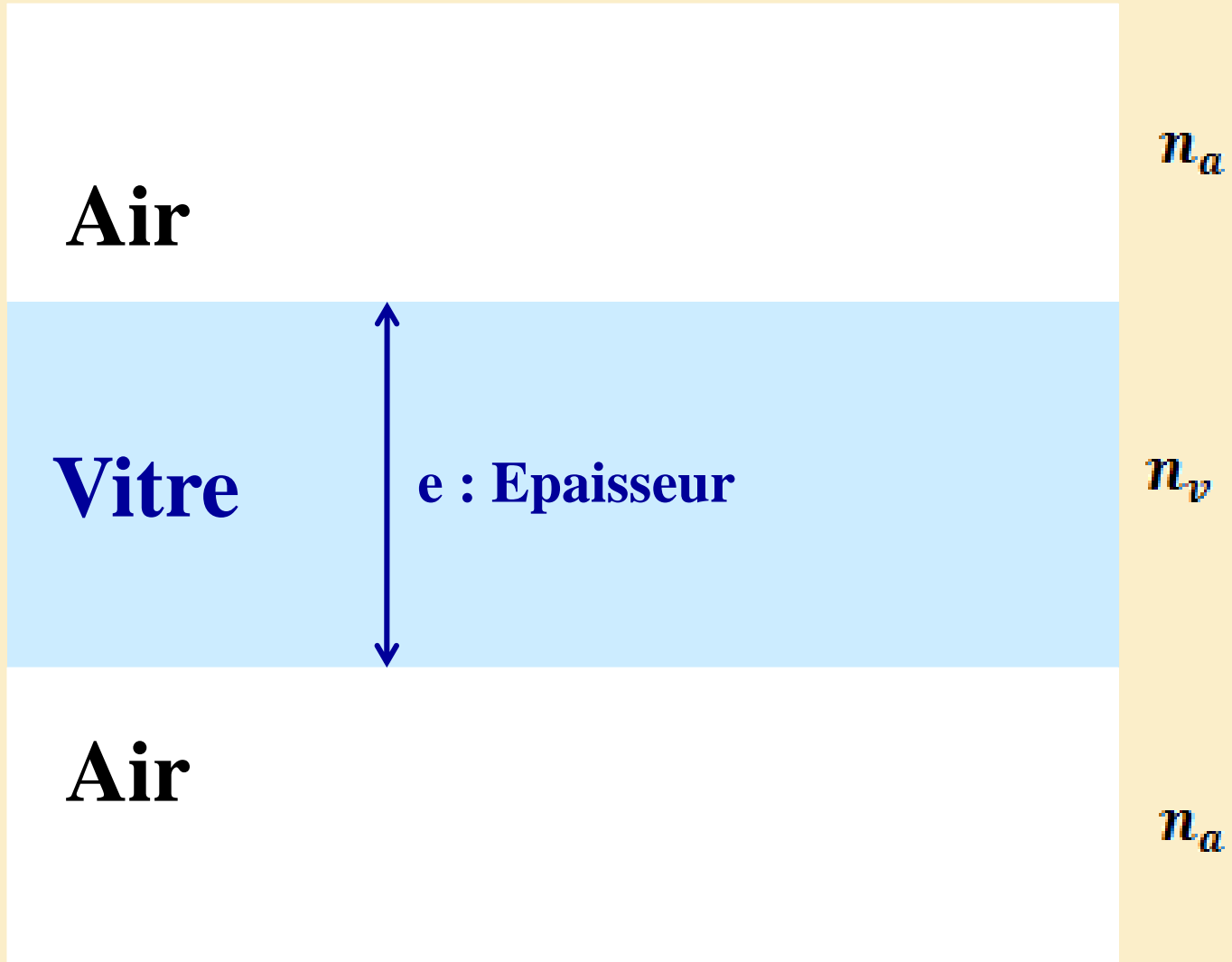
**Phénomène de Réfraction**



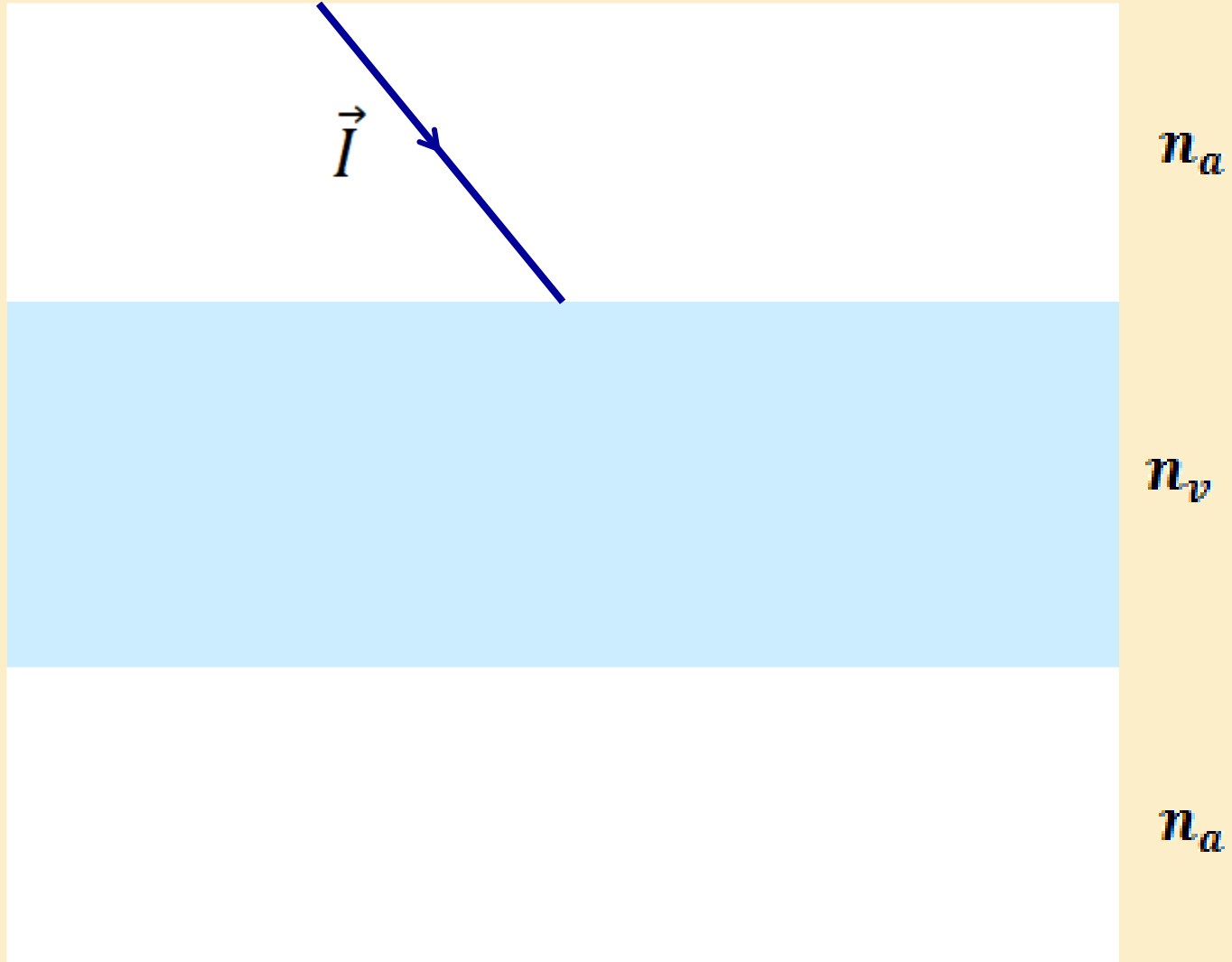
# Lame à faces parallèles

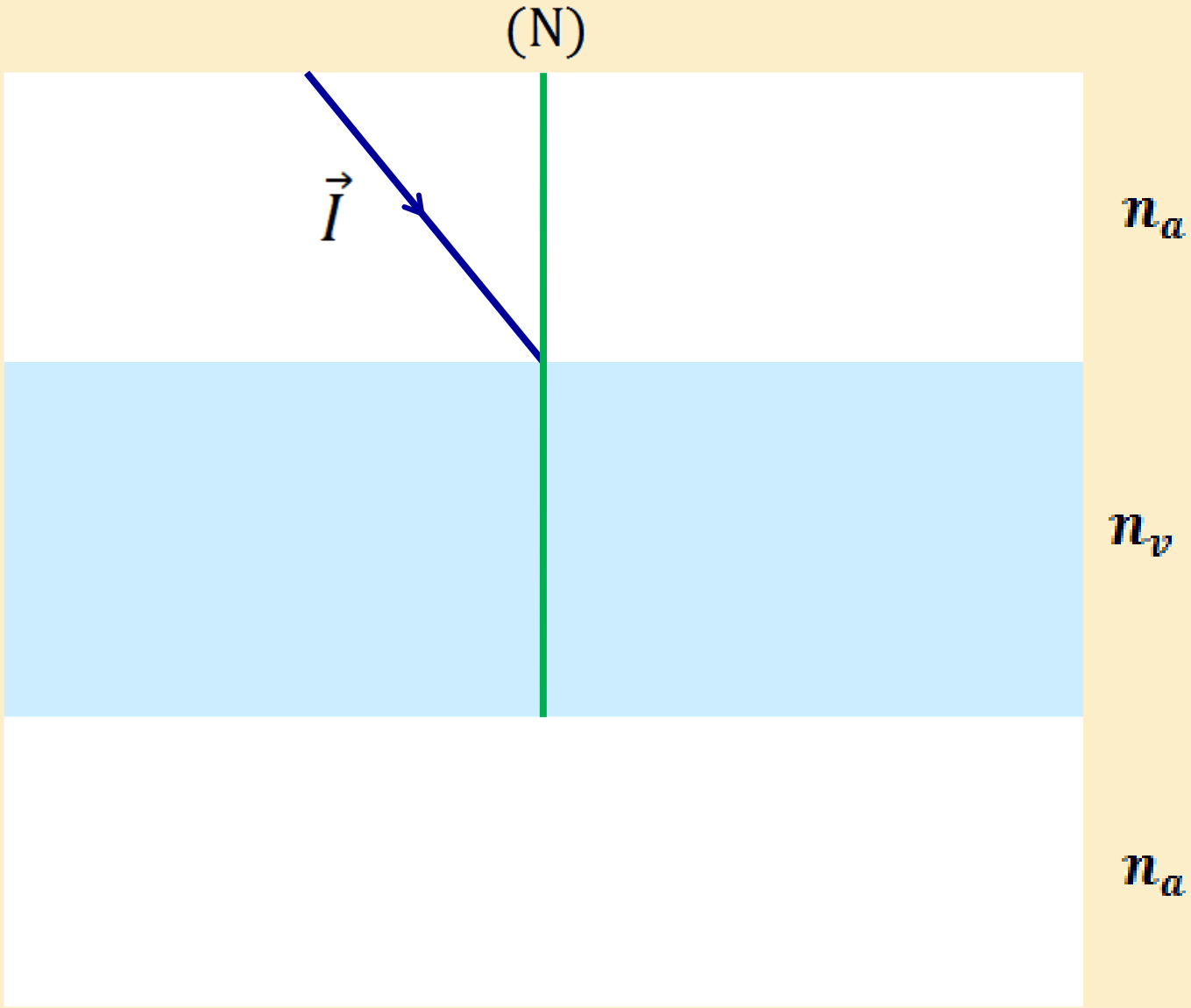


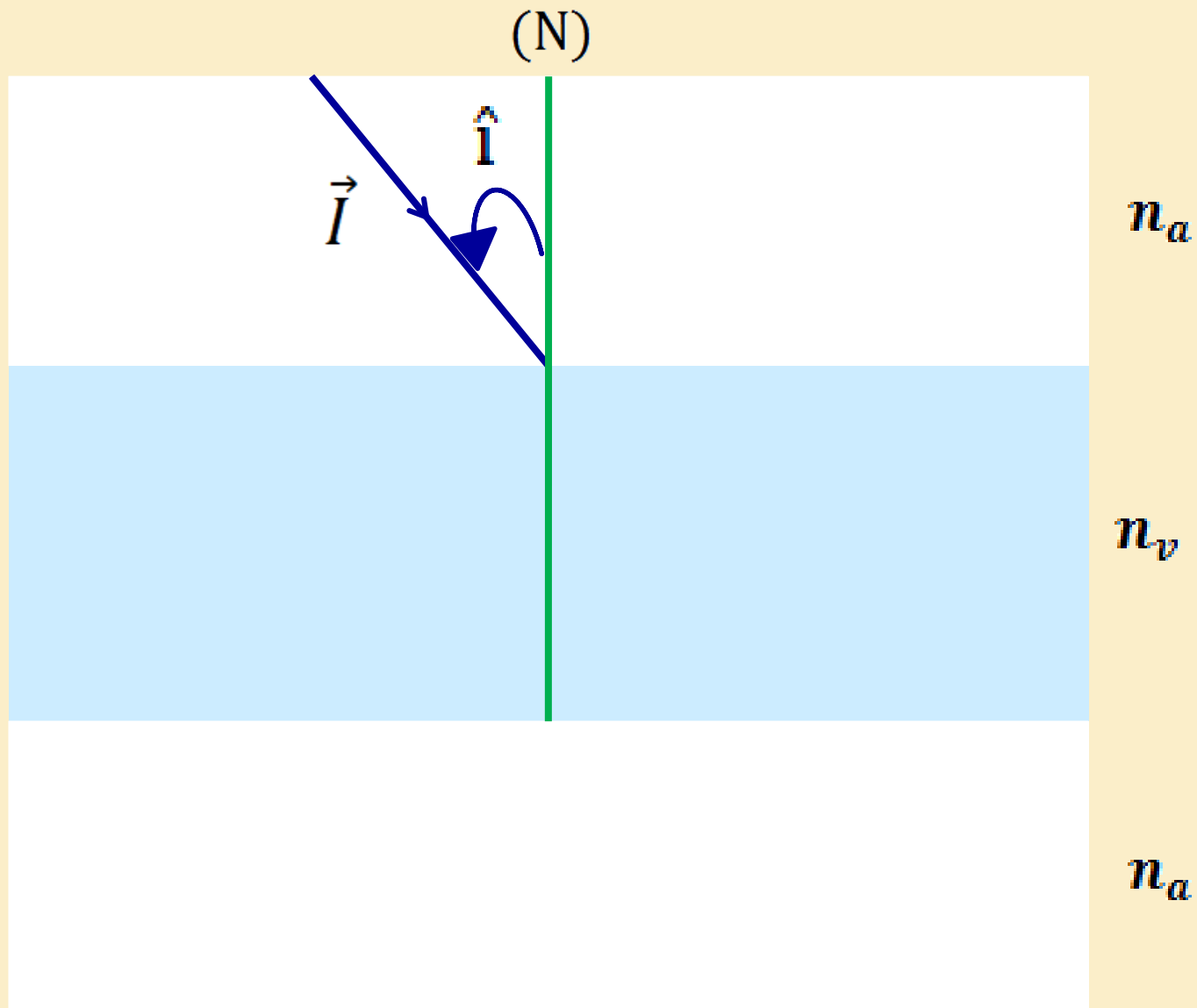
- Association de deux dioptries plans parallèles entre eux

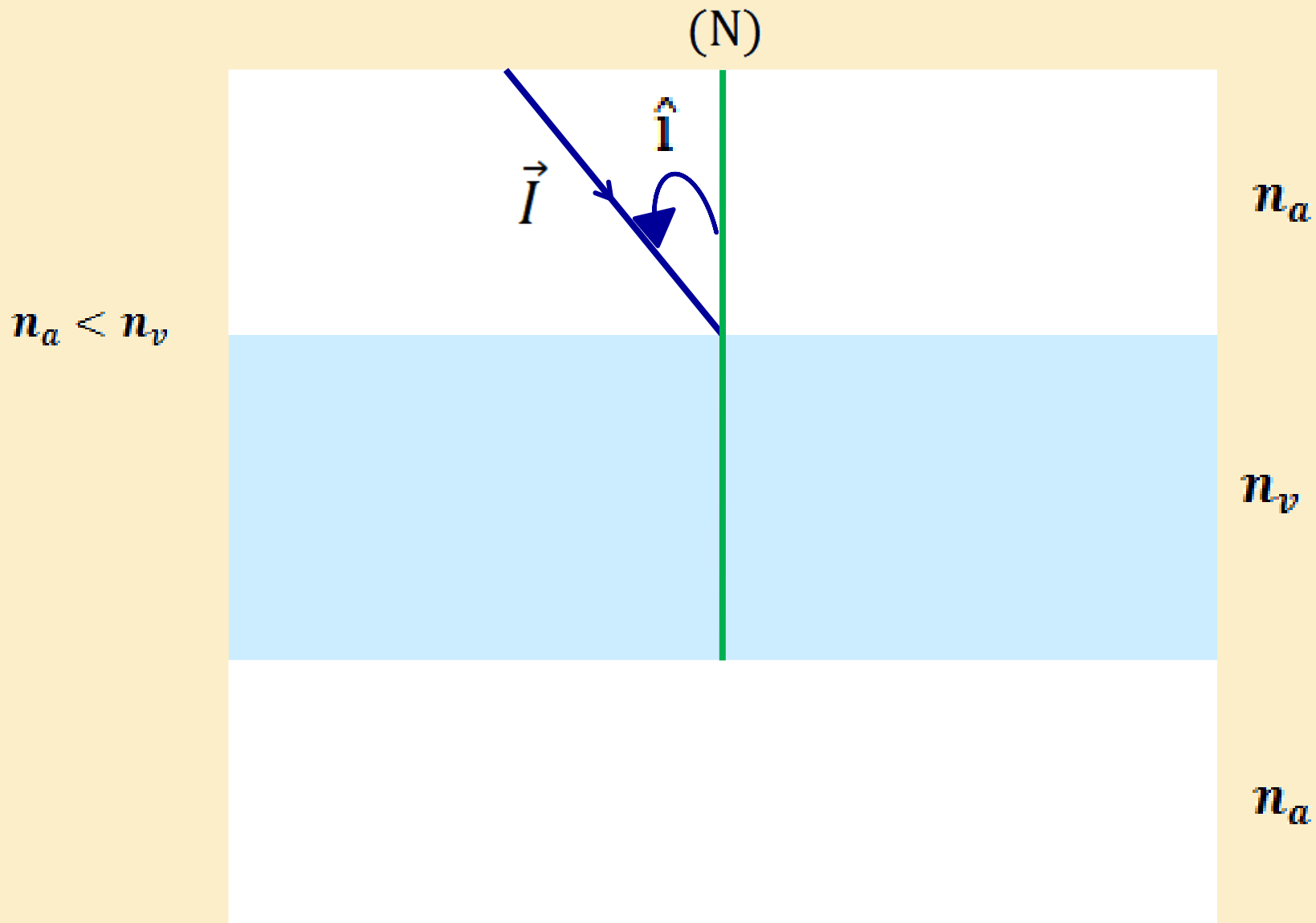


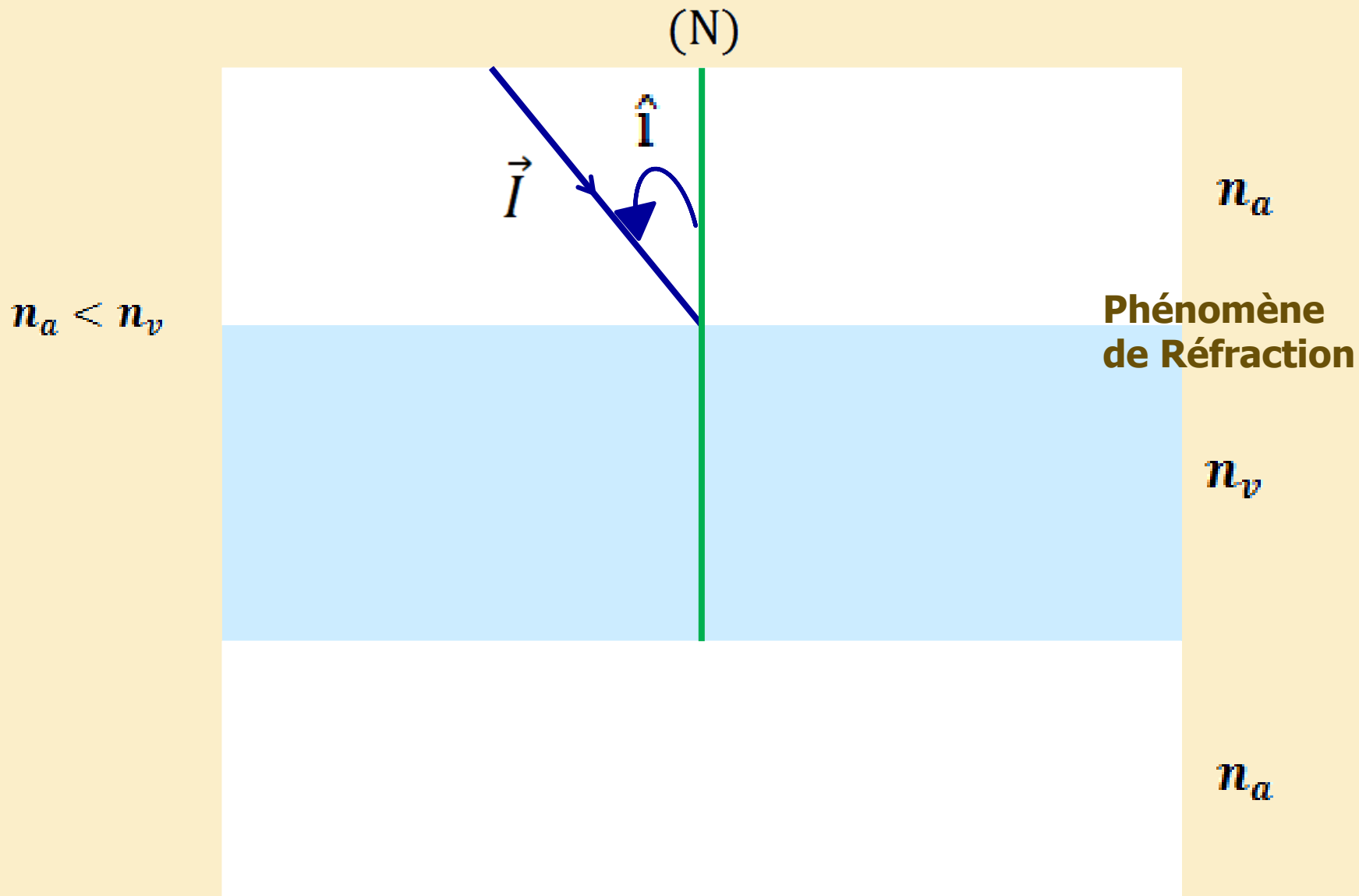
➤ La lumière n'est déviée par un passage à travers une vitre ?

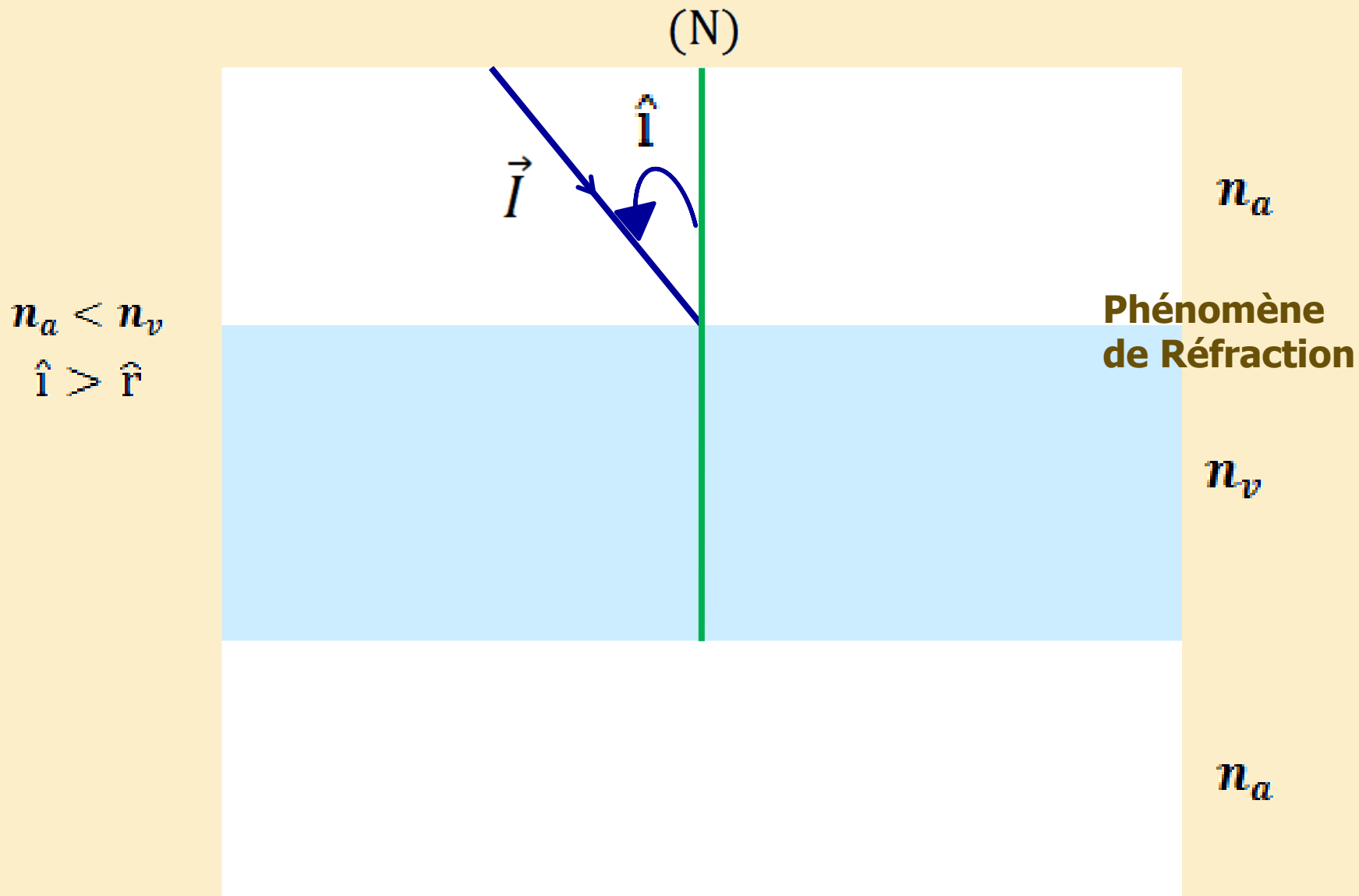




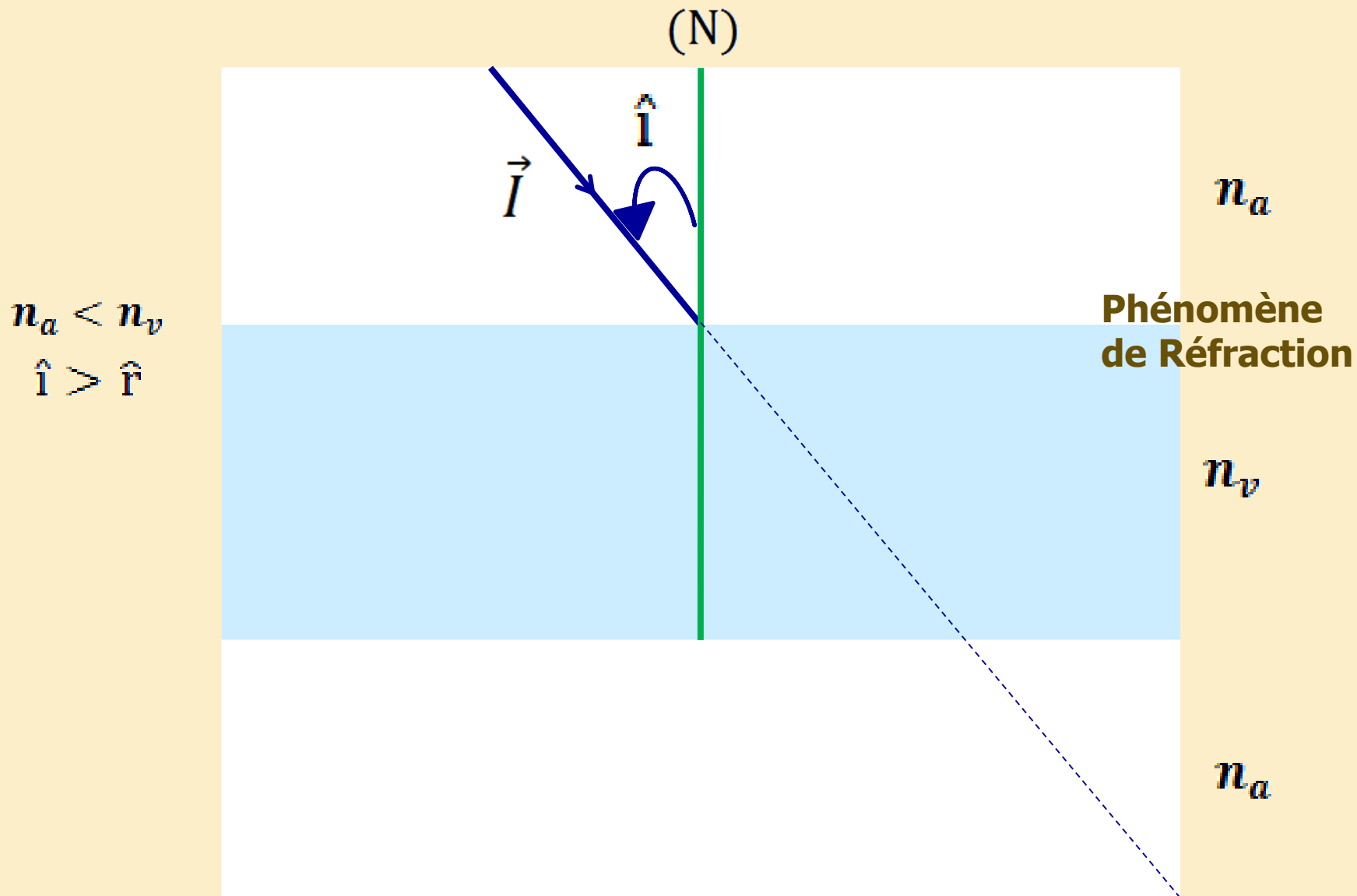


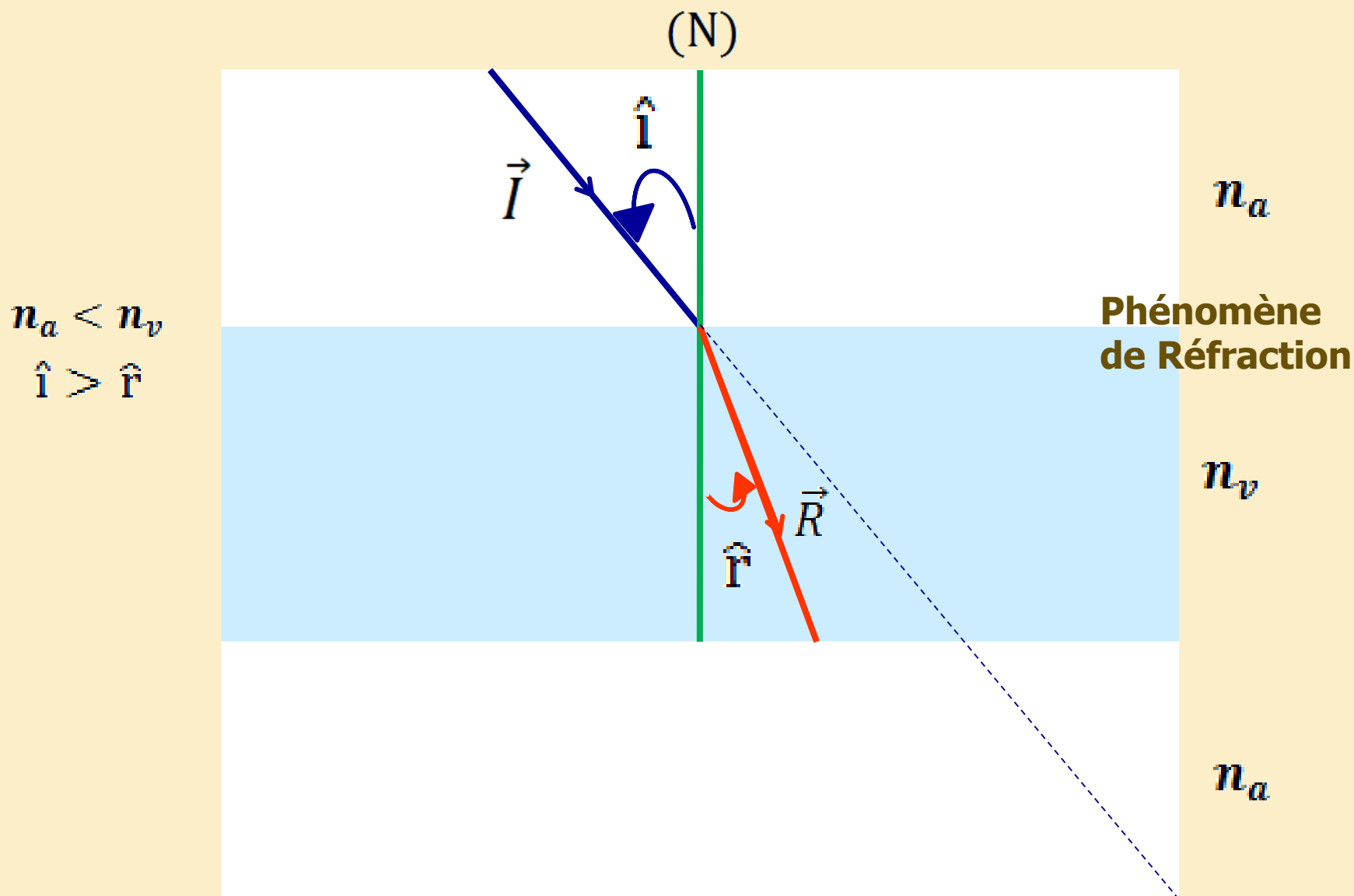








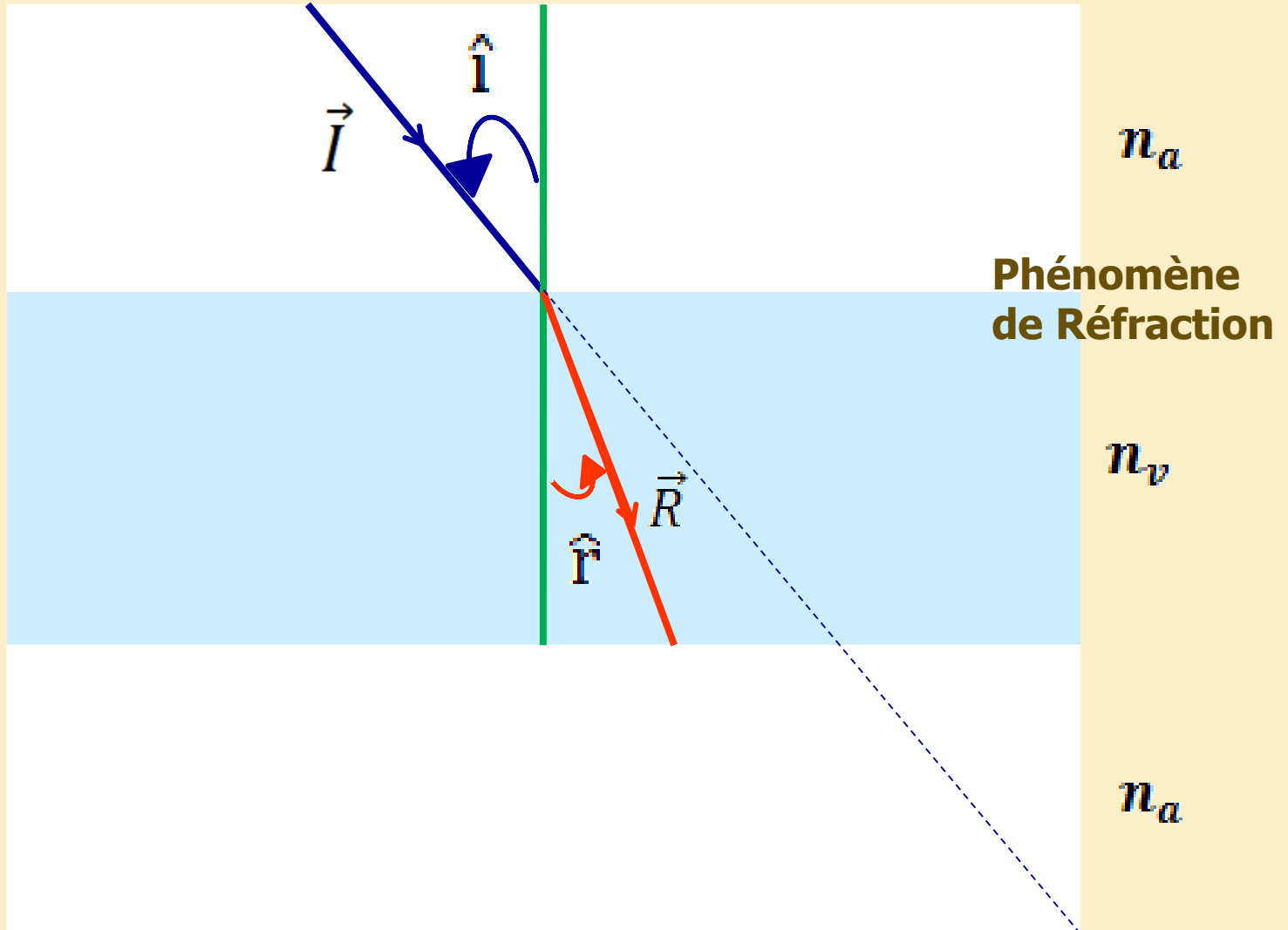




**Loi Snell Descarte :**  $n_a \sin i = n_v \sin r$  (1)

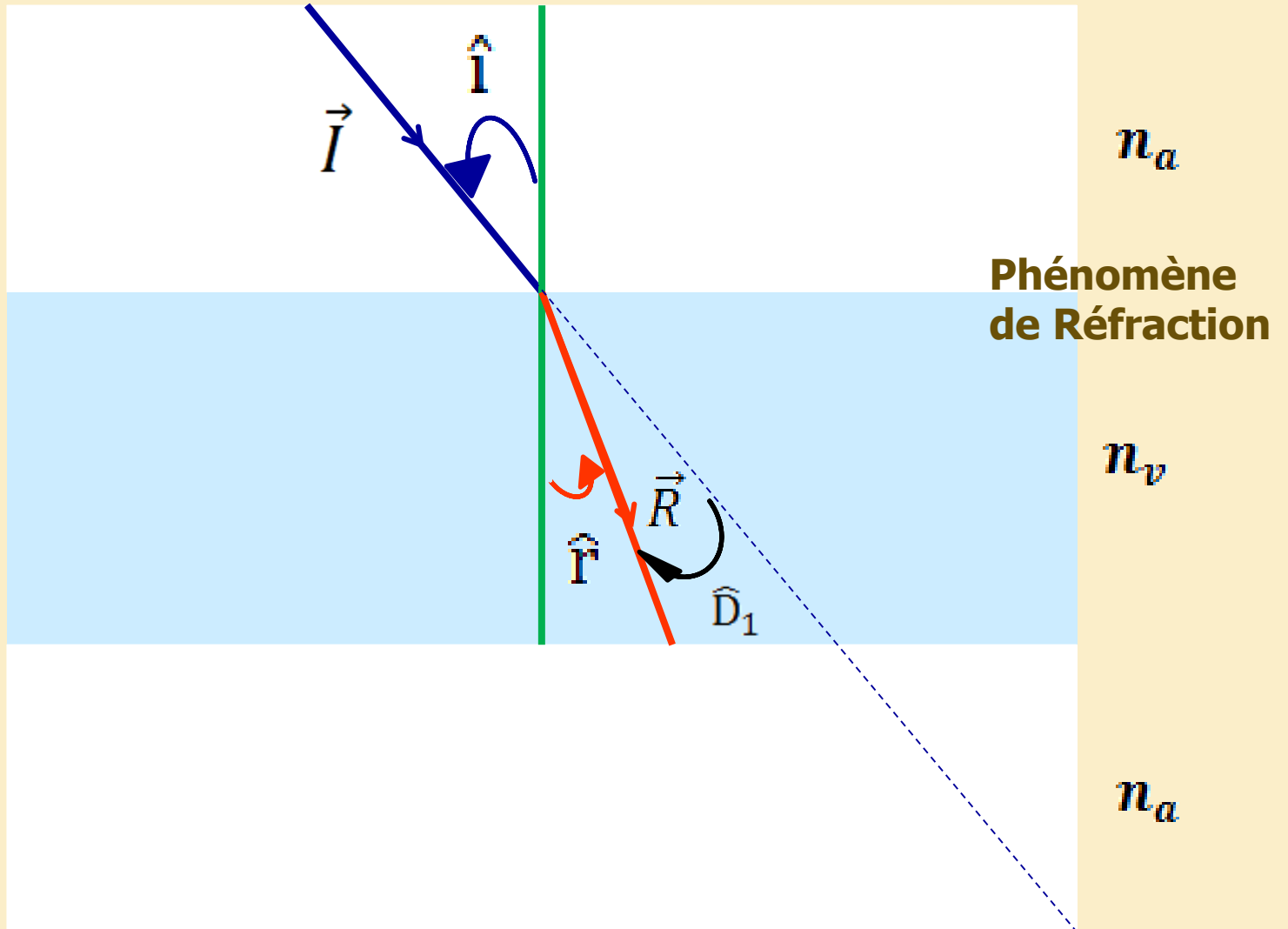
(N)

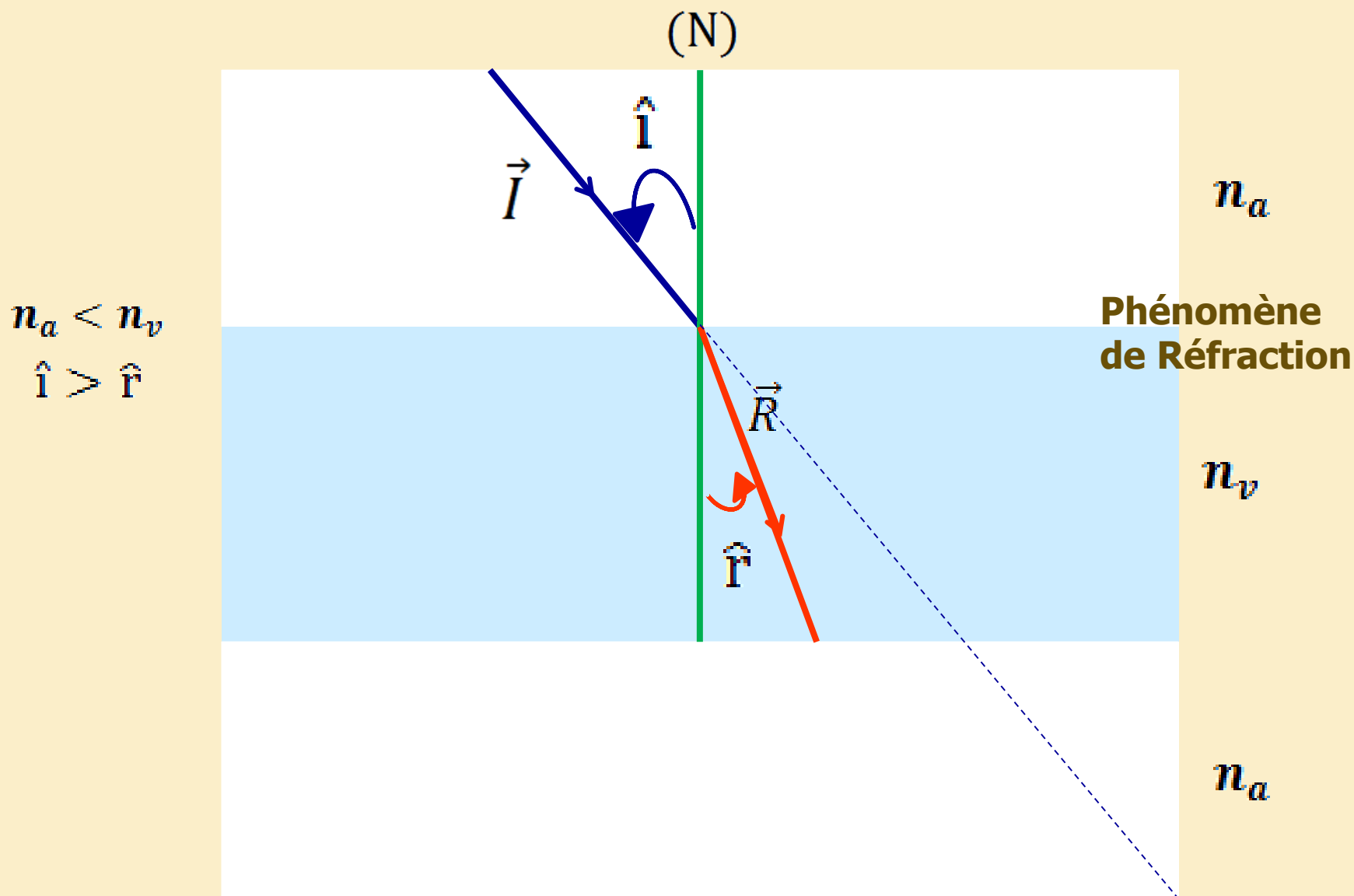
$n_a < n_v$   
 $\hat{i} > \hat{r}$

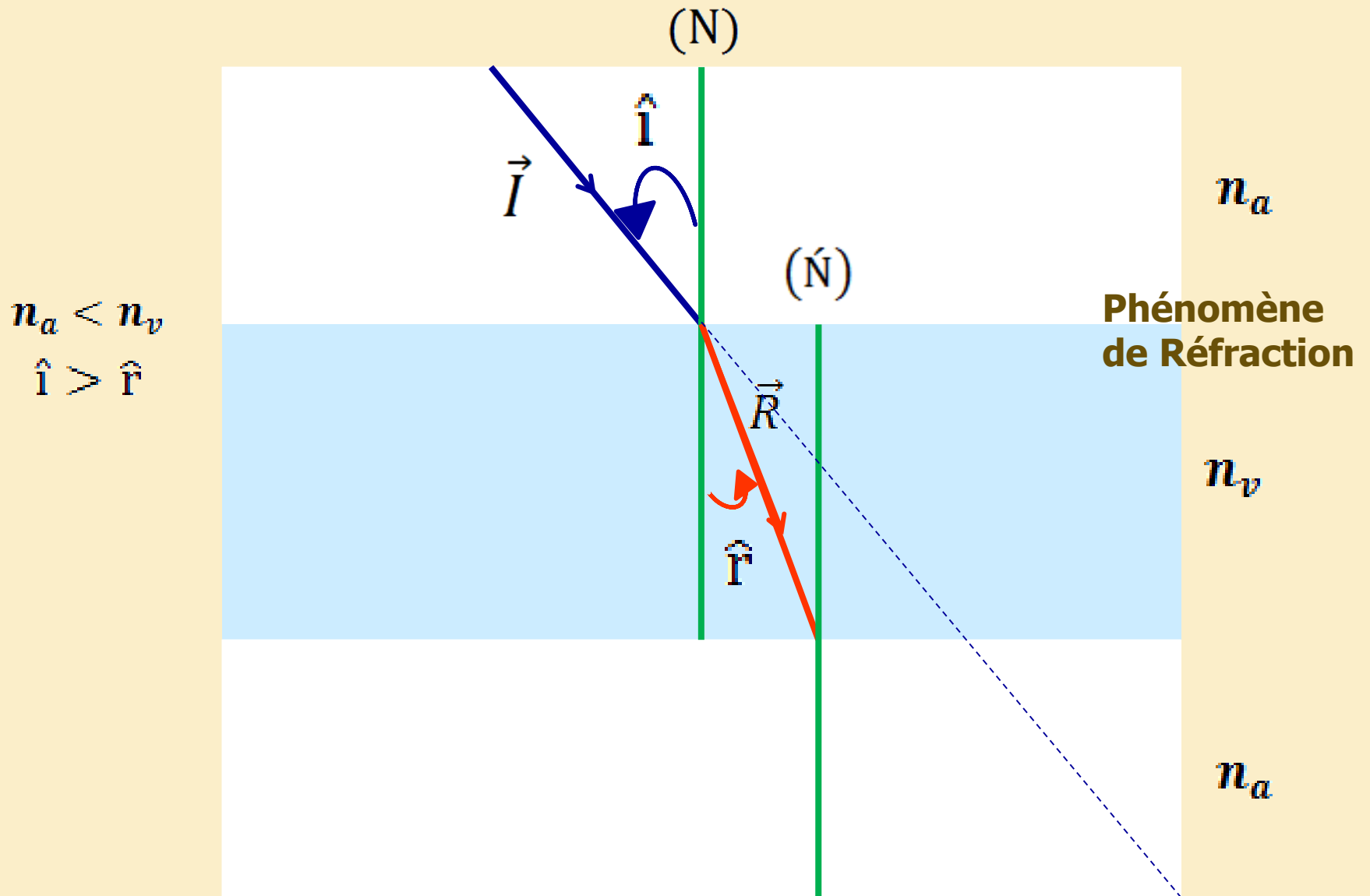


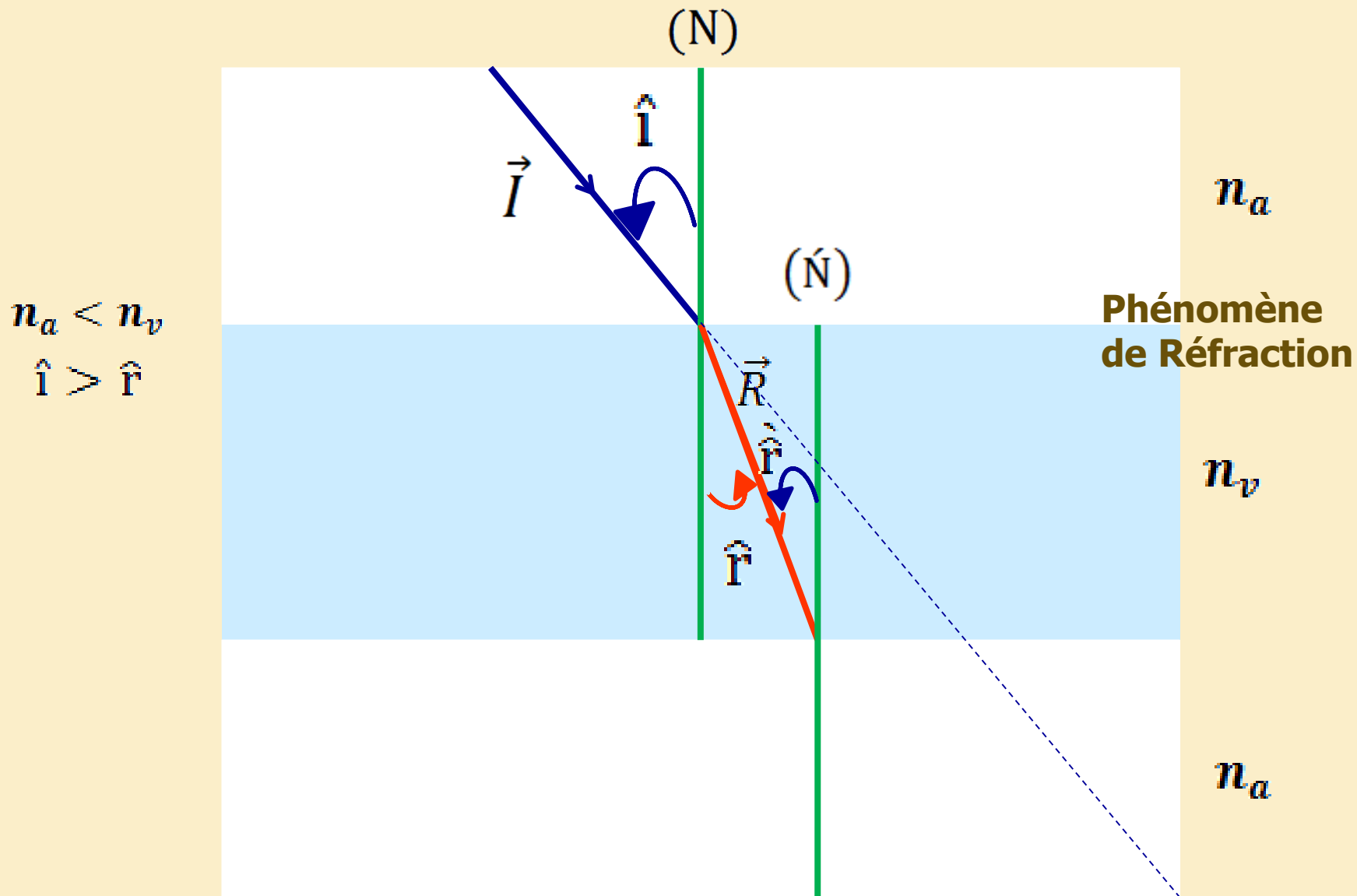
**Deviation :**  $\widehat{D}_1 = \widehat{i} - \widehat{r}$  (a)  
 (N)

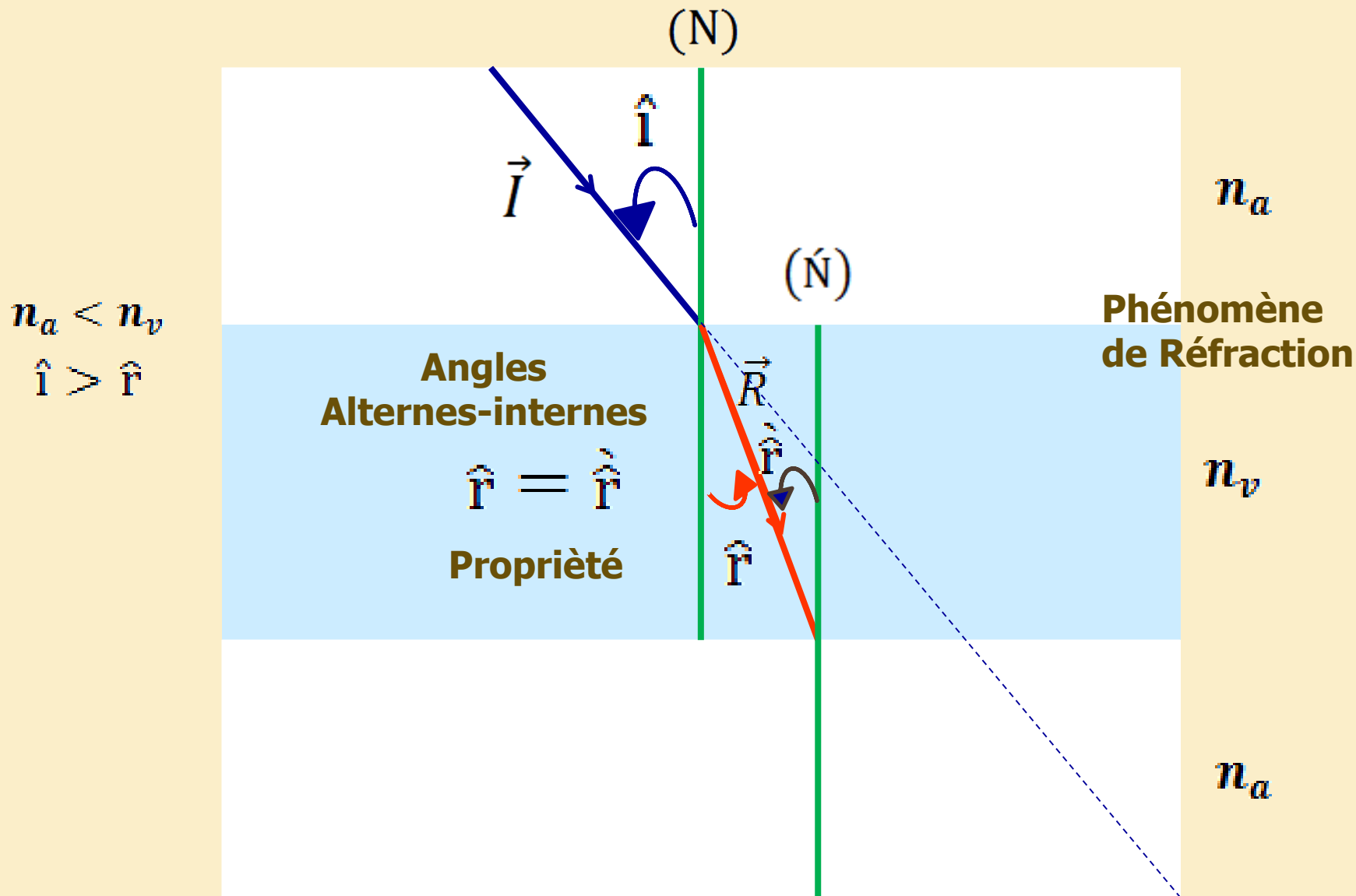
$n_a < n_v$   
 $\widehat{i} > \widehat{r}$



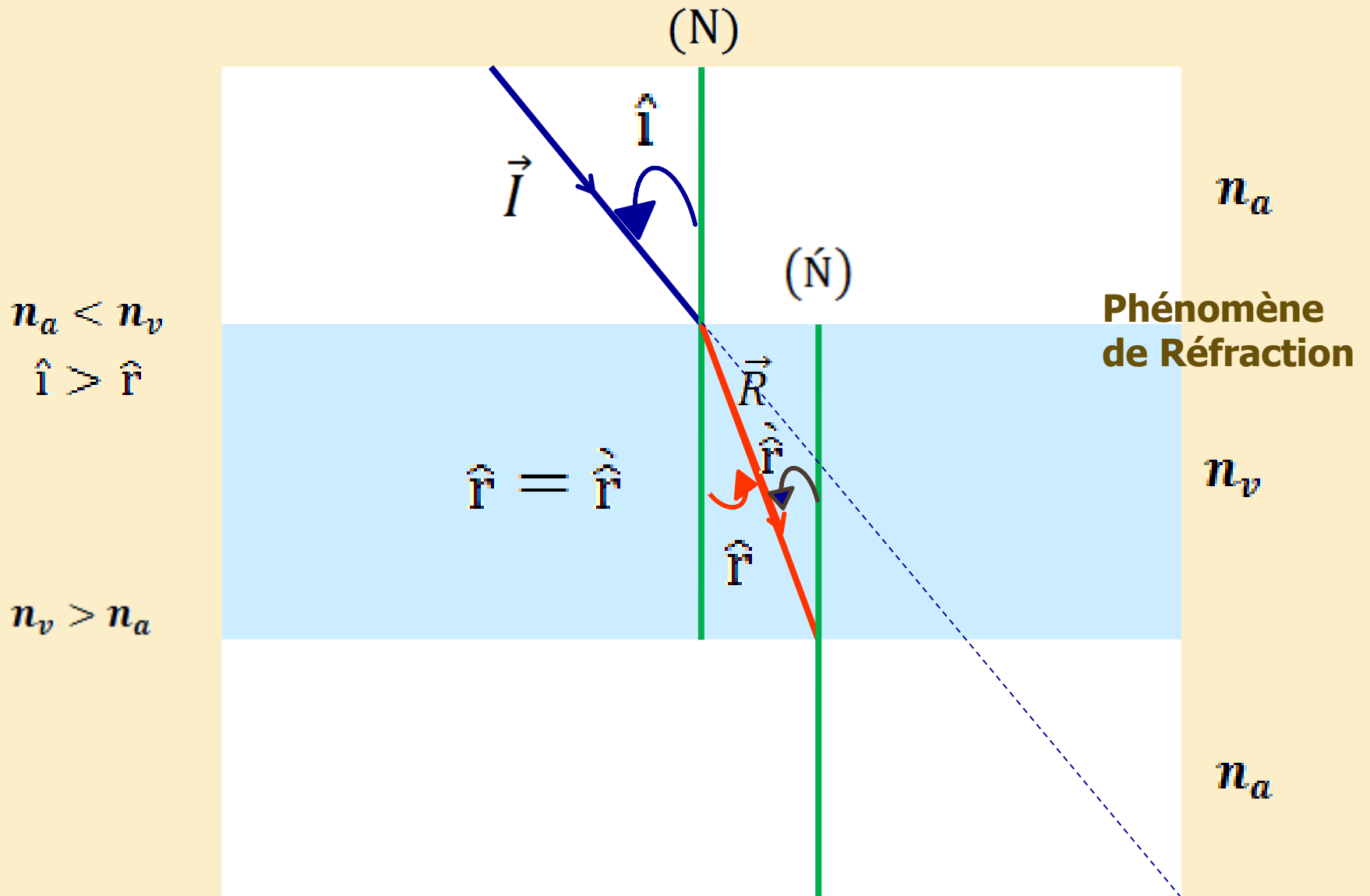




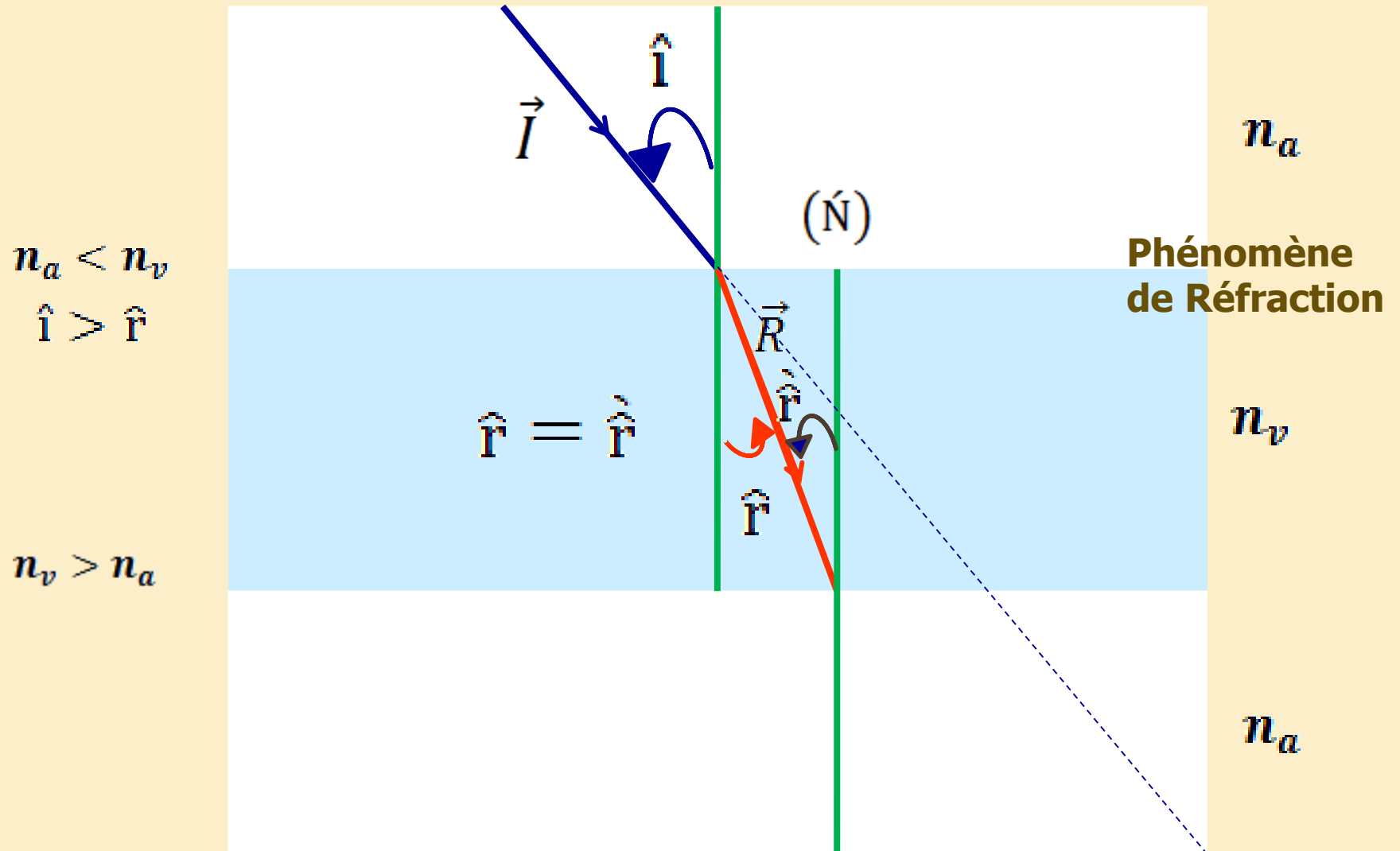








$n_v > n_a$  : On doit calculer  $i_L = \arcsin\left(\frac{n_a}{n_v}\right)$   
 (N)



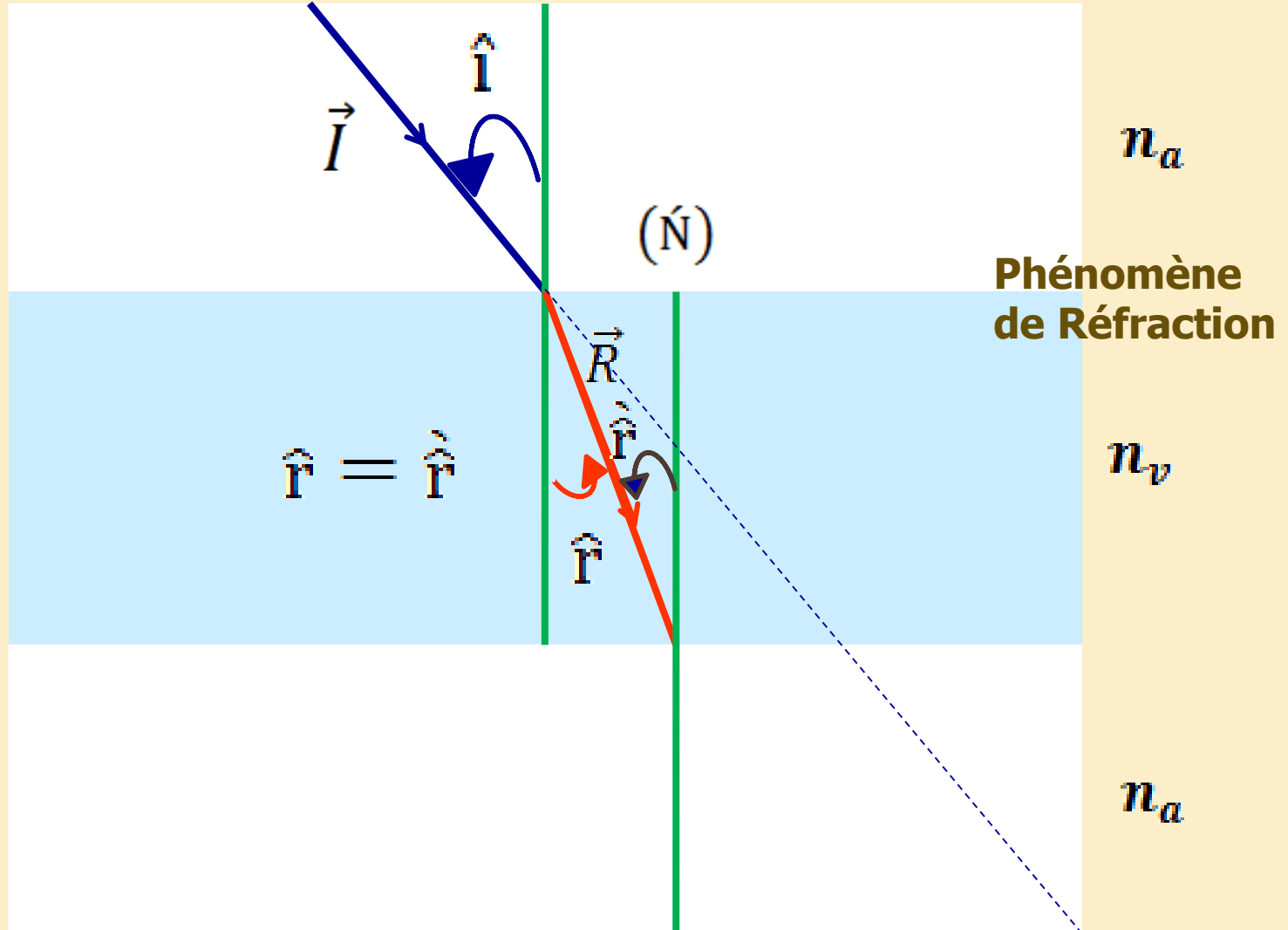
$n_v > n_a$  : On a trouvé  $\hat{r} < i_L$

(N)

$n_a < n_v$   
 $\hat{i} > \hat{r}$

$\hat{r} = \hat{r}$

$n_v > n_a$



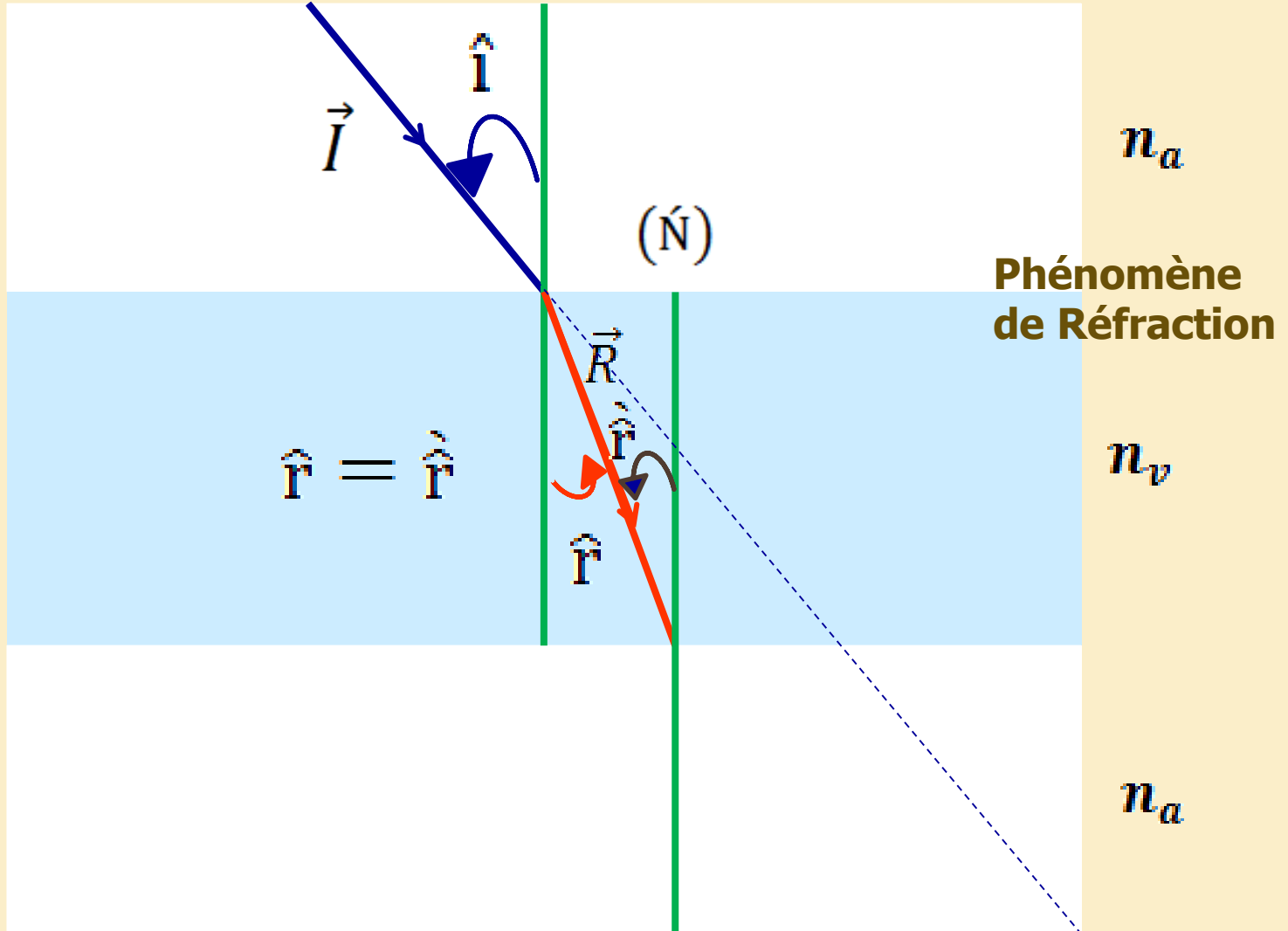
$n_v > n_a$  : On a trouvé  $\hat{\Gamma} < i_L \Rightarrow$  Phénomène de Réfraction

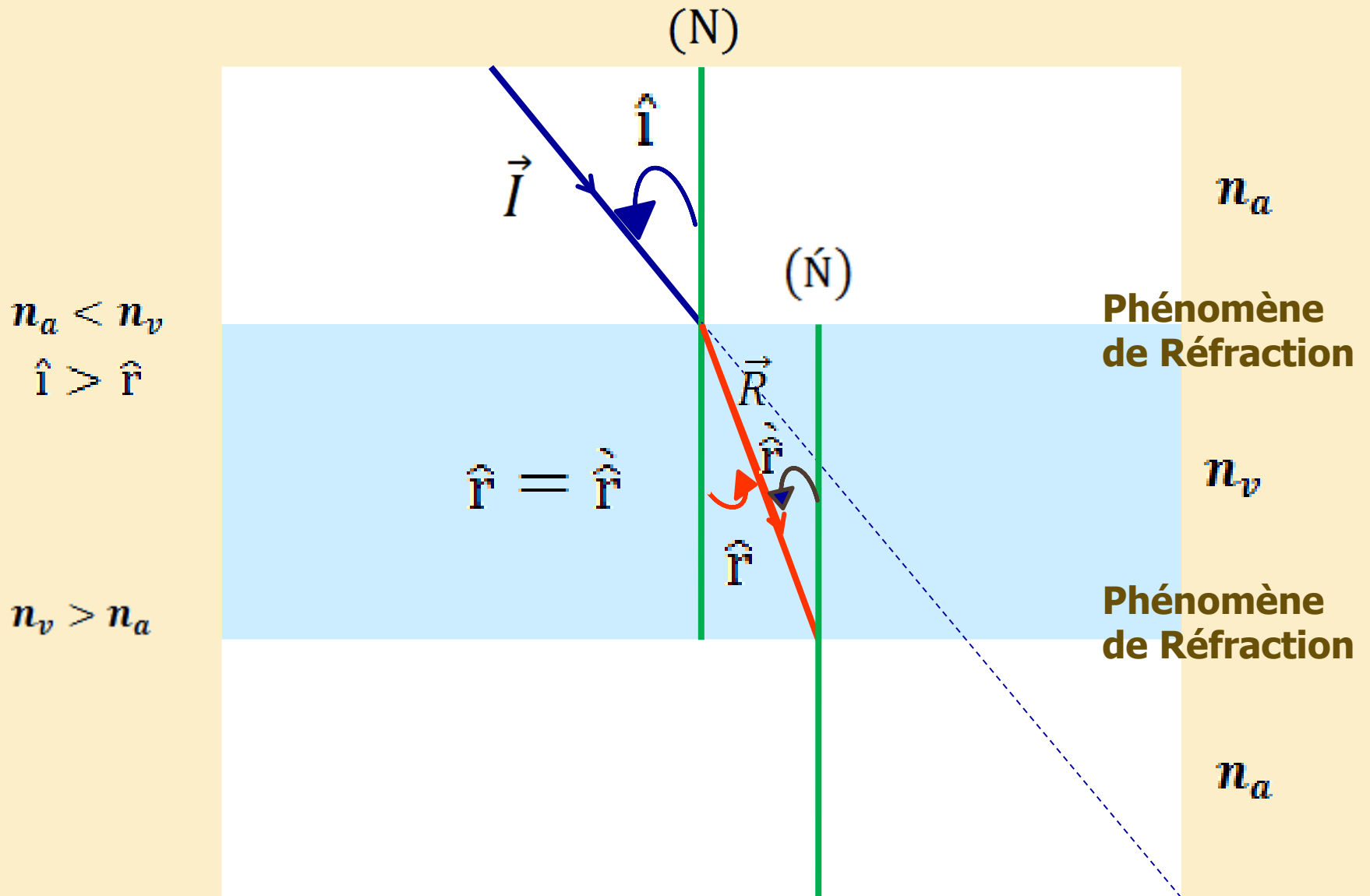
(N)

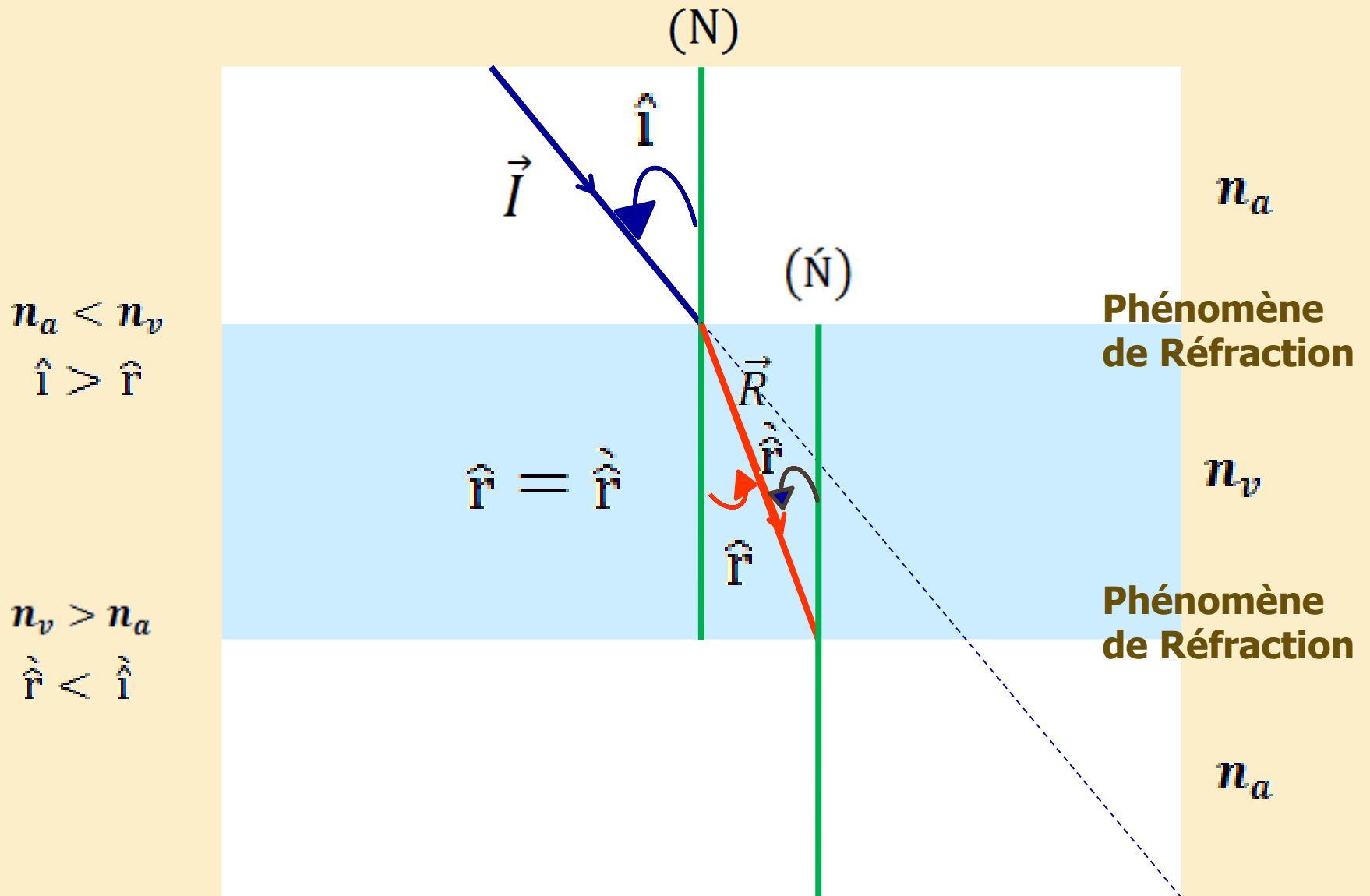
$n_a < n_v$   
 $\hat{i} > \hat{\Gamma}$

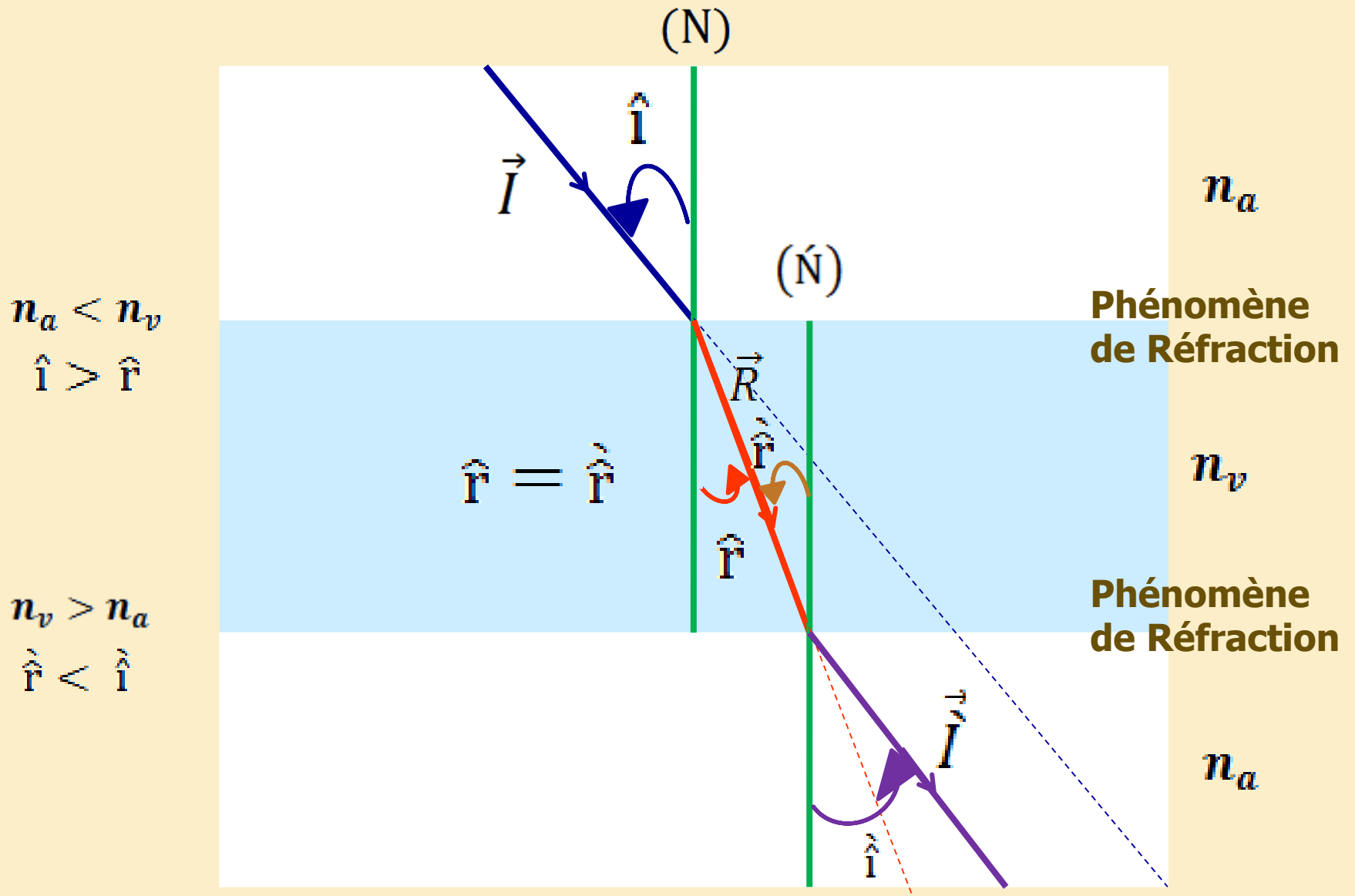
$\hat{\Gamma} = \hat{\Gamma}$

$n_v > n_a$









**Loi Snell Descarte :**  $n_v \sin r' = n_a \sin i$  (2)

(N)

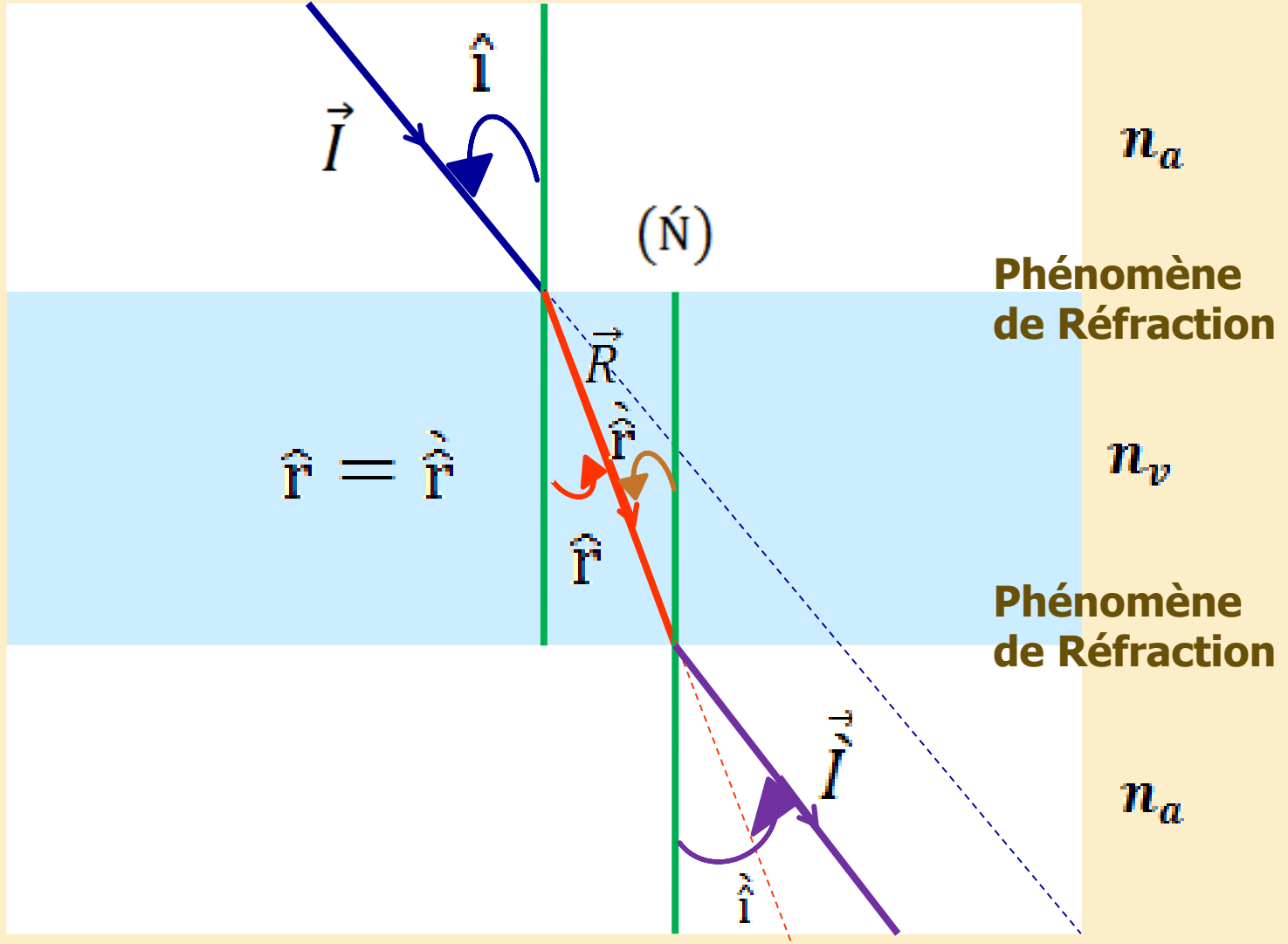
$$n_a < n_v$$

$$\hat{i} > \hat{r}$$

$$\hat{r} = \hat{r}'$$

$$n_v > n_a$$

$$\hat{r}' < \hat{i}$$



$n_a$

Phénomène de Réfraction

$n_v$

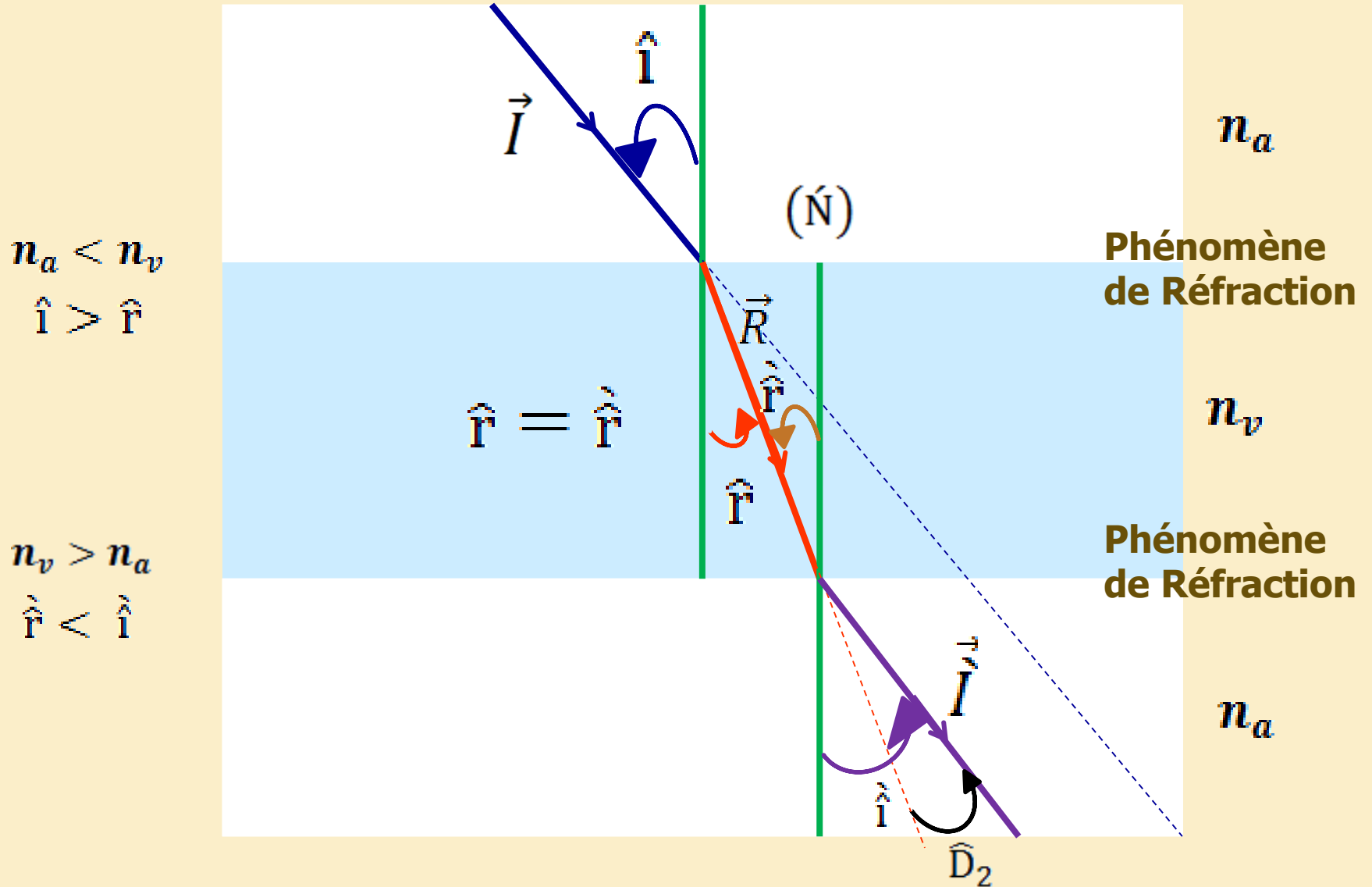
Phénomène de Réfraction

$n_a$



**Deviation :**  $\widehat{D}_2 = \widehat{i} - \widehat{r}$  (b)

(N)



## ➤ Loi Snell Descarte

- Dioptre (air-vitre) :  $n_a \sin i = n_v \sin r$  (1)

## ➤ Loi Snell Descarte

- Dioptre (air-vitre) :  $n_a \sin i = n_v \sin r$  (1)

- Dioptre (vitre-air) :  $n_v \sin r' = n_a \sin i'$  (2)

## ➤ Loi Snell Descarte

• Dioptre (air-vitre) :  $n_a \sin i = n_v \sin r$  (1)

• Dioptre (vitre-air) :  $n_v \sin r' = n_a \sin i'$  (2)

On a  $\hat{r} = \hat{r}'$

## ➤ Loi Snell Descarte

• Dioptre (air-vitre) :  $n_a \sin i = n_v \sin r$  (1)

• Dioptre (vitre-air) :  $n_v \sin r = n_a \sin i$  (2)

On a  $\hat{r} = \hat{i}$

On obtient alors  $n_a \sin i = n_a \sin i$

## ➤ Loi Snell Descarte

• Dioptre (air-vitre) :  $n_a \sin i = n_v \sin r$  (1)

• Dioptre (vitre-air) :  $n_v \sin r' = n_a \sin i'$  (2)

On a  $\hat{r} = \hat{i}'$

On obtient alors  $n_a \sin i = n_a \sin i'$

→  $\hat{i} = \hat{i}'$

La lumière n'est déviée par un passage à travers une vitre

## ➤ Déviation

• **Dioptre (air-vitre) :**  $\widehat{D}_1 = \hat{i} - \hat{r}$  **(a)**

• **Dioptre (vitre-air) :**  $\widehat{D}_2 = \hat{i} - \hat{r}$  **(b)**

## ➤ Déviation

• **Dioptre (air-vitre) :**  $\widehat{D}_1 = \hat{i} - \hat{r}$  **(a)**

• **Dioptre (vitre-air) :**  $\widehat{D}_2 = \hat{i} - \hat{r}$  **(b)**

On a  $\hat{\mathbf{r}} = \hat{\mathbf{r}}$



## ➤ Déviation

• **Dioptre (air-vitre) :**  $\widehat{D}_1 = \hat{i} - \hat{r}$  **(a)**

• **Dioptre (vitre-air) :**  $\widehat{D}_2 = \hat{i} - \hat{r}$  **(b)**

On a  $\hat{r} = \hat{r}$

La déviation totale

$$\widehat{D}_t = \widehat{D}_1 - \widehat{D}_2 = 0$$

Ne sont pas dans le même sens

## ➤ Déviation

• Dioptre (air-vitre) :  $\widehat{D}_1 = \hat{i} - \hat{r}$  (a)

• Dioptre (vitre-air) :  $\widehat{D}_2 = \hat{i} - \hat{r}$  (b)

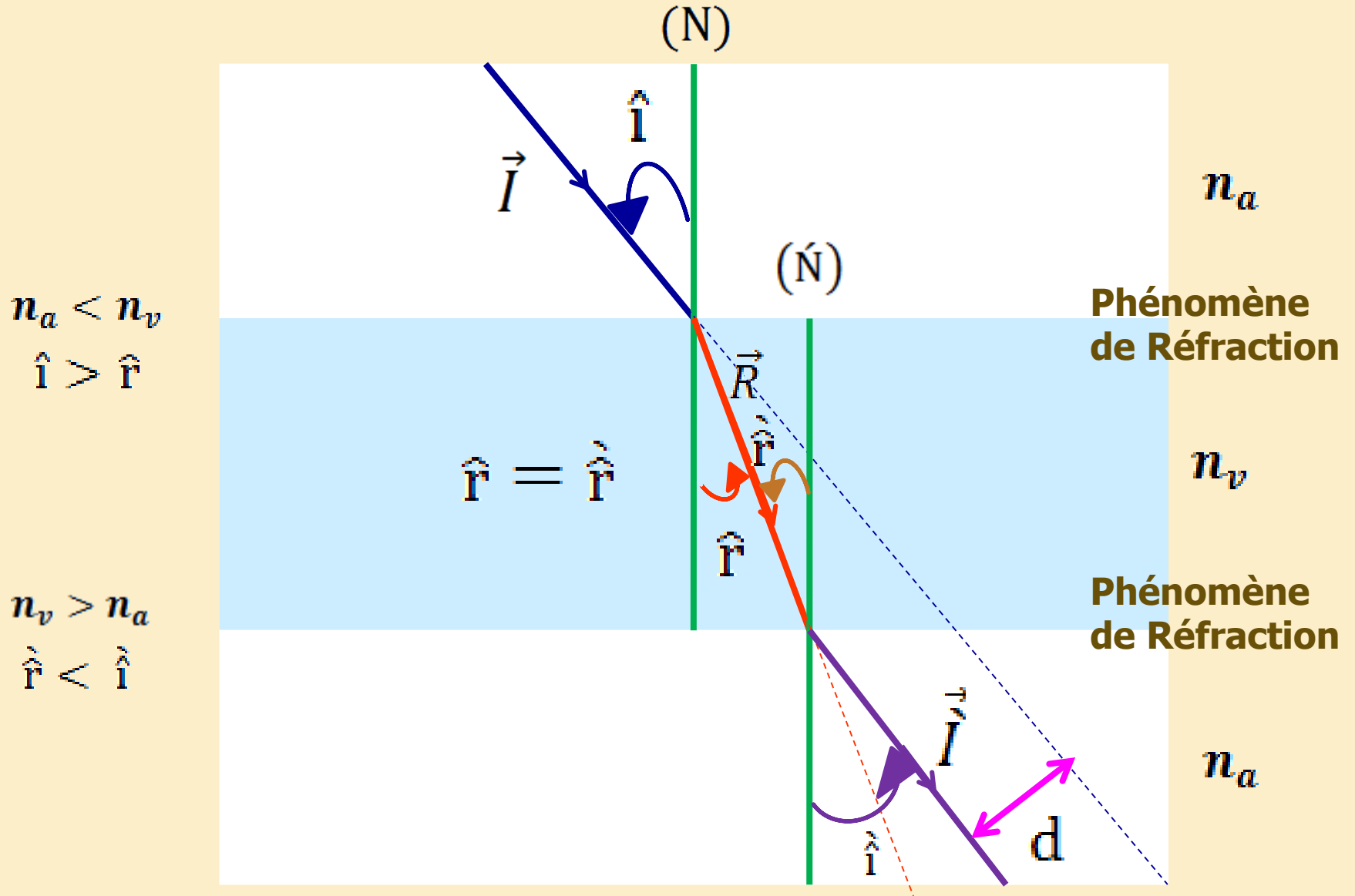
On a  $\hat{r} = \hat{r}$

La déviation totale

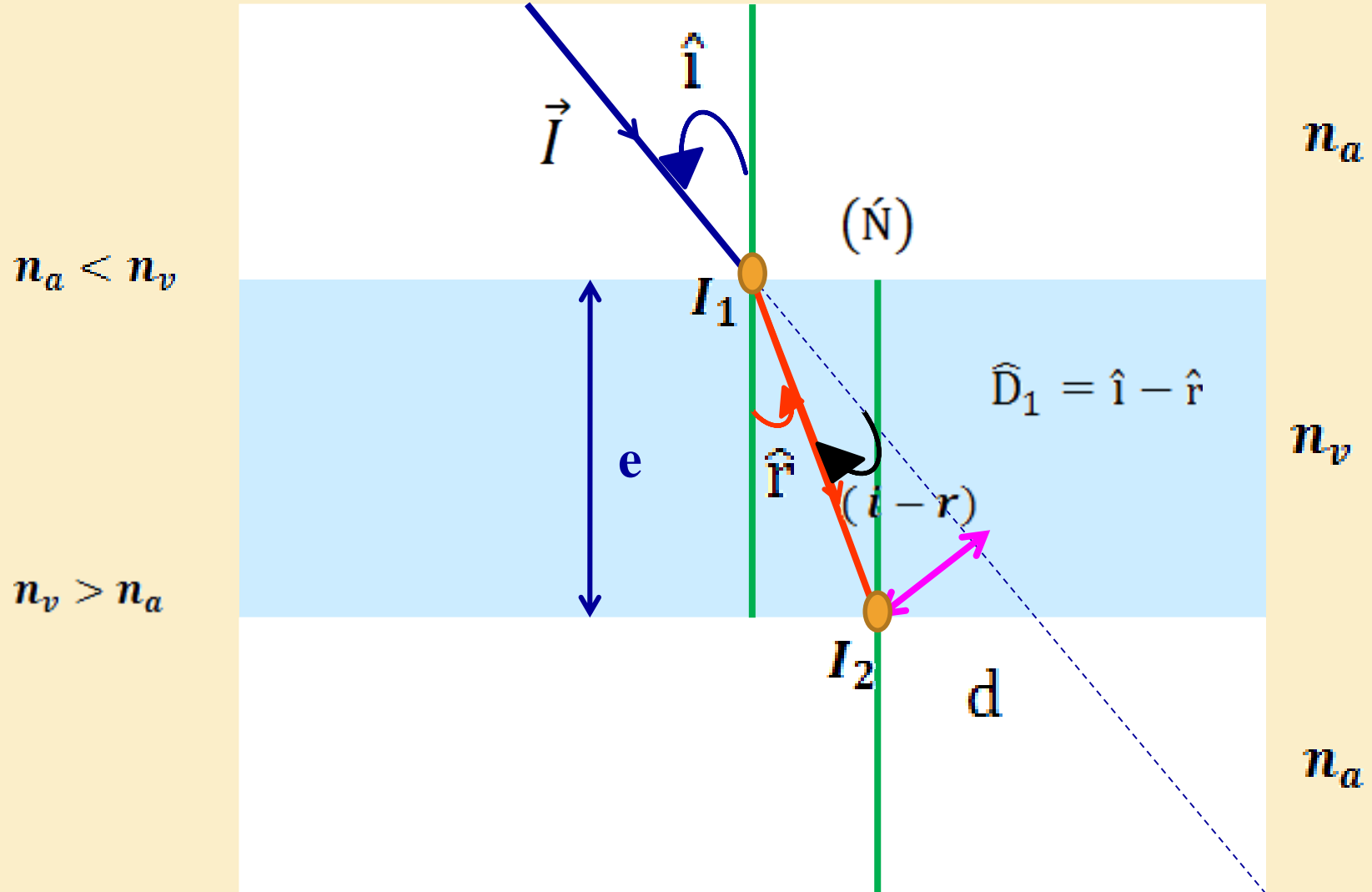
$\widehat{D}_t = \widehat{D}_1 - \widehat{D}_2 = 0$  Ne sont pas dans le même sens

(a) - (b)  $\Rightarrow$   $\hat{i} = \hat{i}$

# ➤ Décalage $d$



➤ **Décalage d :** On a  $\cos r = \frac{e}{I_1 I_2}$  (N) et  $\sin(i - r) = \frac{d}{I_1 I_2}$



## ➤ Décalage

$$\sin(i - r) = \frac{d}{I_1 I_2} \quad (\text{c})$$

$$\cos r = \frac{e}{I_1 I_2} \quad (\text{d})$$

## ➤ Décalage

$$\sin(i - r) = \frac{d}{I_1 I_2} \quad (\text{c})$$

$$\cos r = \frac{e}{I_1 I_2} \quad (\text{d})$$

(c)/(d)



$$d = \frac{e \cdot \sin(i - r)}{\cos r}$$

(\*)

## ➤ Décalage

$$\sin(i - r) = \frac{d}{I_1 I_2} \quad (\text{c})$$

$$\cos r = \frac{e}{I_1 I_2} \quad (\text{d})$$

$$(\text{c})/(\text{d}) \longrightarrow d = \frac{e \cdot \sin(i - r)}{\cos r} \quad (*)$$

### ▪ Décalage maximal:

$d_{\max}$  : Pour  $\hat{i}_{\max} = \frac{\pi}{2}$  (Incidence est rasante)

## ➤ Décalage

$$\sin(i - r) = \frac{d}{I_1 I_2} \quad (\text{c})$$

$$\cos r = \frac{e}{I_1 I_2} \quad (\text{d})$$

$$(\text{c})/(\text{d}) \longrightarrow d = \frac{e \cdot \sin(i - r)}{\cos r} \quad (*)$$

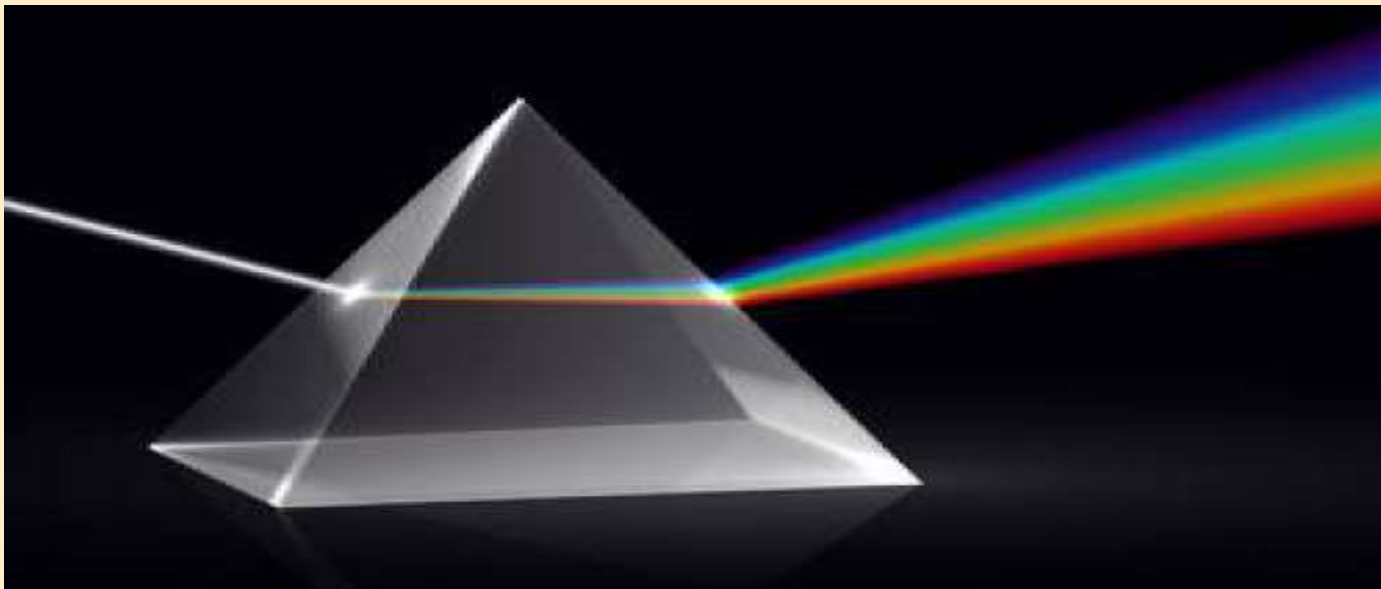
### ▪ Décalage maximal:

$d_{\max}$  : Pour  $\hat{i}_{\max} = \frac{\pi}{2}$  (Incidence est rasante)

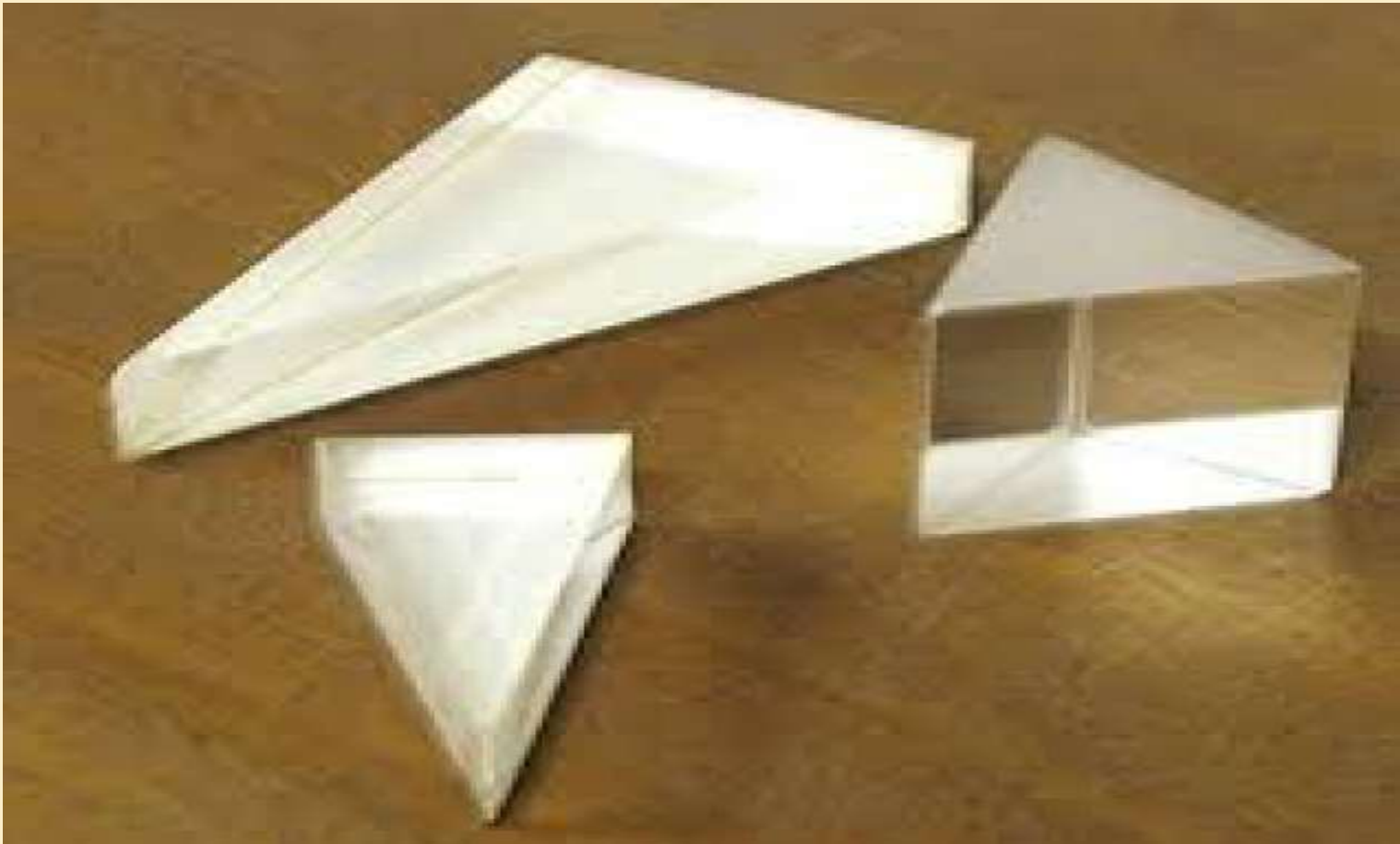
Remplaçant ( $\hat{i}_{\max} = \frac{\pi}{2}$ ) dans (\*)  $\longrightarrow d_{\max} = e$



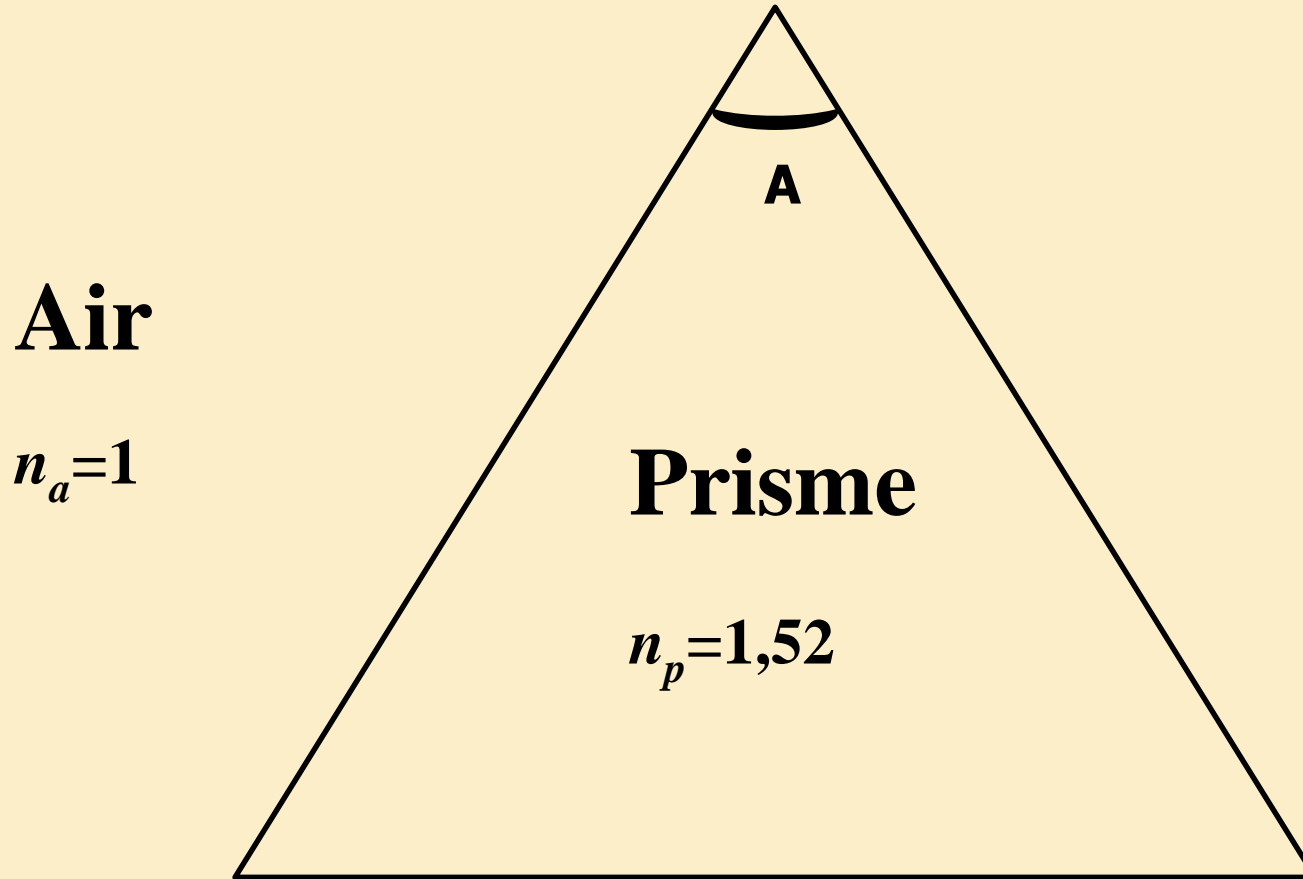
# Prisme



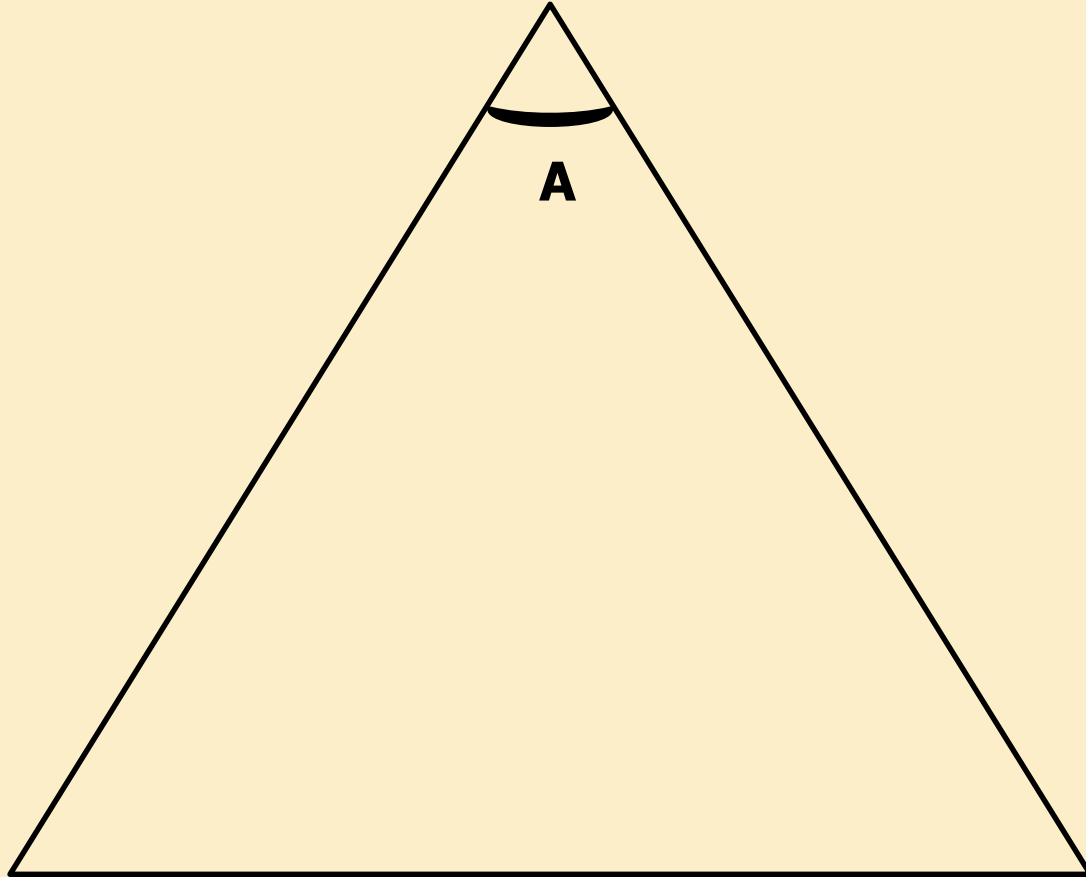
- **Prisme** est l'association de deux dioptries plans non parallèles. il est utilisé pour dévier un rayon lumineux « réfracter ou réfléchir la lumière ».



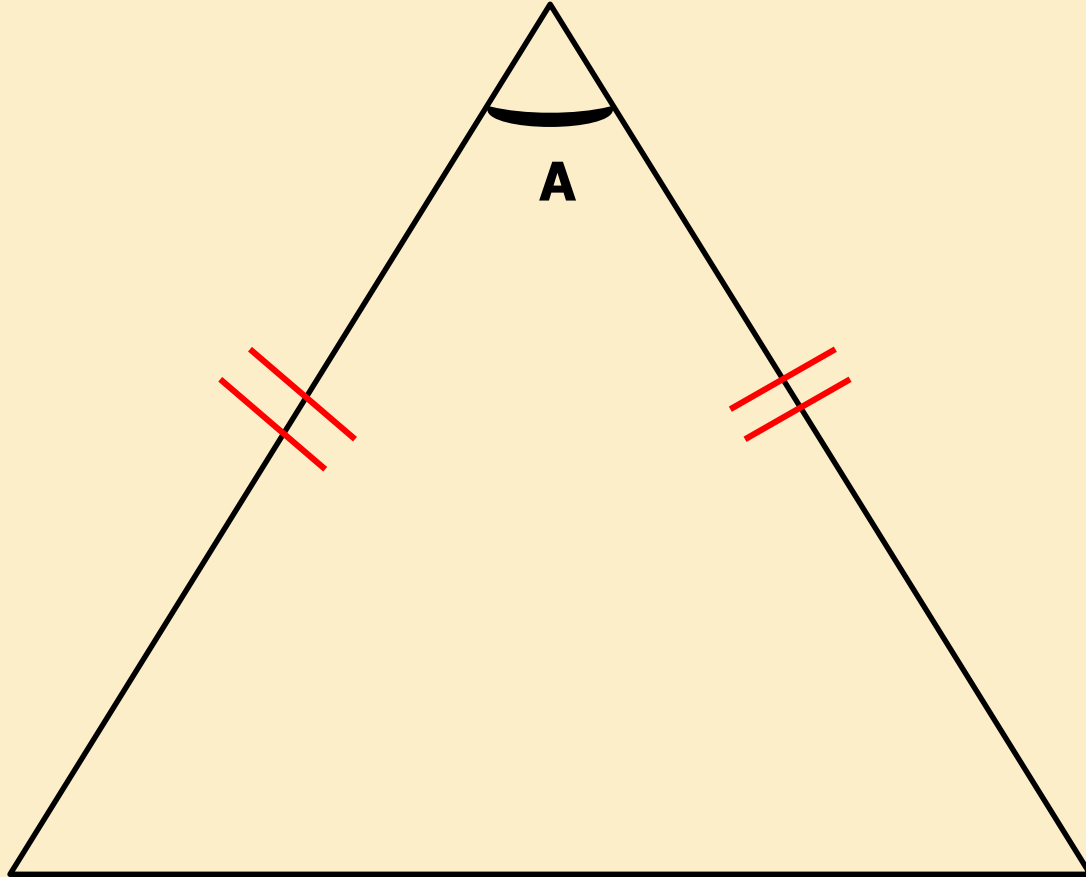
- Le chemin du rayon lumineux à travers le prisme.  $n_p=1.52$   
Sommet  $A=60^\circ$

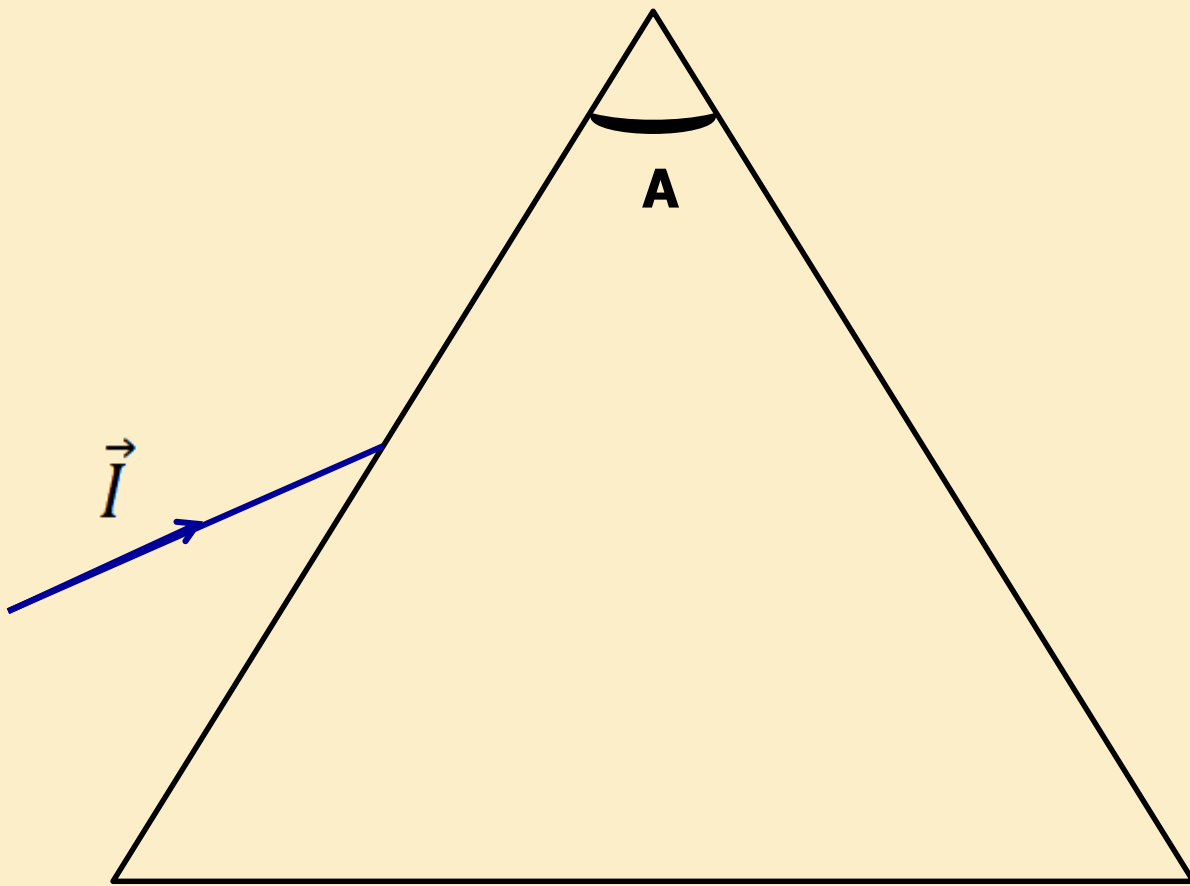


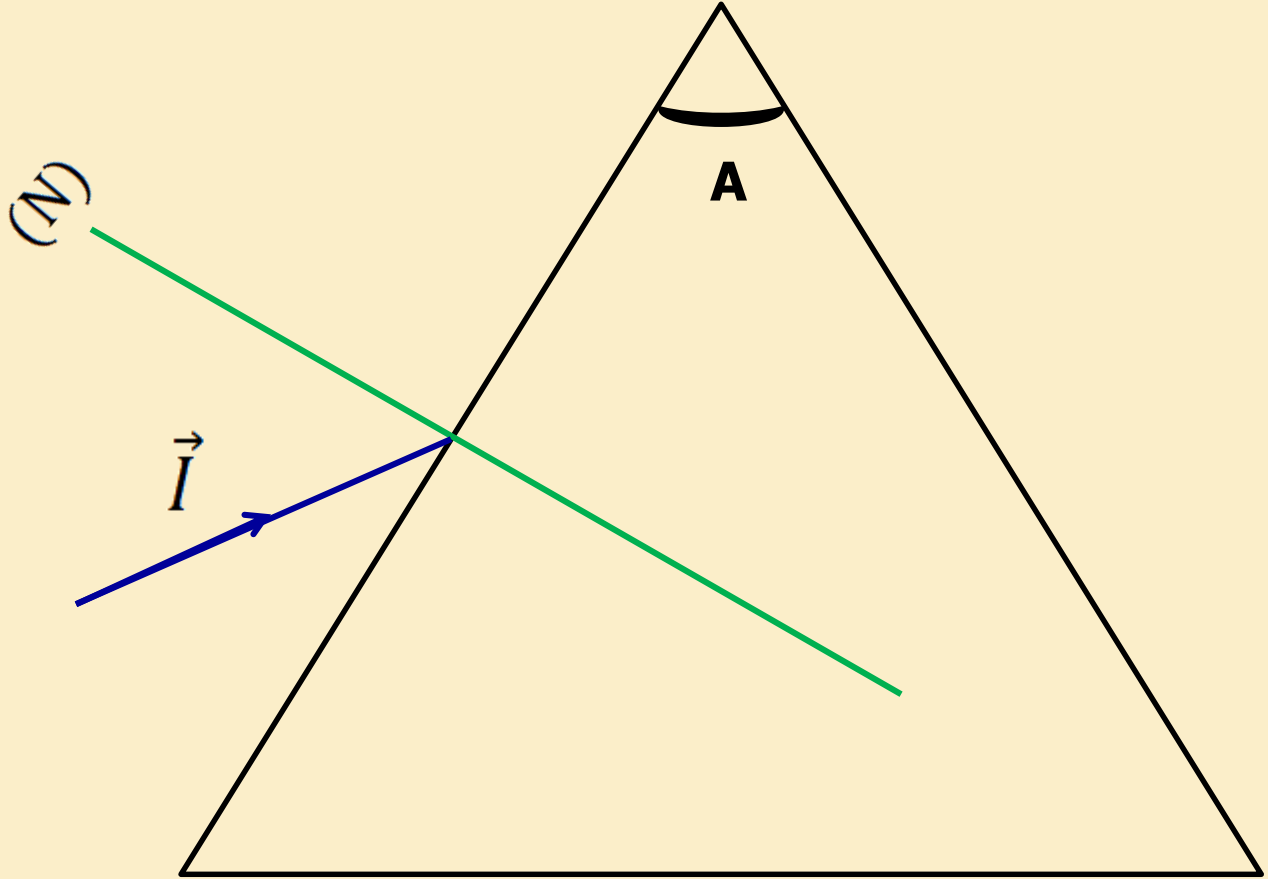
# Triangle isocèle en A

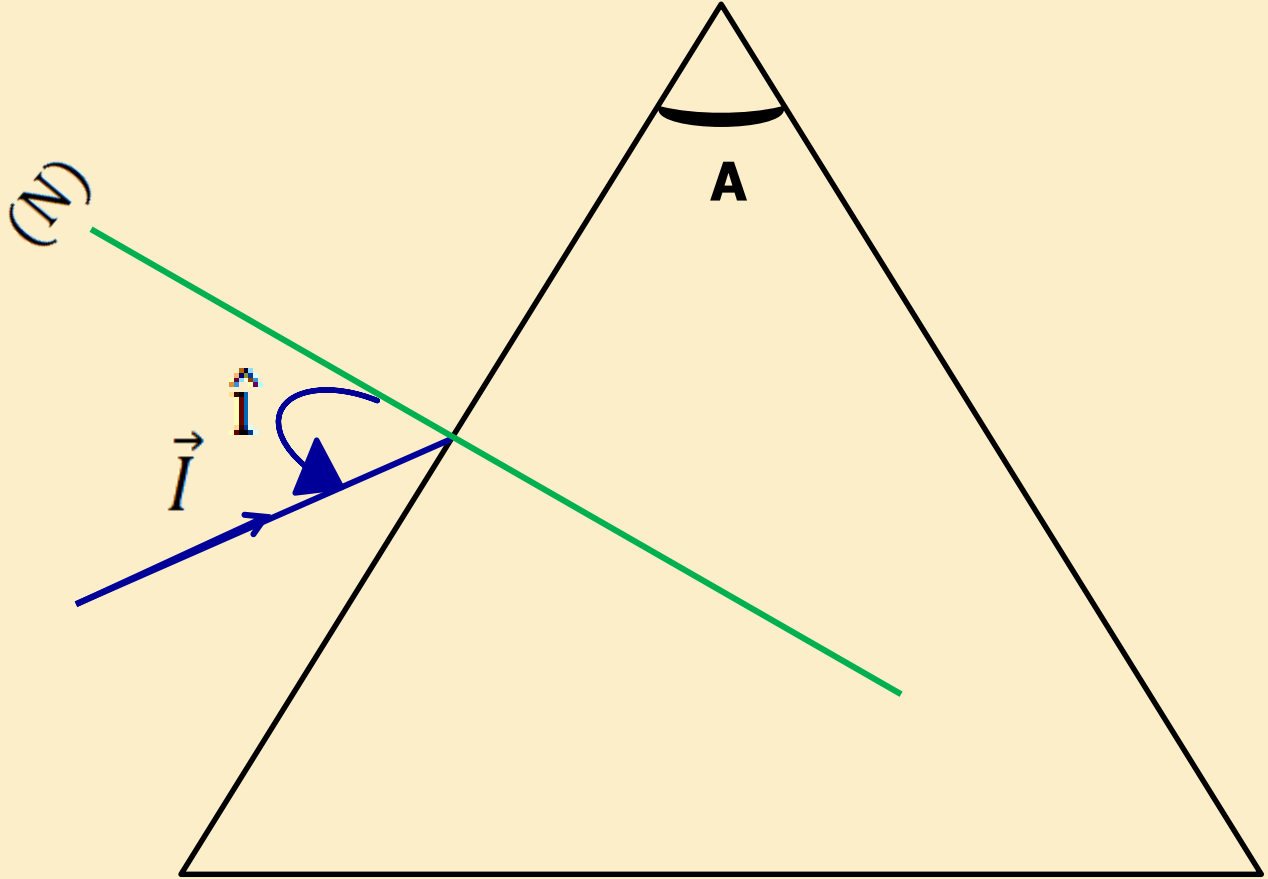


**Triangle isocèle** qui a de **deux coté** de la **même longueur**

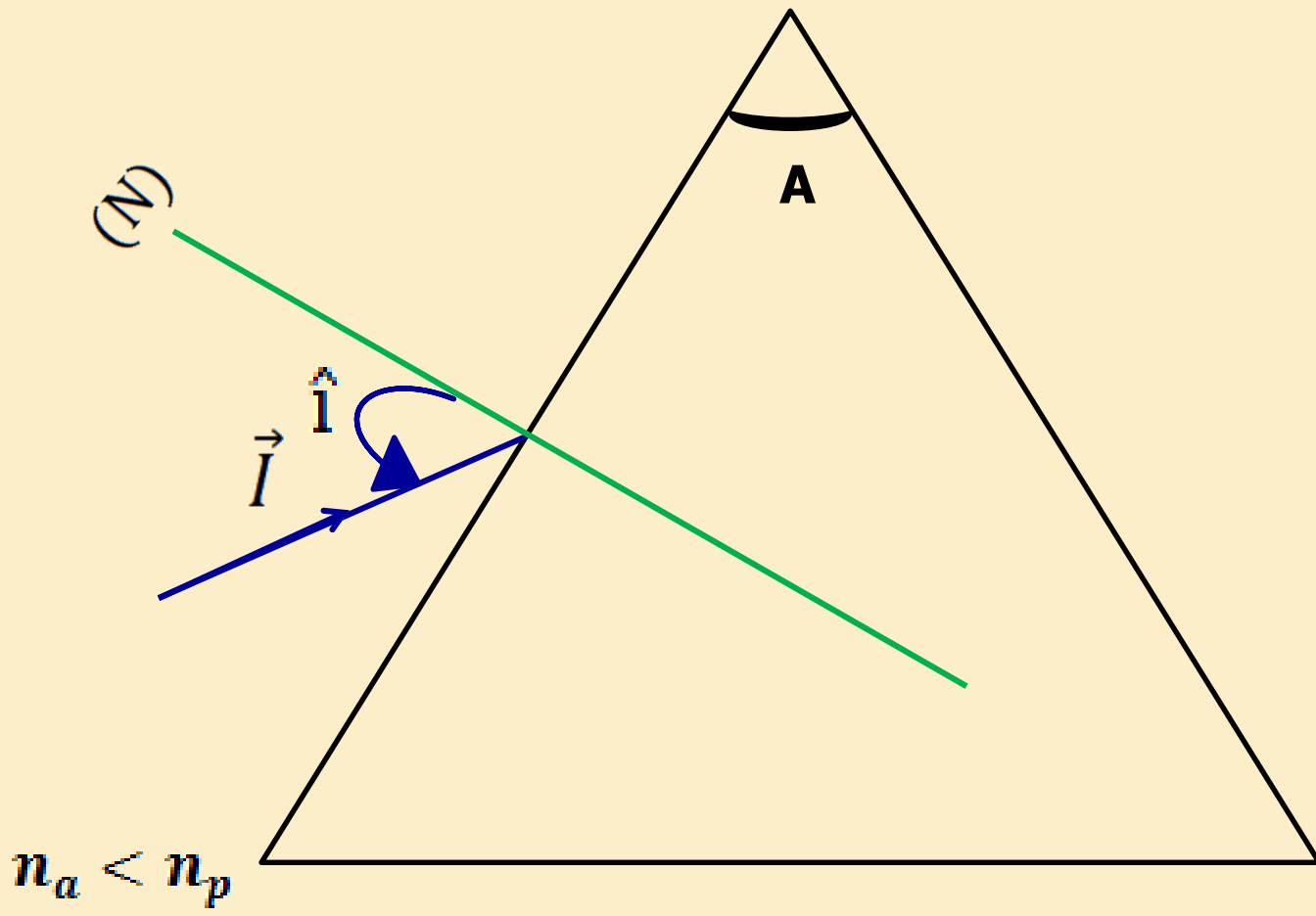


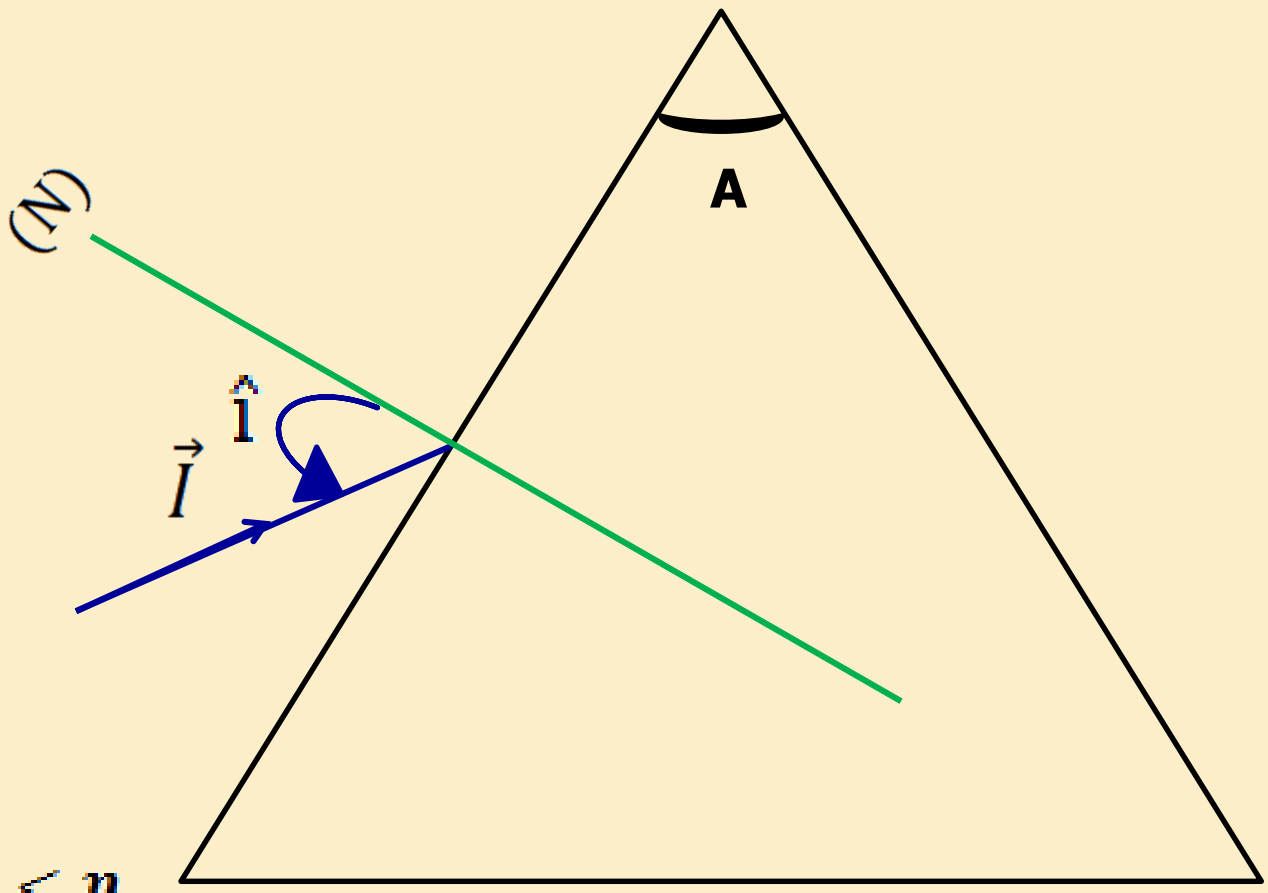






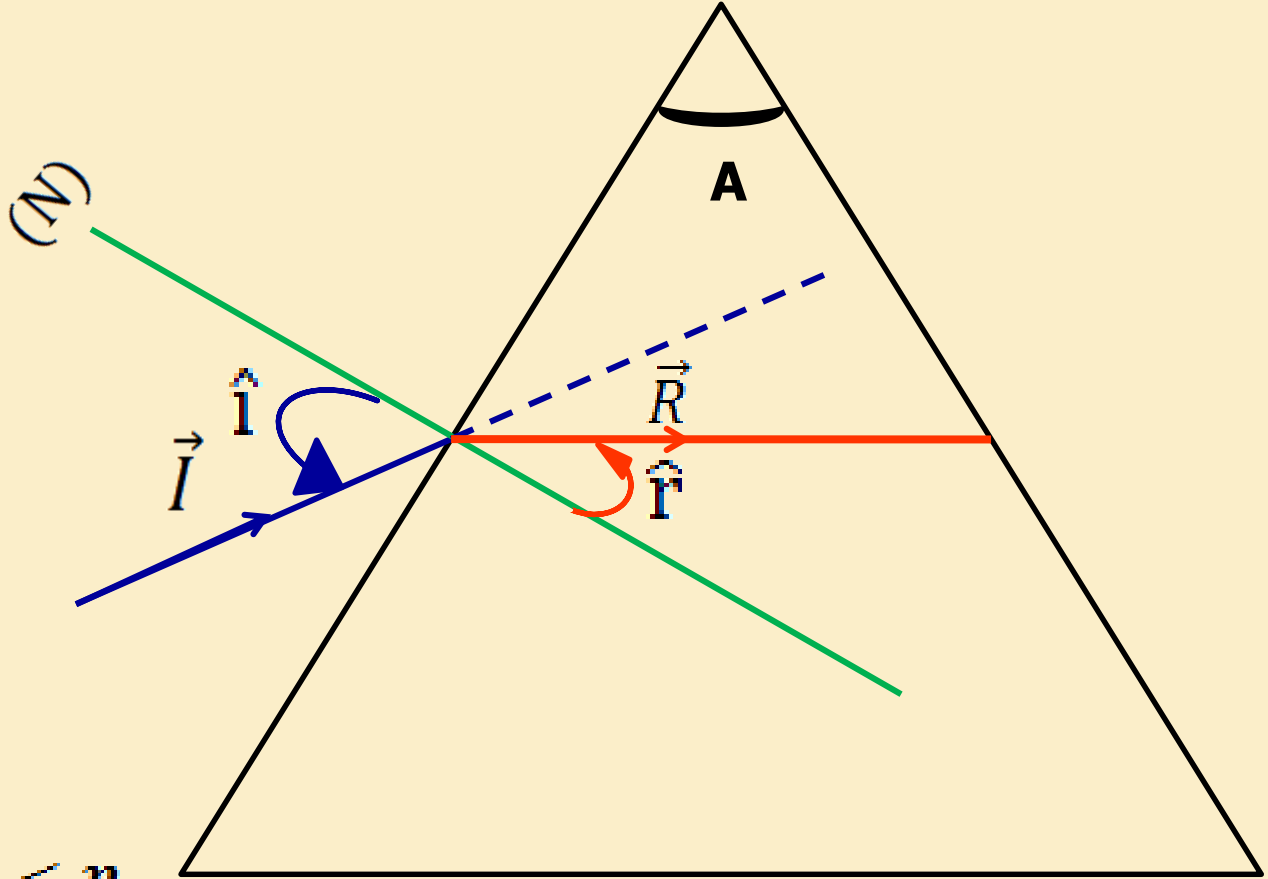






$$n_a < n_p$$
$$\hat{i} > \hat{r}$$

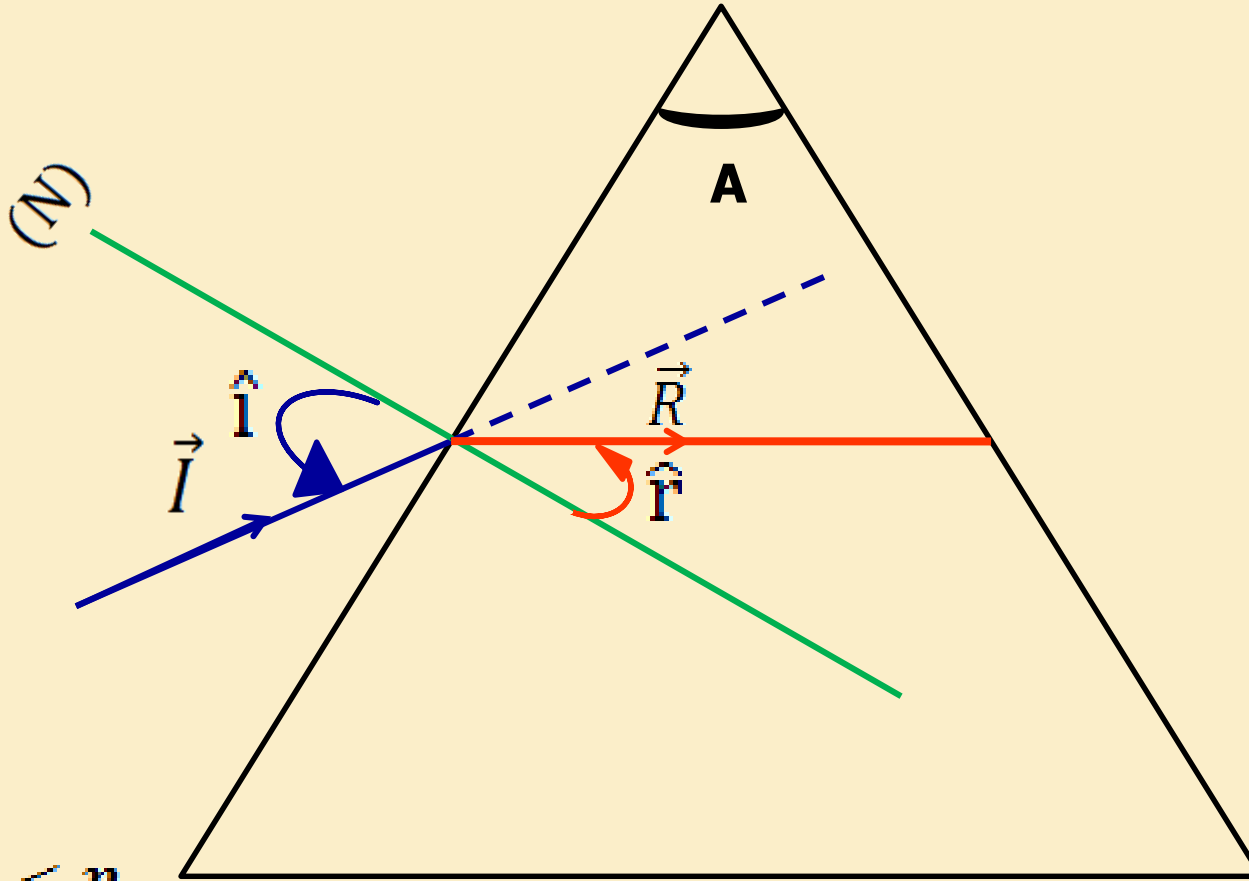
**Phénomène  
de Réfraction**



$$n_a < n_p$$
$$\hat{i} > \hat{r}$$

**Phénomène  
de Réfraction**

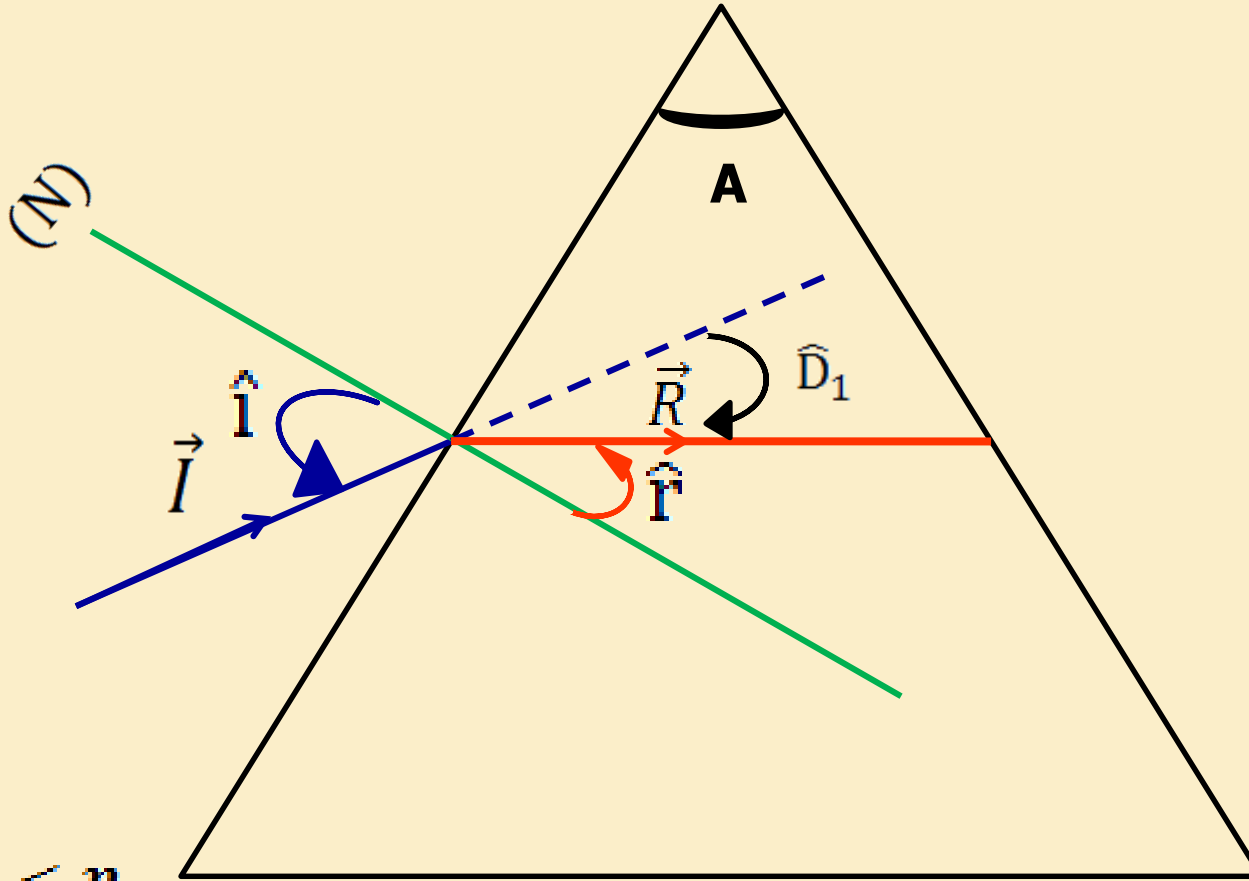
**Loi Snell Descarte :**  $n_a \sin i = n_p \sin r$



$$n_a < n_p$$
$$\hat{i} > \hat{r}$$

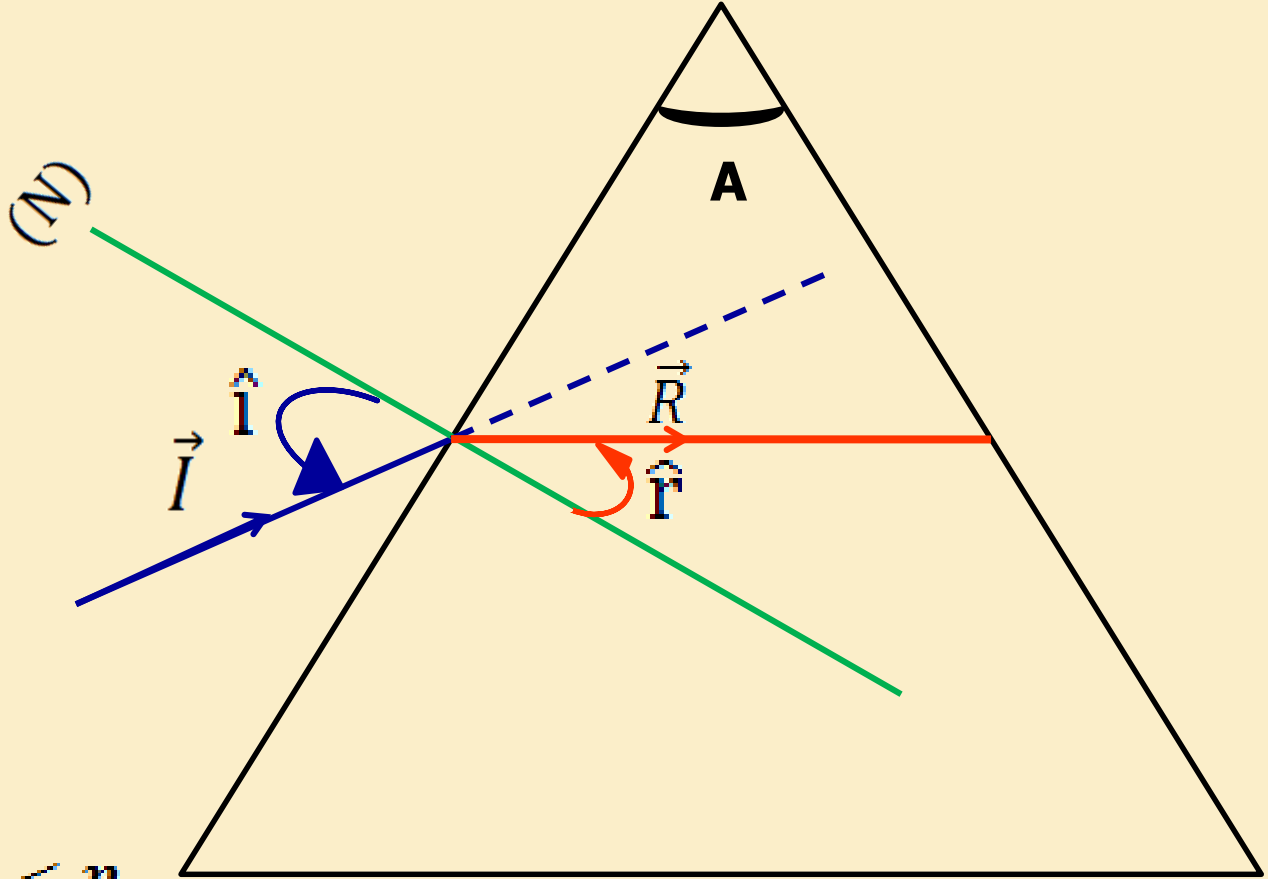
**Phénomène  
de Réfraction**

**Deviation :**  $\widehat{D}_1 = \hat{i} - \hat{r}$  (a)



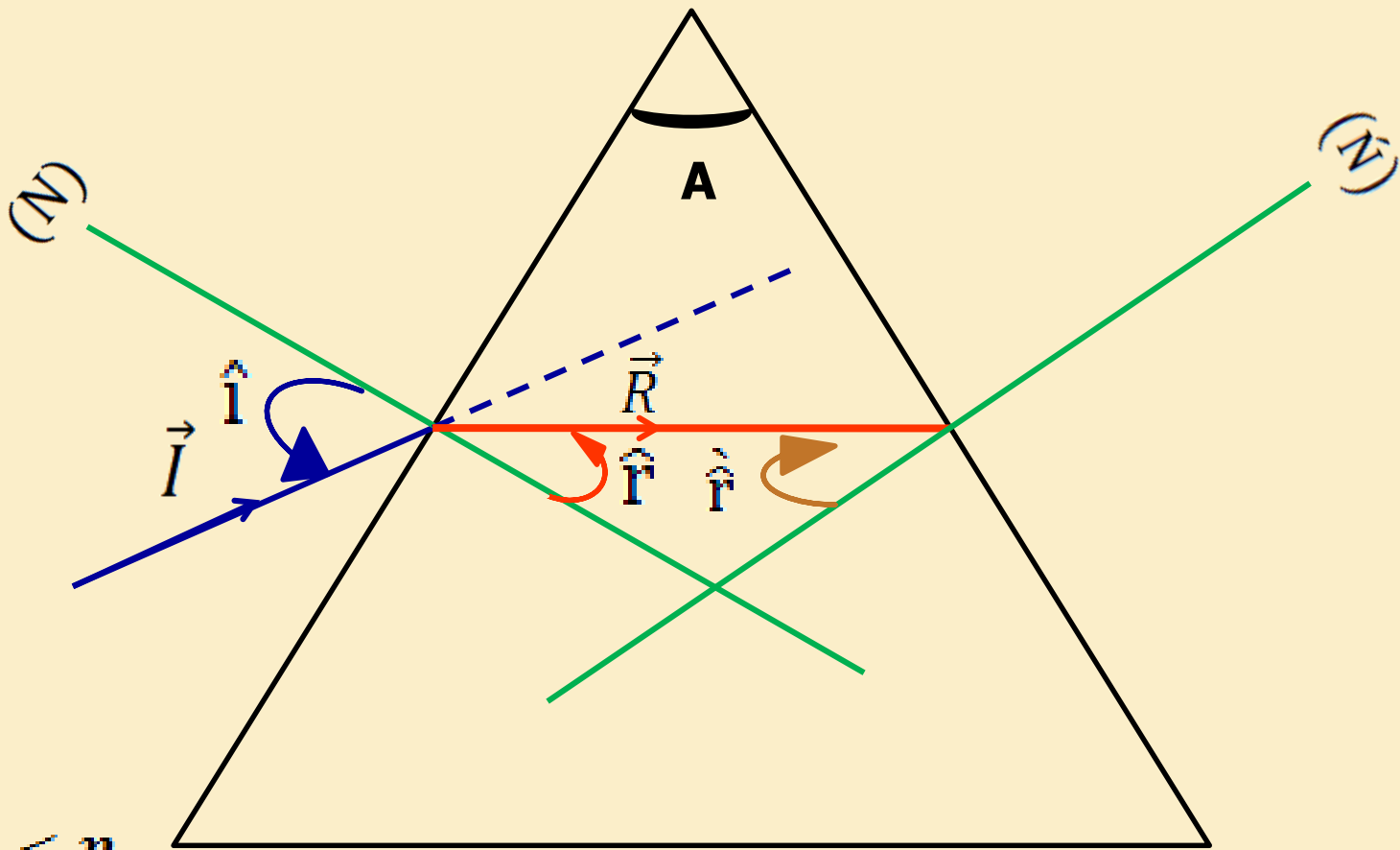
$n_a < n_p$   
 $\hat{i} > \hat{r}$

**Phénomène  
de Réfraction**



$$n_a < n_p$$
$$\hat{i} > \hat{r}$$

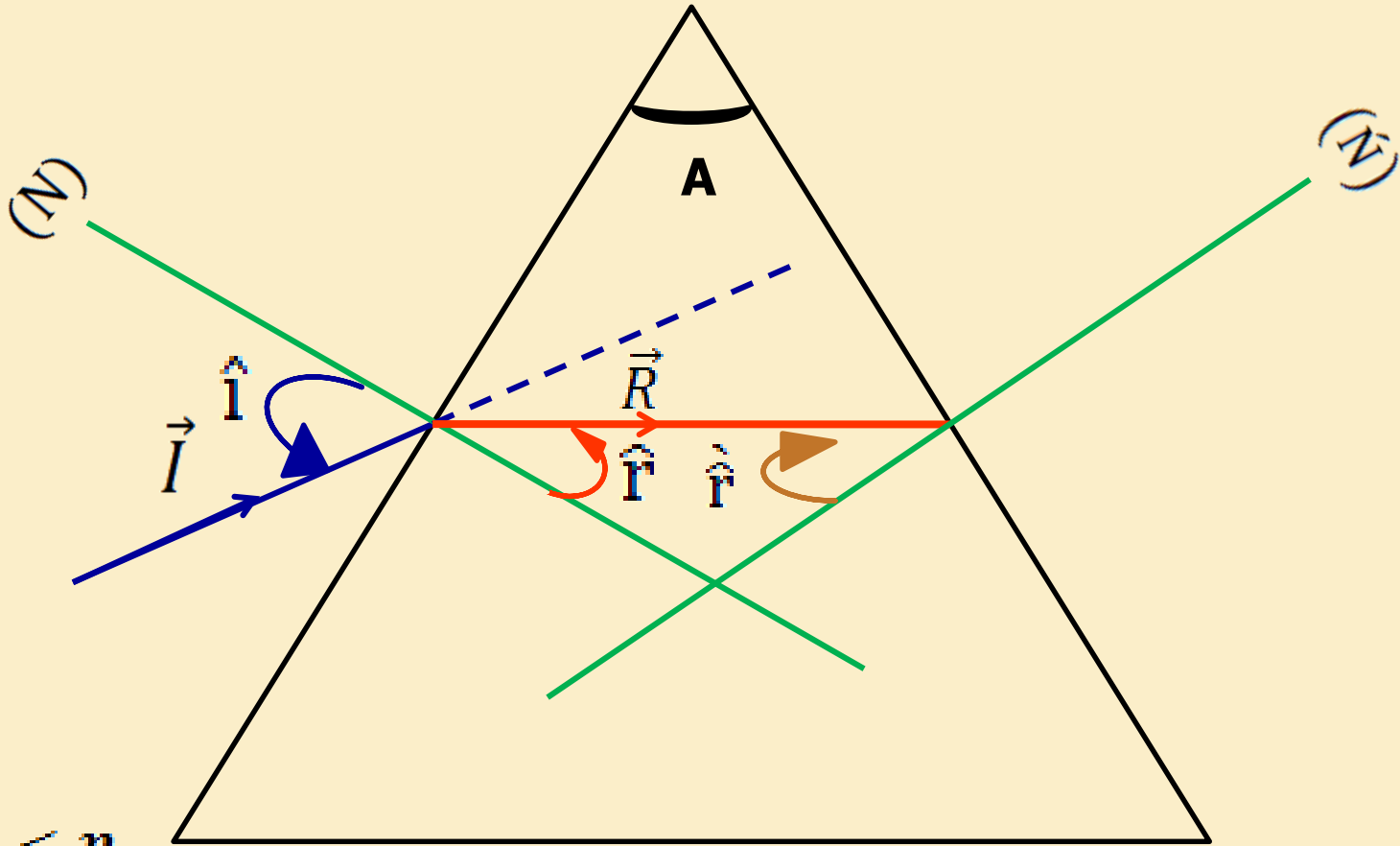
**Phénomène  
de Réfraction**



$n_a < n_p$   
 $\hat{i} > \hat{r}$

**Phénomène  
de Réfraction**

**Sommet :**  $\hat{A} = \hat{i} + \hat{r}$  (Triangle isocèle en A)



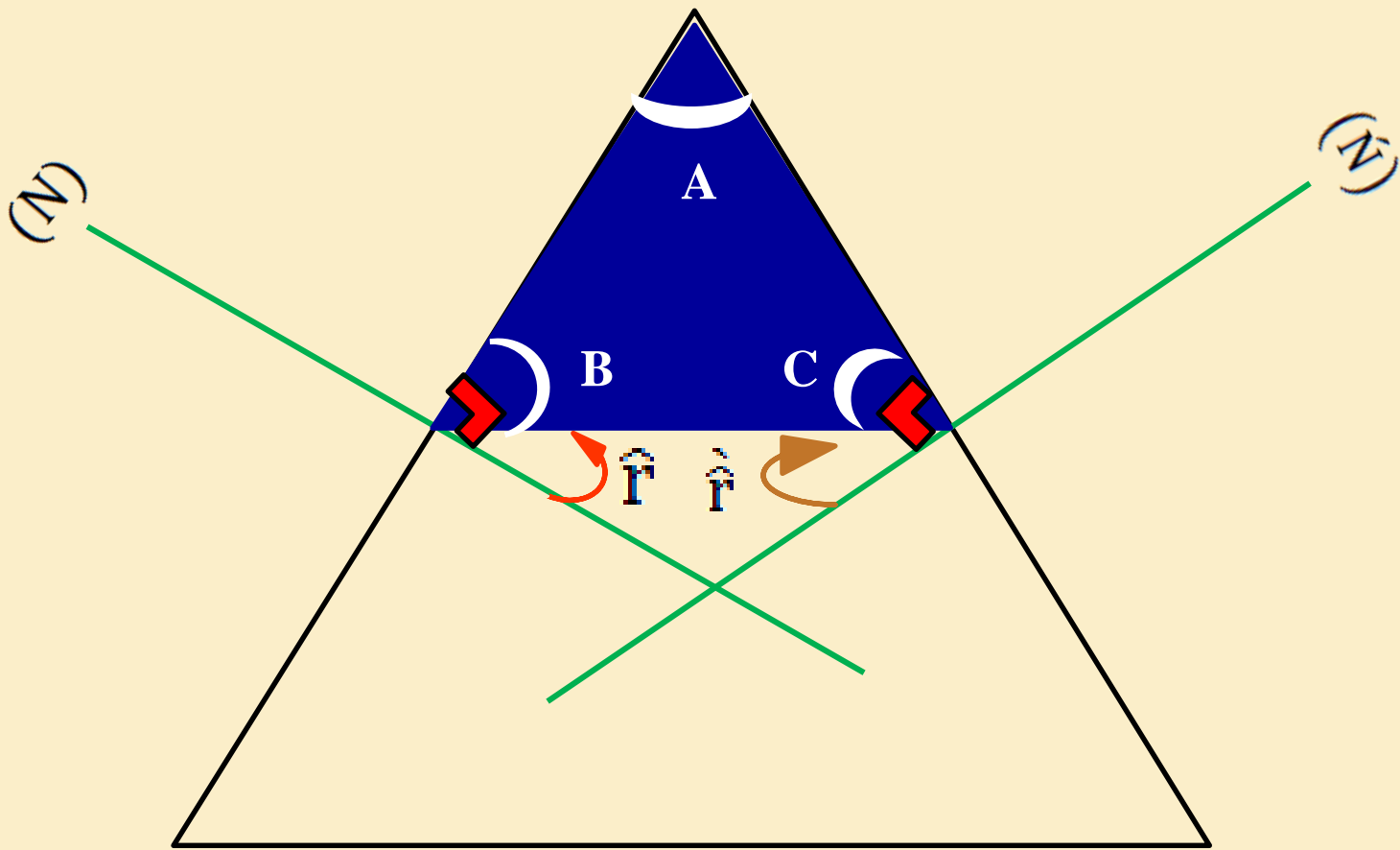
$$n_a < n_p$$


$$\hat{i} > \hat{r}$$

**Phénomène  
de Réfraction**

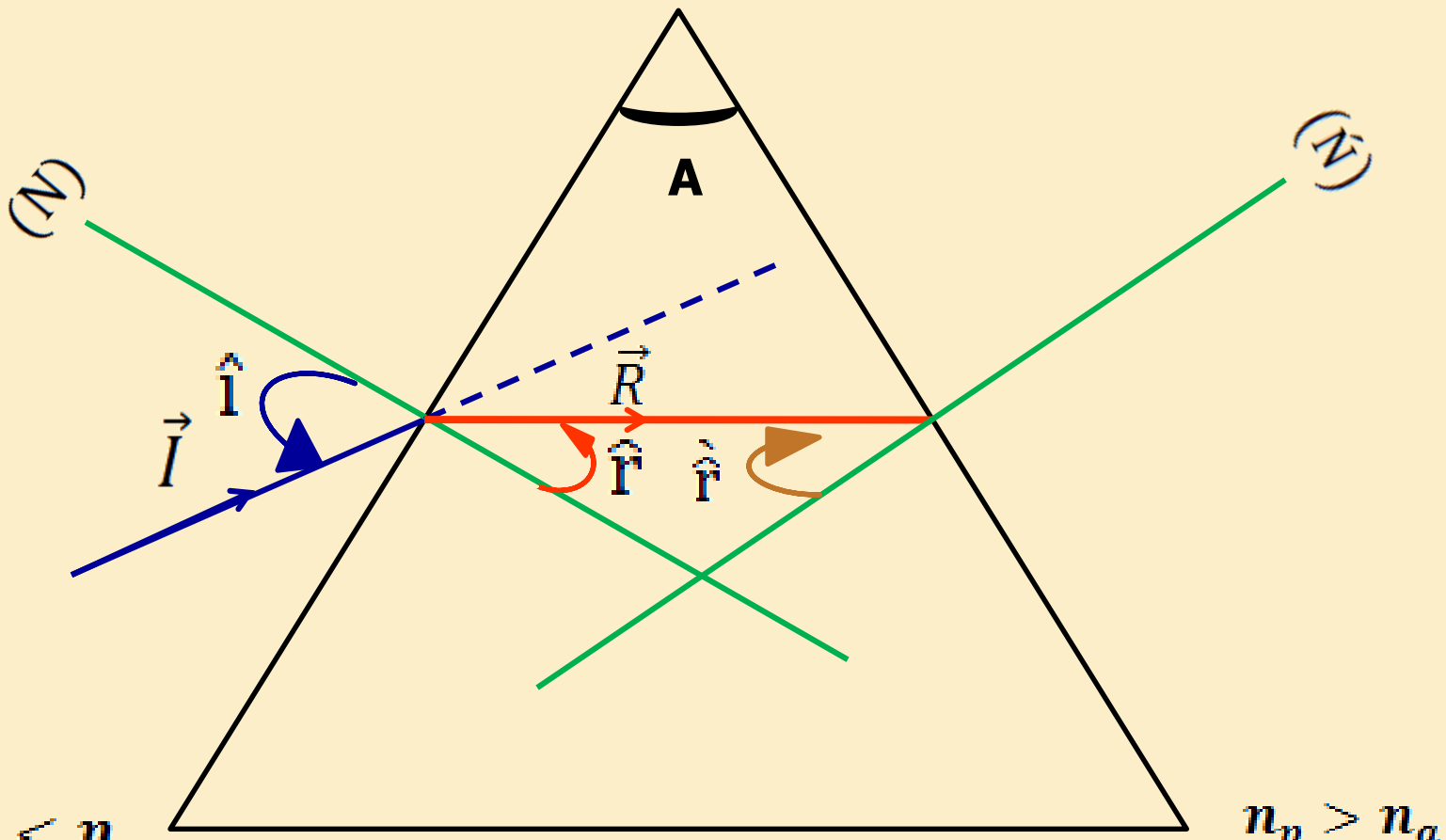


# Démonstration de $\hat{A} = \hat{r} + \hat{r}$



•Triangle  :  $\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = \pi \longrightarrow \hat{A} + \left(\frac{\pi}{2} - \hat{r}\right) + \left(\frac{\pi}{2} - \hat{r}\right) = \pi$

$\longrightarrow$   $\hat{A} = \hat{r} + \hat{r}$

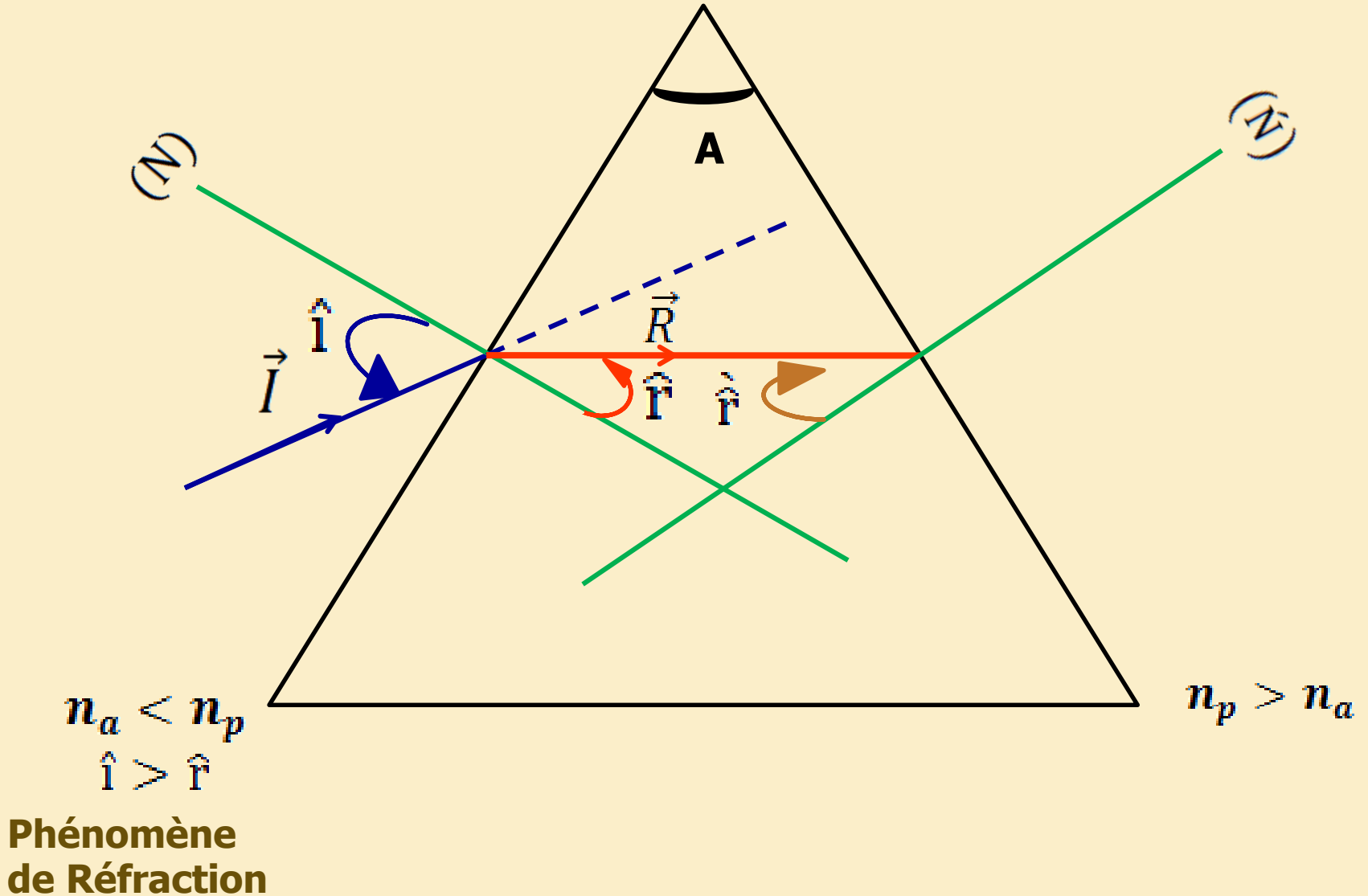


$n_a < n_p$   
 $\hat{i} > \hat{r}$

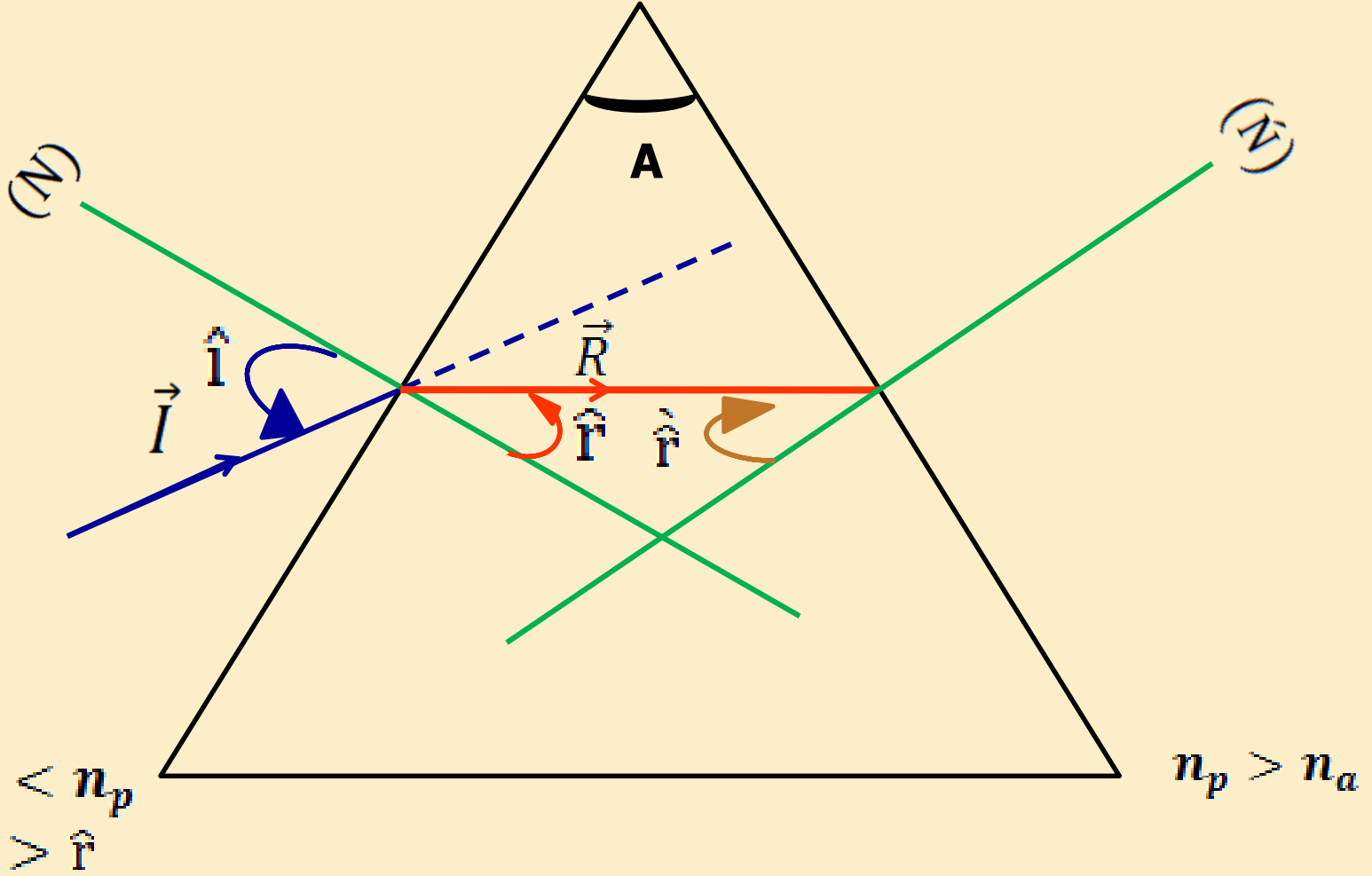
$n_p > n_a$

**Phénomène  
de Réfraction**

$n_p > n_a$  : On doit calculer  $i_L = \arcsin\left(\frac{n_a}{n_p}\right)$

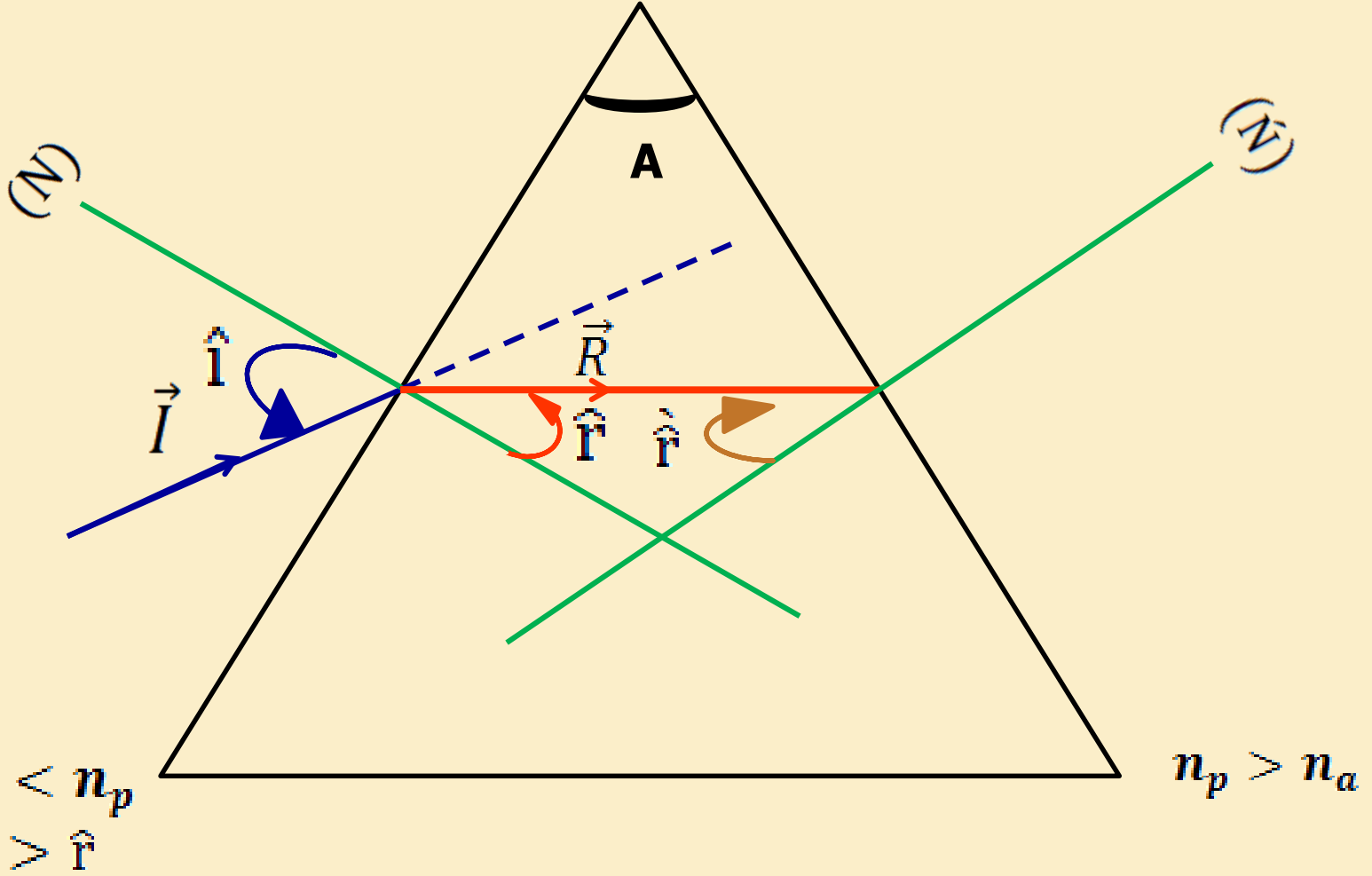


$n_p > n_a$  : On a trouvé  $\hat{r} < i_L$

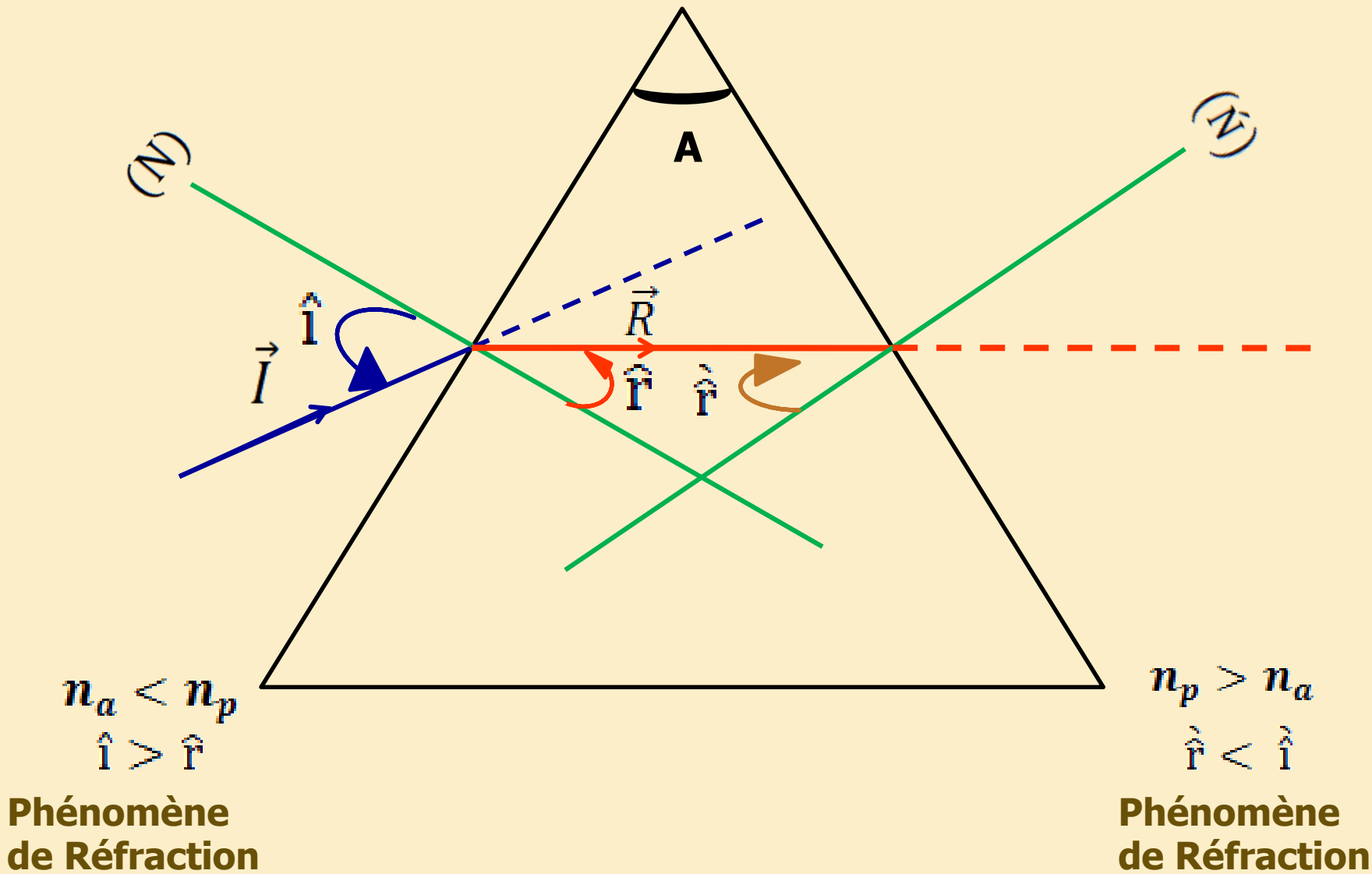


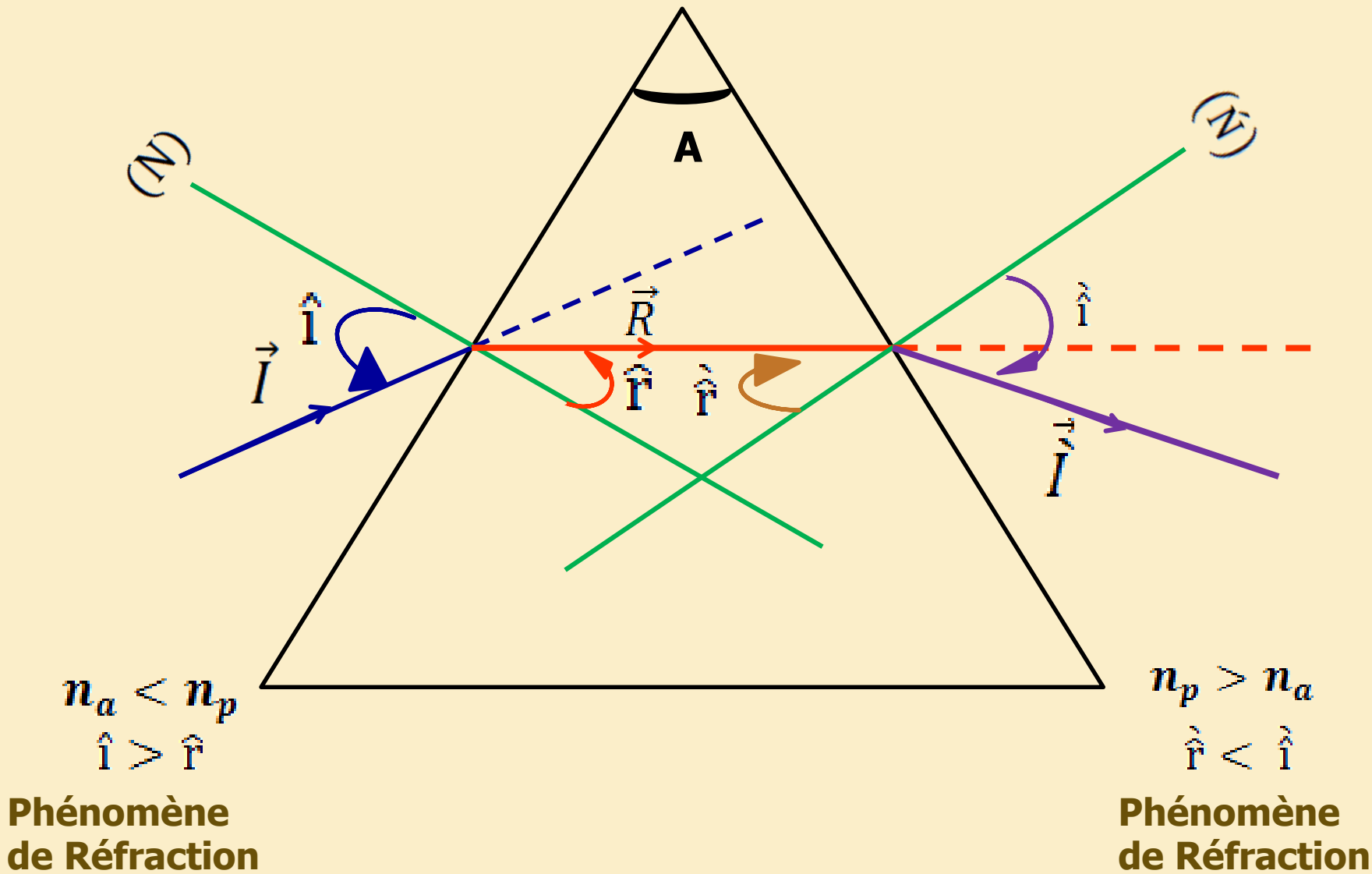
**Phénomène  
de Réfraction**

$n_p > n_a$  : On a trouvé  $\hat{r} < i_L \Rightarrow$  Phénomène de Réfraction

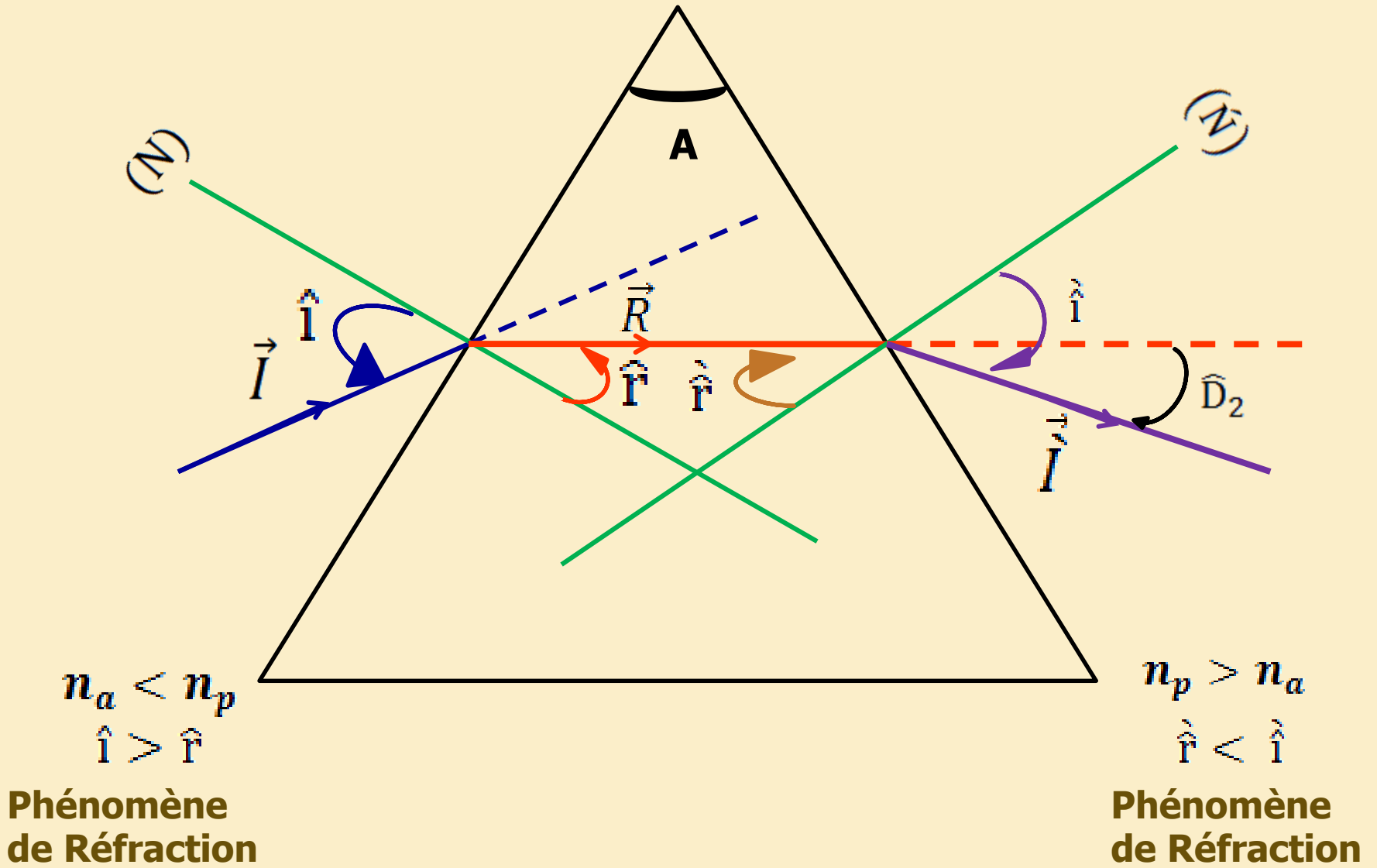


**Phénomène  
de Réfraction**





**Deviation :**  $\widehat{D}_2 = \hat{i} - \hat{r}$  (b)





## ➤ **Déviatiion totale**

## ➤ Déviation totale

• Dioptre (air-prisme) :  $\widehat{D}_1 = \hat{i} - \hat{r}$  (a)

## ➤ Déviation totale

• Dioptre (air-prisme) :  $\widehat{D}_1 = \hat{i} - \hat{r}$  (a)

• Dioptre (prisme-air) :  $\widehat{D}_2 = \hat{i} - \hat{r}$  (b)

## ➤ Déviation totale

• **Dioptre (air-prisme) :**  $\widehat{D}_1 = \hat{i} - \hat{r}$  **(a)**

• **Dioptre (prisme-air) :**  $\widehat{D}_2 = \hat{i} - \hat{r}$  **(b)**

Sachant que  $\widehat{A} = \hat{r} + \hat{r}$

## ➤ Déviation totale

• **Dioptre (air-prisme) :**  $\widehat{D}_1 = \hat{i} - \hat{r}$  (a)

• **Dioptre (prisme-air) :**  $\widehat{D}_2 = \hat{i} - \hat{r}$  (b)

Sachant que  $\widehat{A} = \hat{r} + \hat{r}$

La déviation totale  $\widehat{D}_t = \widehat{D}_1 + \widehat{D}_2$

## ➤ Déviation totale

• **Dioptre (air-prisme) :**  $\widehat{D}_1 = \hat{i} - \hat{r}$  (a)

• **Dioptre (prisme-air) :**  $\widehat{D}_2 = \hat{i}' - \hat{r}'$  (b)

Sachant que  $\widehat{A} = \hat{r} + \hat{r}'$

La déviation totale  $\widehat{D}_t = \widehat{D}_1 + \widehat{D}_2$

(a) et (b)  $\longrightarrow$   $\widehat{D}_t = \hat{i} + \hat{i}' - \widehat{A}$  (\*)

## ➤ Déviation totale

• Dioptré (air-prisme) :  $\widehat{D}_1 = \hat{i} - \hat{r}$  (a)

• Dioptré (prisme-air) :  $\widehat{D}_2 = \hat{i}' - \hat{r}'$  (b)

Sachant que  $\widehat{A} = \hat{r} + \hat{r}'$

La déviation totale  $\widehat{D}_t = \widehat{D}_1 + \widehat{D}_2$

(a) et (b)  $\longrightarrow$   $\widehat{D}_t = \hat{i} + \hat{i}' - \widehat{A}$  (\*)

➤ **Déviation minimale:** La déviation minimale est atteinte pour

$$\left\{ \begin{array}{l} \hat{i} = \hat{i}' = \hat{i}_m \\ \hat{r} = \hat{r}' = \frac{\widehat{A}}{2} = \hat{r}_m \end{array} \right.$$

## ➤ Déviation totale

• **Dioptré (air-prisme) :**  $\widehat{D}_1 = \hat{i} - \hat{r}$  (a)

• **Dioptré (prisme-air) :**  $\widehat{D}_2 = \hat{i}' - \hat{r}'$  (b)

Sachant que  $\widehat{A} = \hat{r} + \hat{r}'$

La déviation totale  $\widehat{D}_t = \widehat{D}_1 + \widehat{D}_2$

(a) et (b)  $\longrightarrow$   $\widehat{D}_t = \hat{i} + \hat{i}' - \widehat{A}$  (\*)

➤ **Déviation minimale:** La déviation minimale est atteinte pour

$$\left\{ \begin{array}{l} \hat{i} = \hat{i}' = \hat{i}_m \\ \hat{r} = \hat{r}' = \frac{\widehat{A}}{2} = \hat{r}_m \end{array} \right. \text{ Remplaçant dans (*) } \longrightarrow \widehat{D}_m = 2\hat{i}_m - \widehat{A}$$



## ➤ La condition d'émergence

▪ Condition sur le sommet :  $\hat{A} < 2\hat{r}_L$

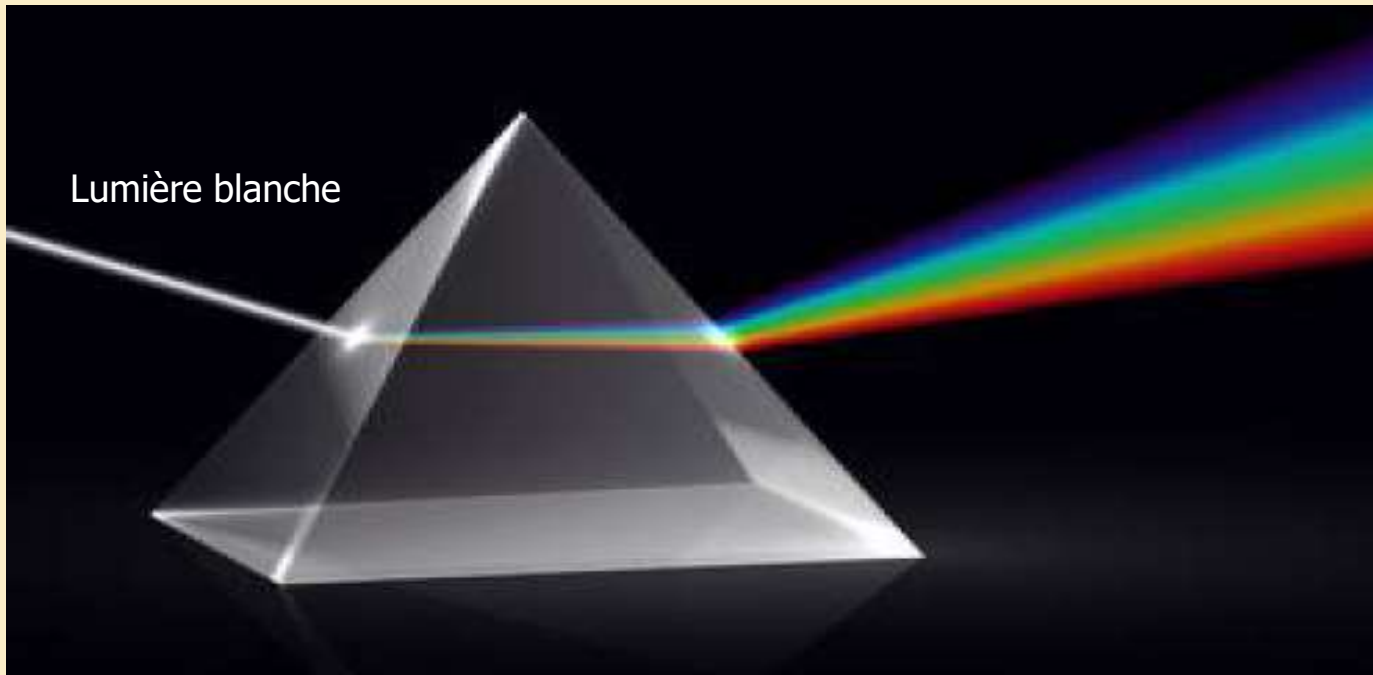
et

▪ Condition sur l'angle d'incidence :  $\hat{i} \geq \arcsin(n_p \sin(A - \hat{r}_L))$

## ➤ Dispersion de la lumière par un prisme

L'expérience montre que lorsque un faisceau parallèle monochromatique aborde un prisme sur une de ces faces, il en émerge par l'autre face plusieurs faisceaux, non parallèles et de couleurs différentes.

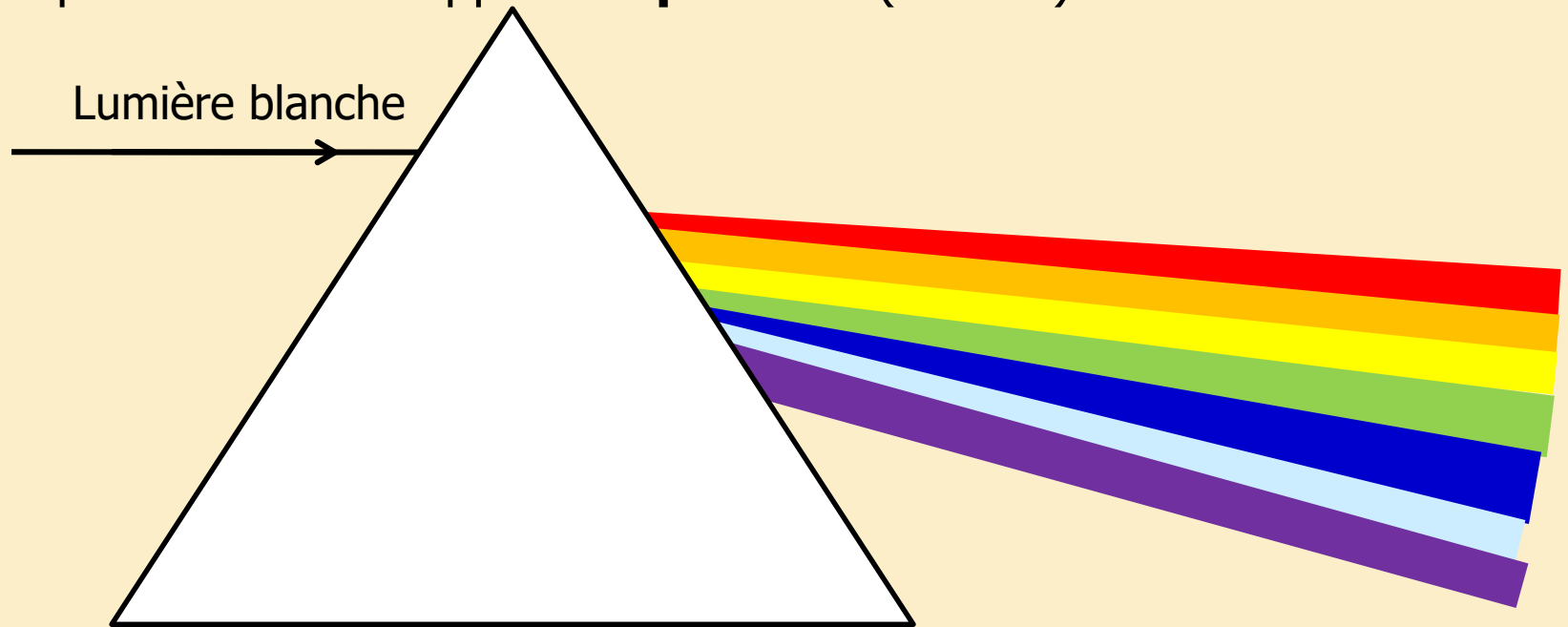
- Ce phénomène est appelé **dispersion**. (voir TP)



## ➤ Dispersion de la lumière par un prisme

L'expérience montre que lorsque un faisceau parallèle monochromatique aborde un prisme sur une de ces faces, il en émerge par l'autre face plusieurs faisceaux, non parallèles et de couleurs différentes.

- Ce phénomène est appelé **dispersion**. (voir TP)



# **2. Construction de l'image**

(Miroir-Dioptre-Lentilles minces)

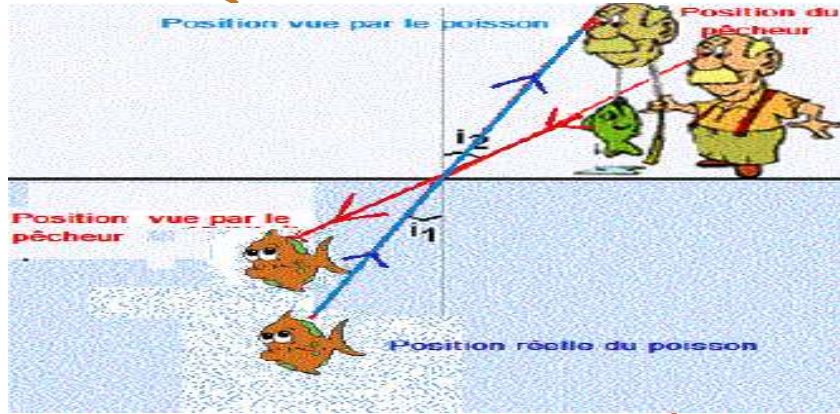
Le But !?!



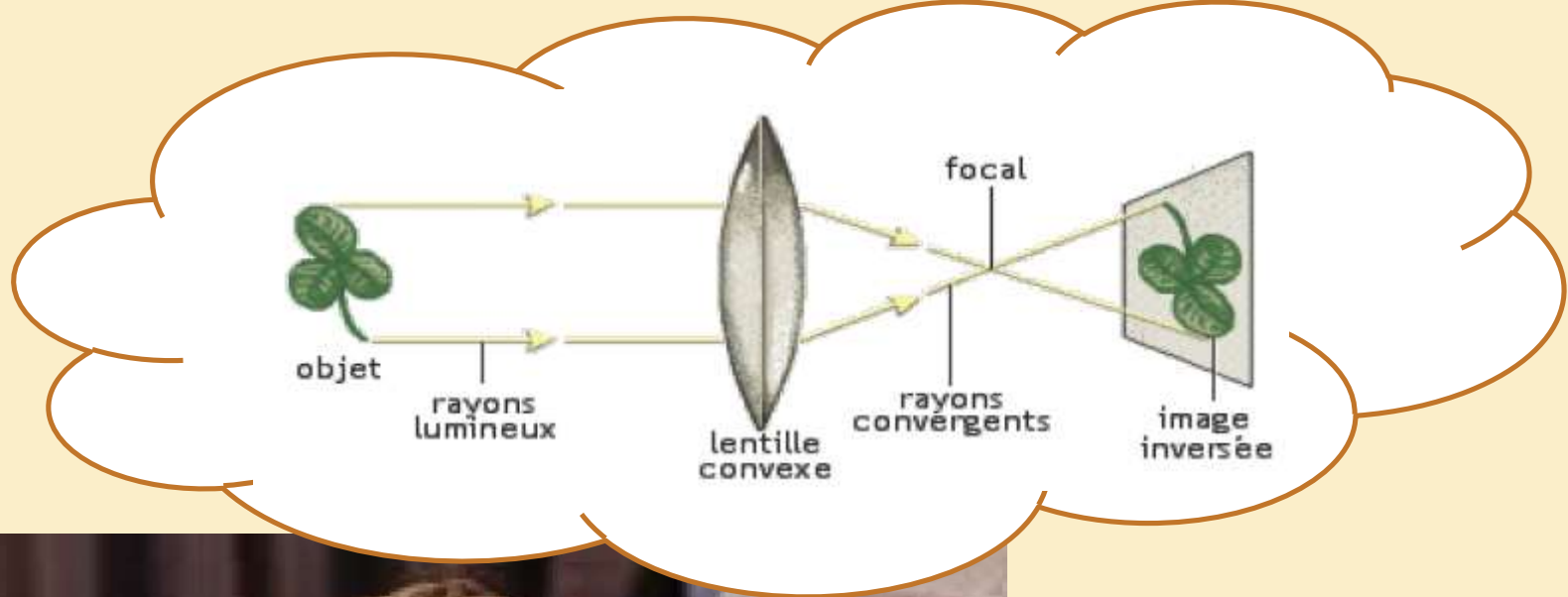
# Image d'un objet







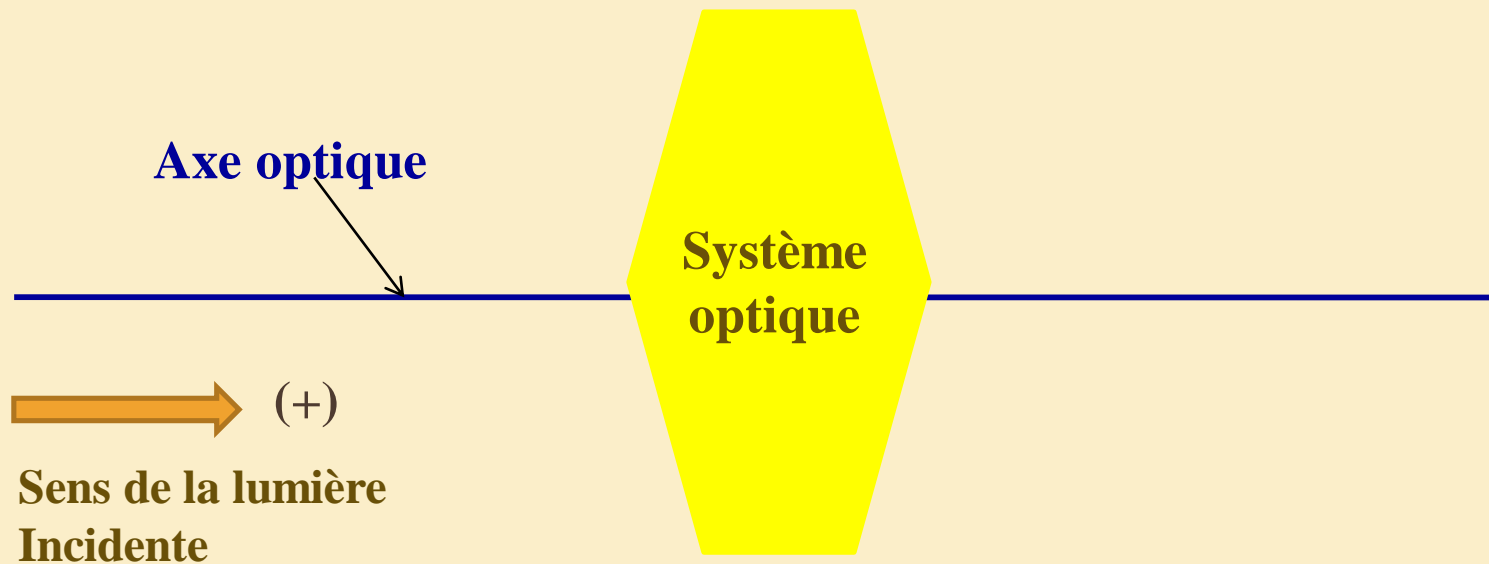




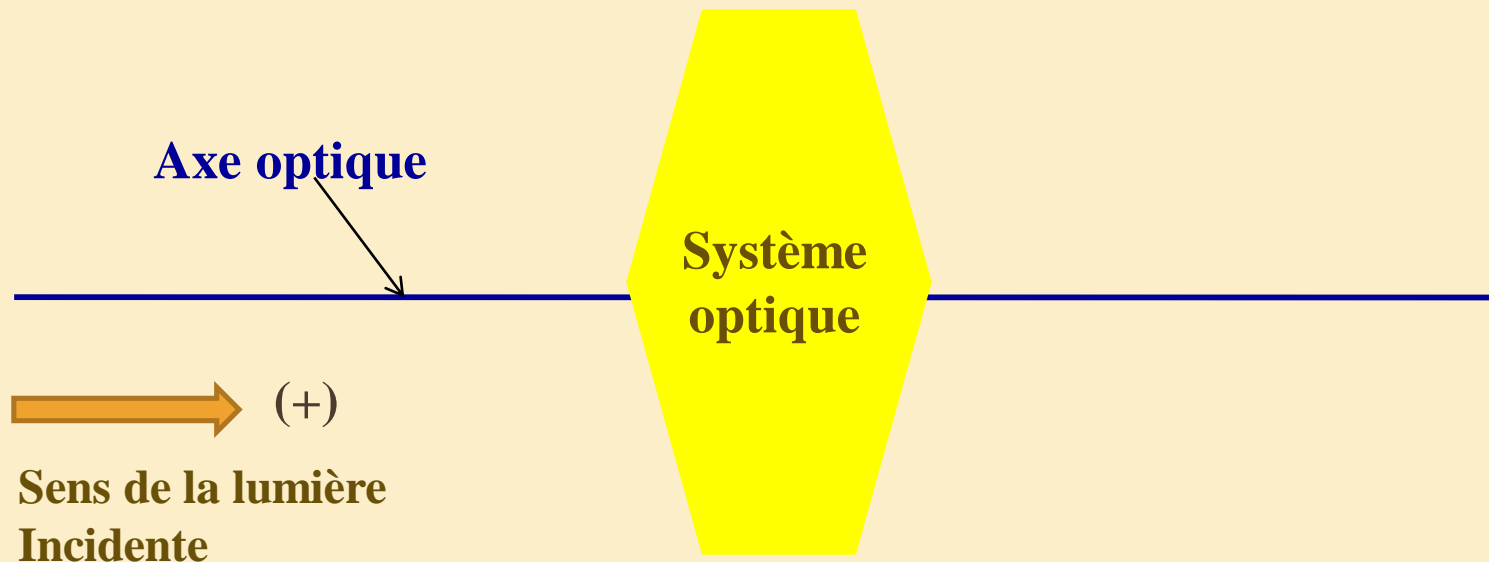
# Définition

---

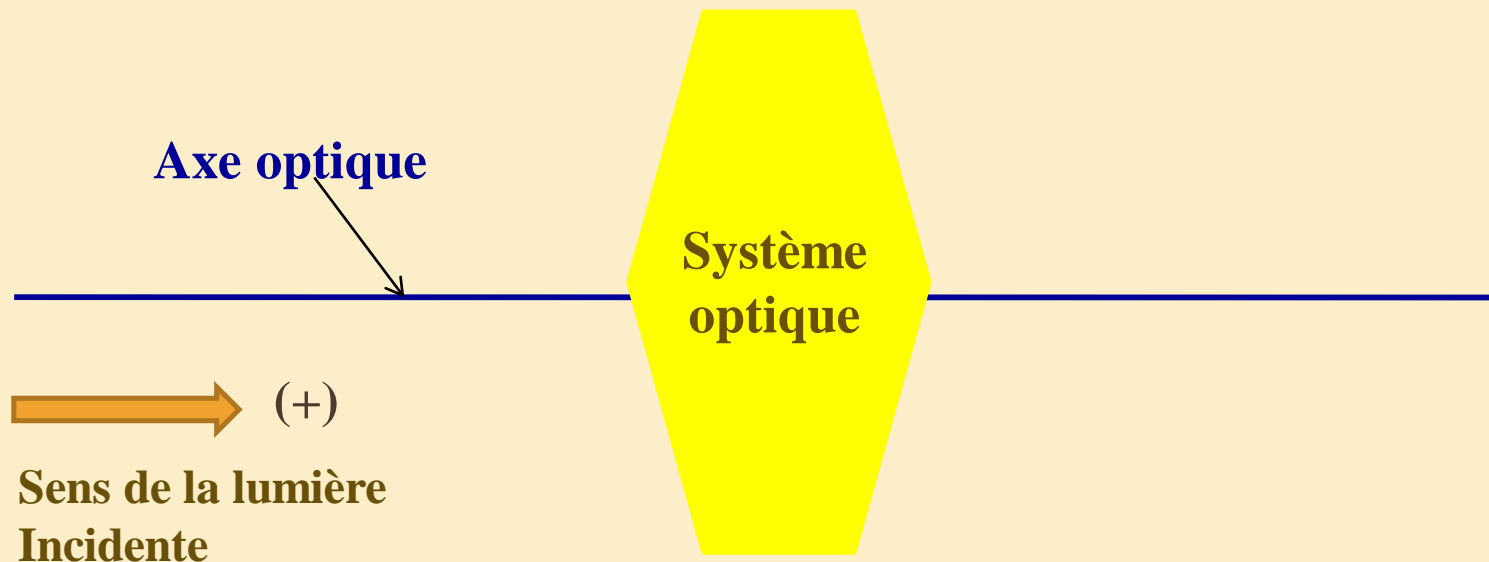
- **Système optique:** Ensemble de surfaces transparents (planes ou sphériques) qui réfléchissent (miroirs) ou réfractent (dioptries) les rayons lumineux.



- **Système optique:** Ensemble de surfaces transparents (planes ou sphériques) qui réfléchissent (miroirs) ou réfractent (dioptries) les rayons lumineux.
- **Dioptriques :** Les systèmes qui possèdent que des dioptries (lentilles, lunettes, microscopes).
- **catadioptriques :** Les systèmes qui comportent des dioptries et des miroirs.



- **Système optique:** Ensemble de surfaces transparents (planes ou sphériques) qui réfléchissent (miroirs) ou réfractent (dioptries) les rayons lumineux.
- **Stigmatisme :** On dit qu'un système est stigmatique si à un point objet correspond un point image unique.



# Miroir



# 1. Miroir Plan

$AB$  : Objet  $\xrightarrow{\text{miroir plan}}$   $A'B'$  : image

Objet linéaire

$B$



$A$

$H$

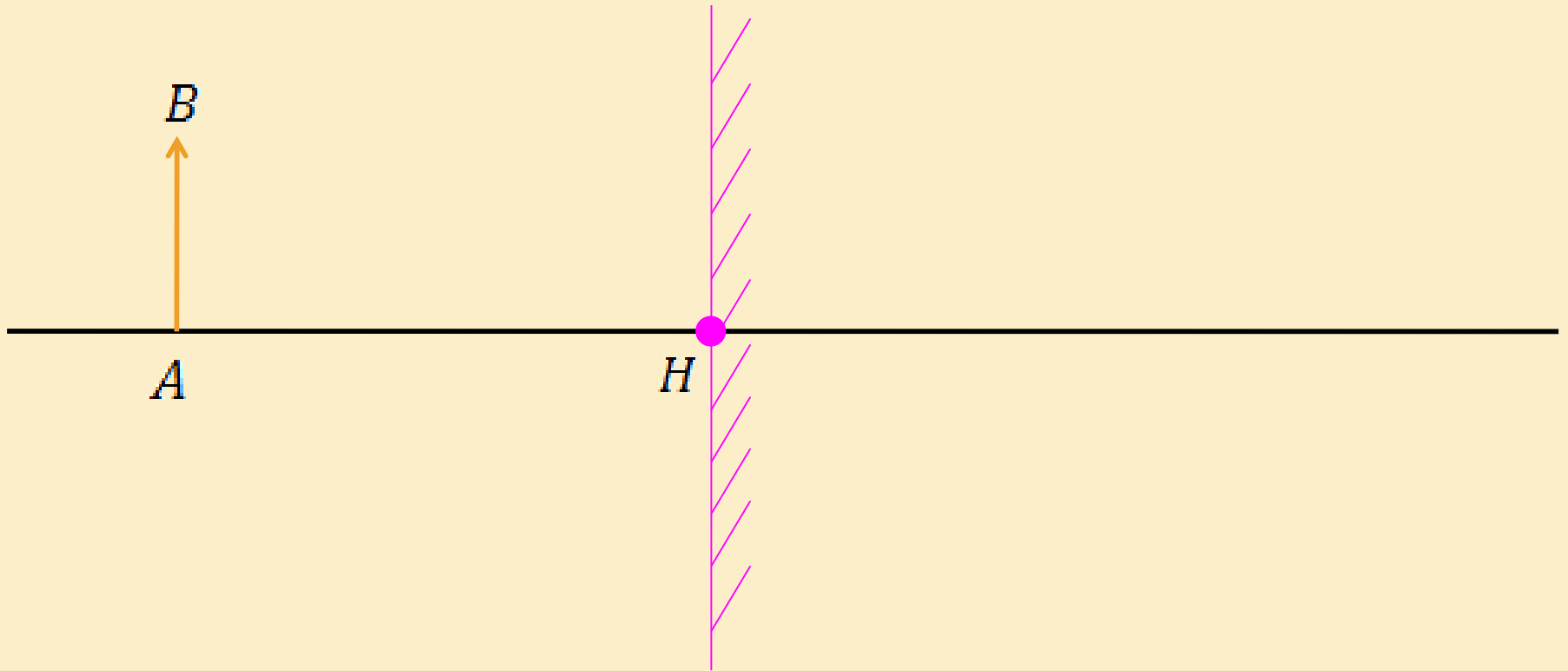
Miroir

$H$  : Projeté orthogonal de  $A$  sur le miroir



# 1. Miroir Plan

$AB$  : Objet  $\xrightarrow{\text{miroir plan}}$   $A'B'$  : image



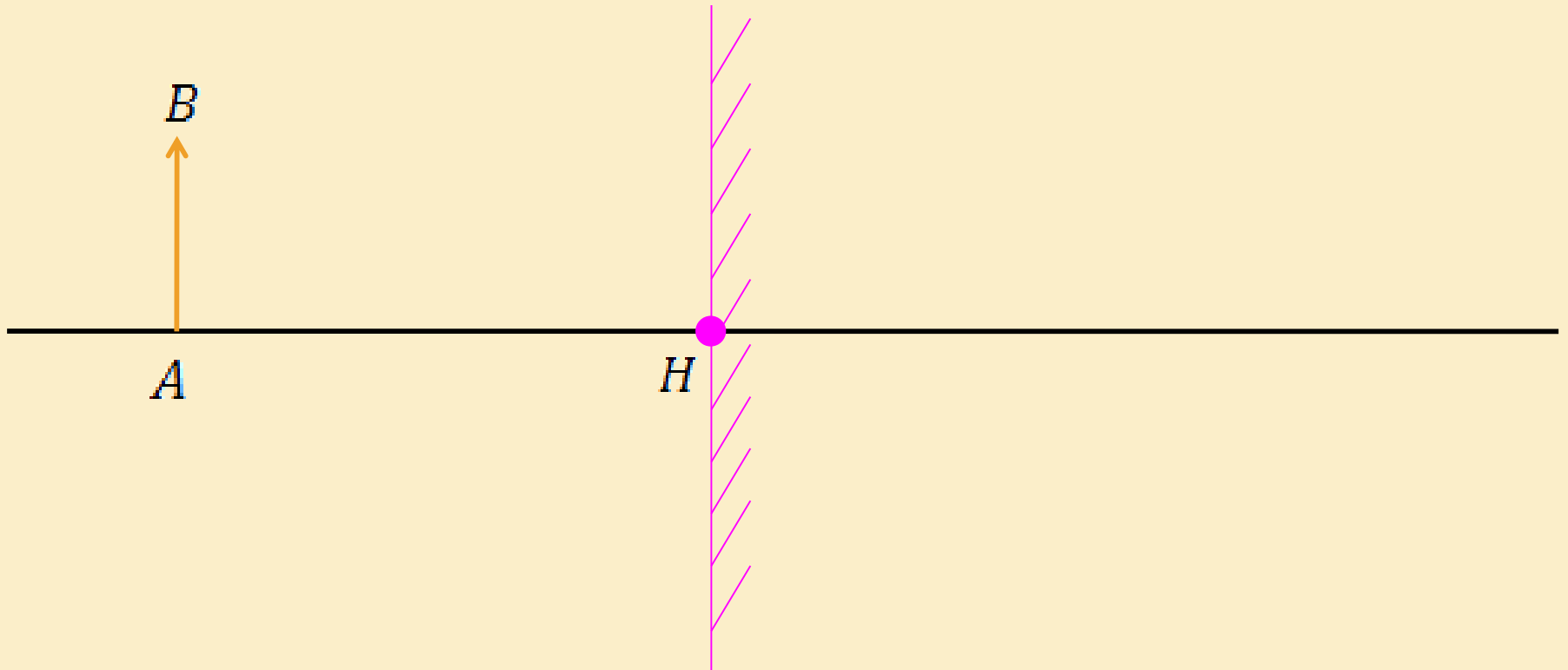
Phénomène de réflexion totale





# 1. Miroir Plan

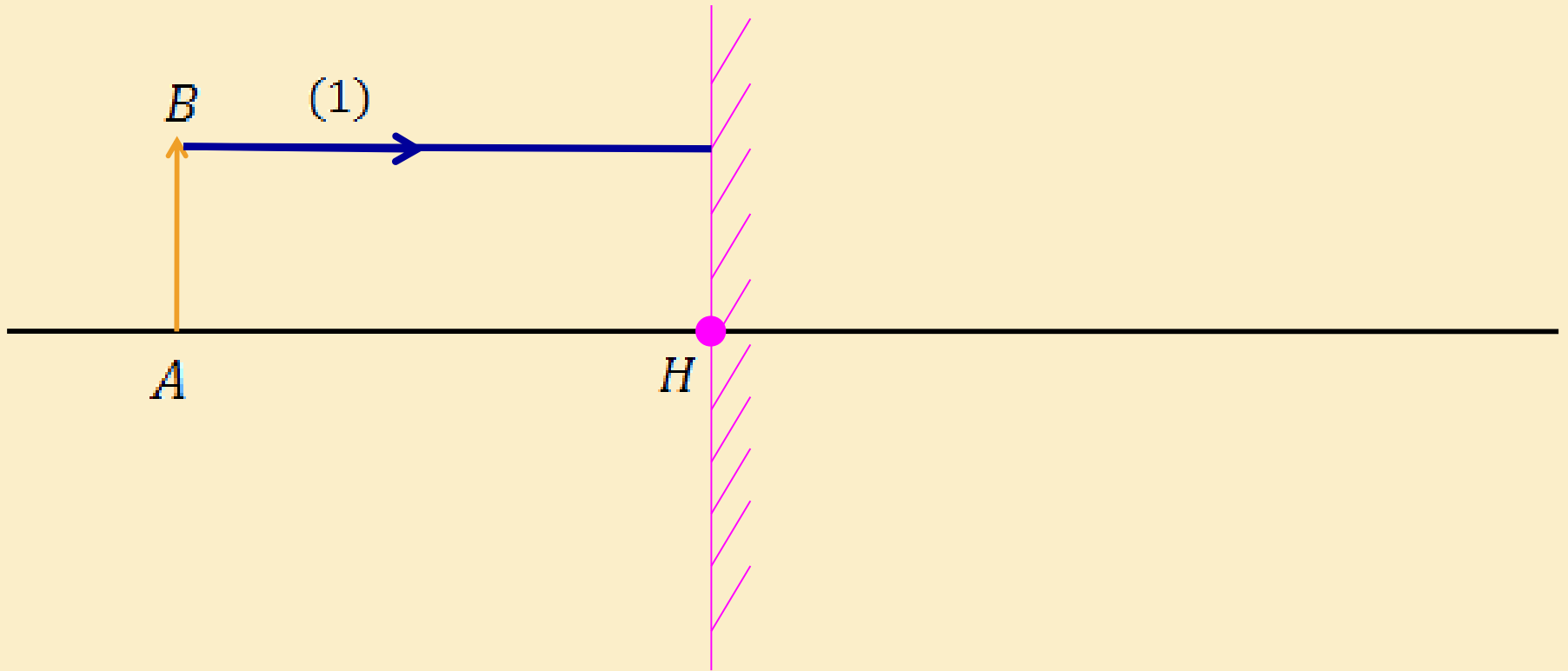
On cherche  $\hat{B}$  l'image de l'objet  $B$



Phénomène de réflexion totale



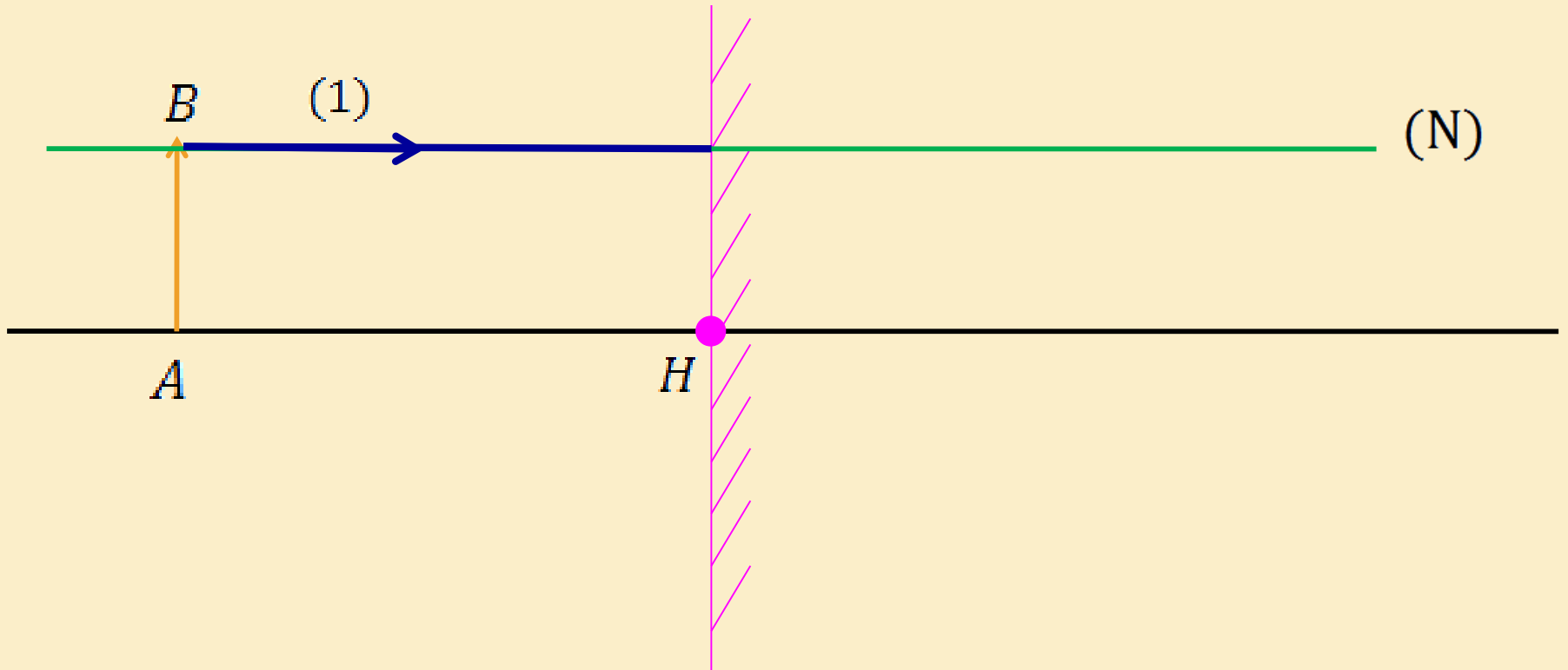
# 1. Miroir Plan



Phénomène de réflexion totale



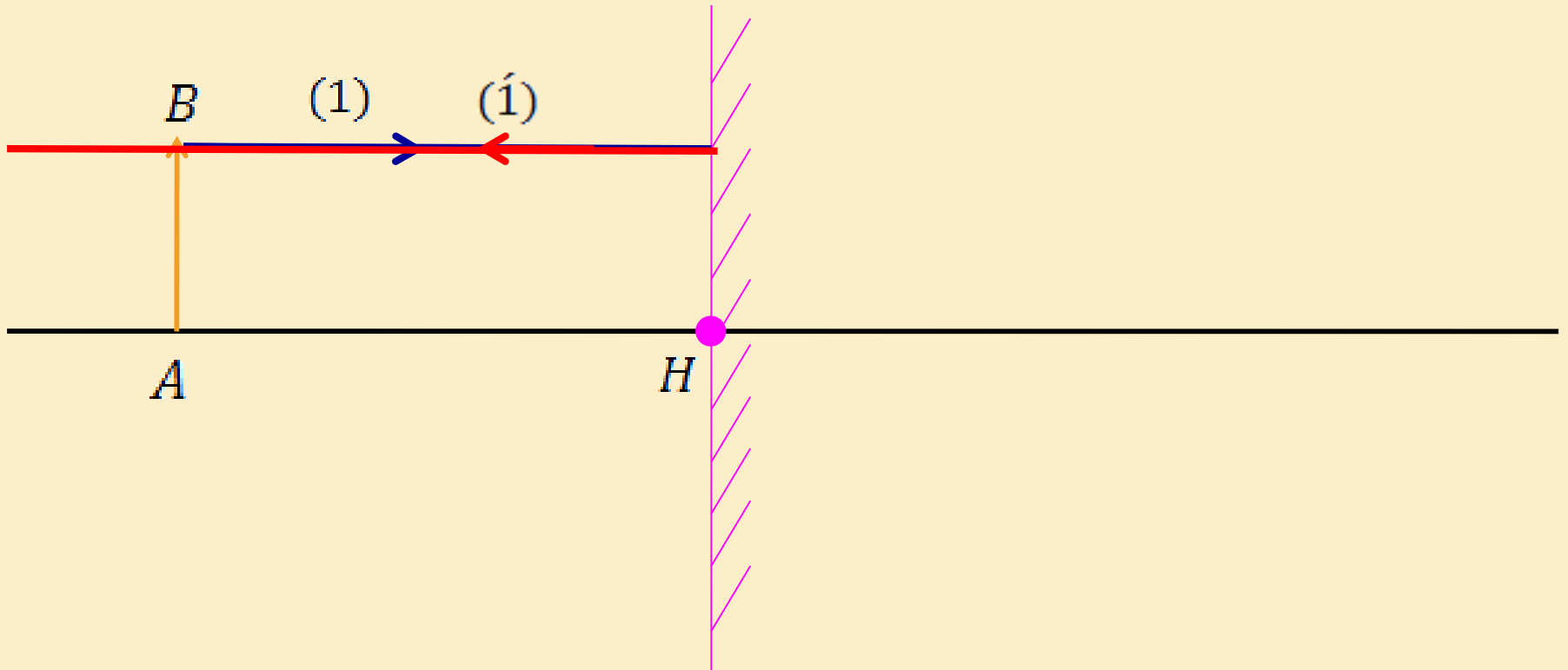
# 1. Miroir Plan



Phénomène de réflexion totale



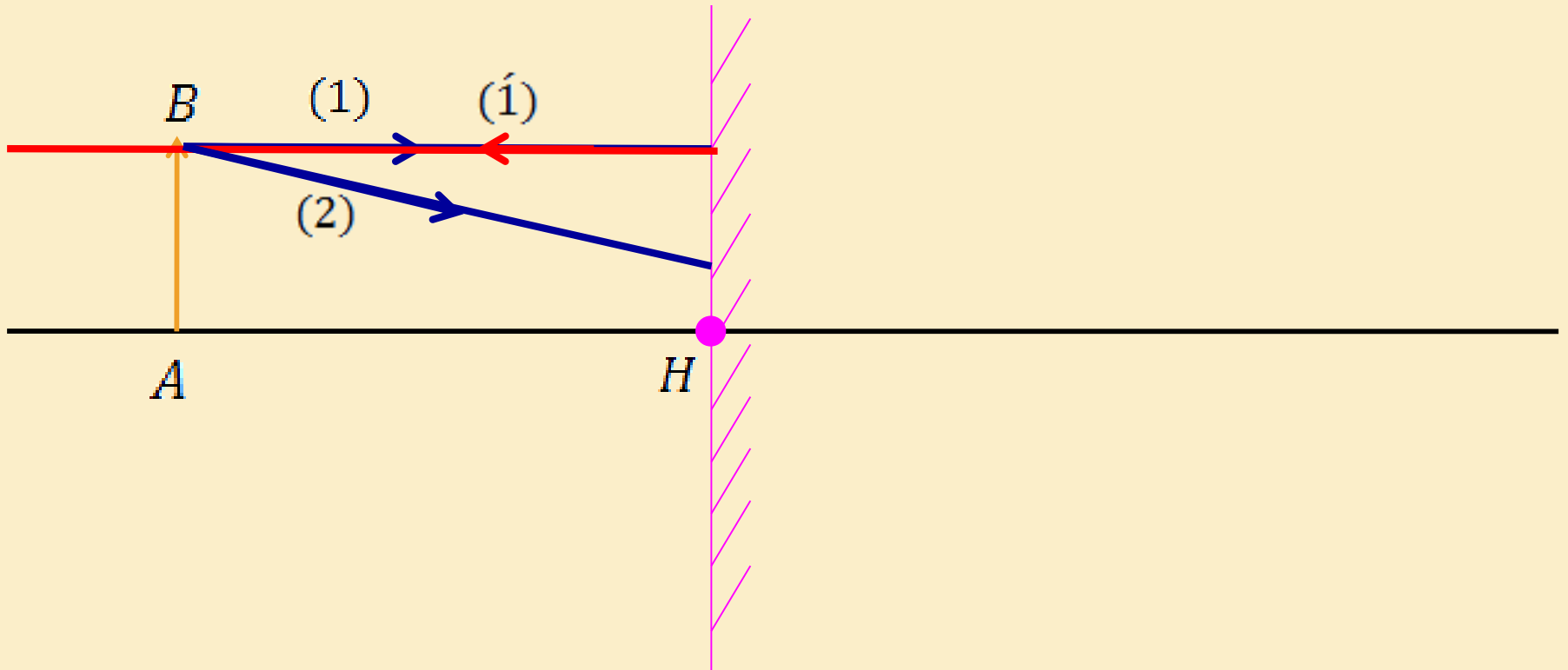
# 1. Miroir Plan



Phénomène de réflexion totale



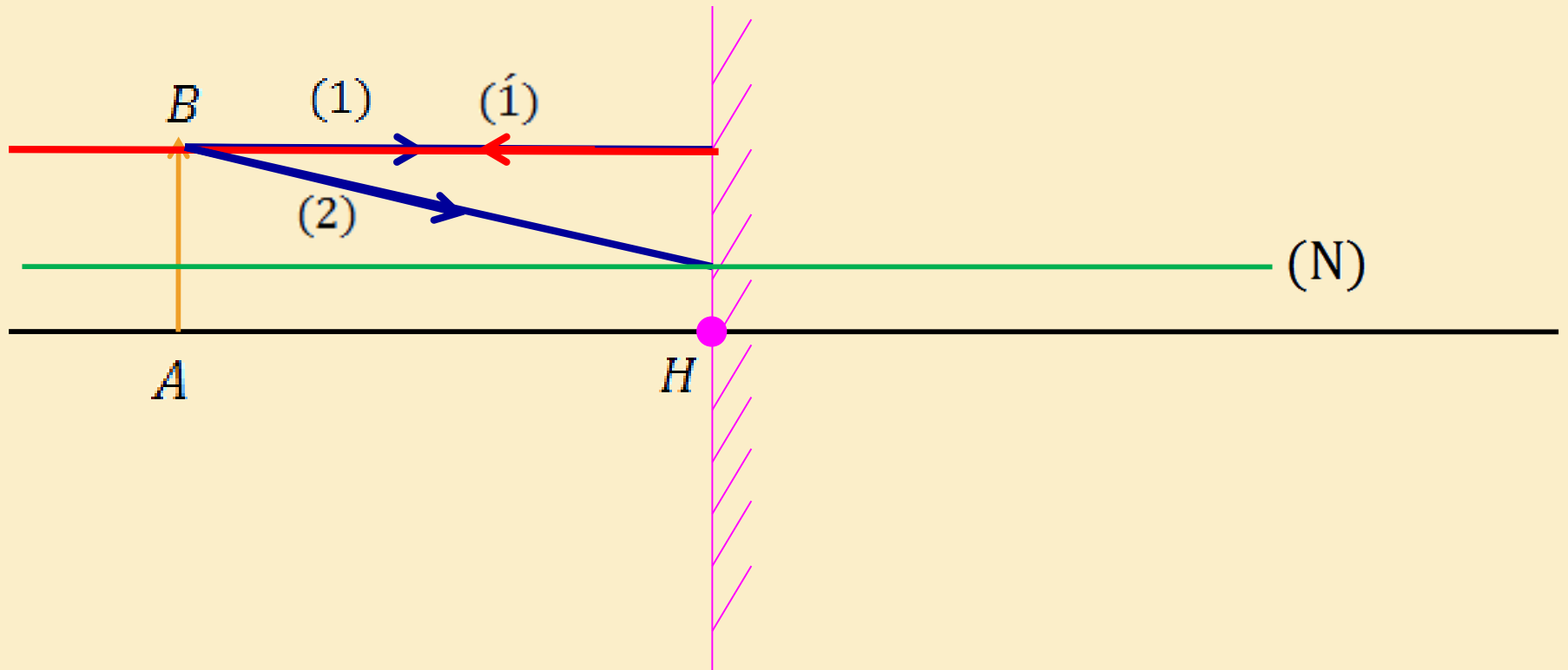
# 1. Miroir Plan



Phénomène de réflexion totale



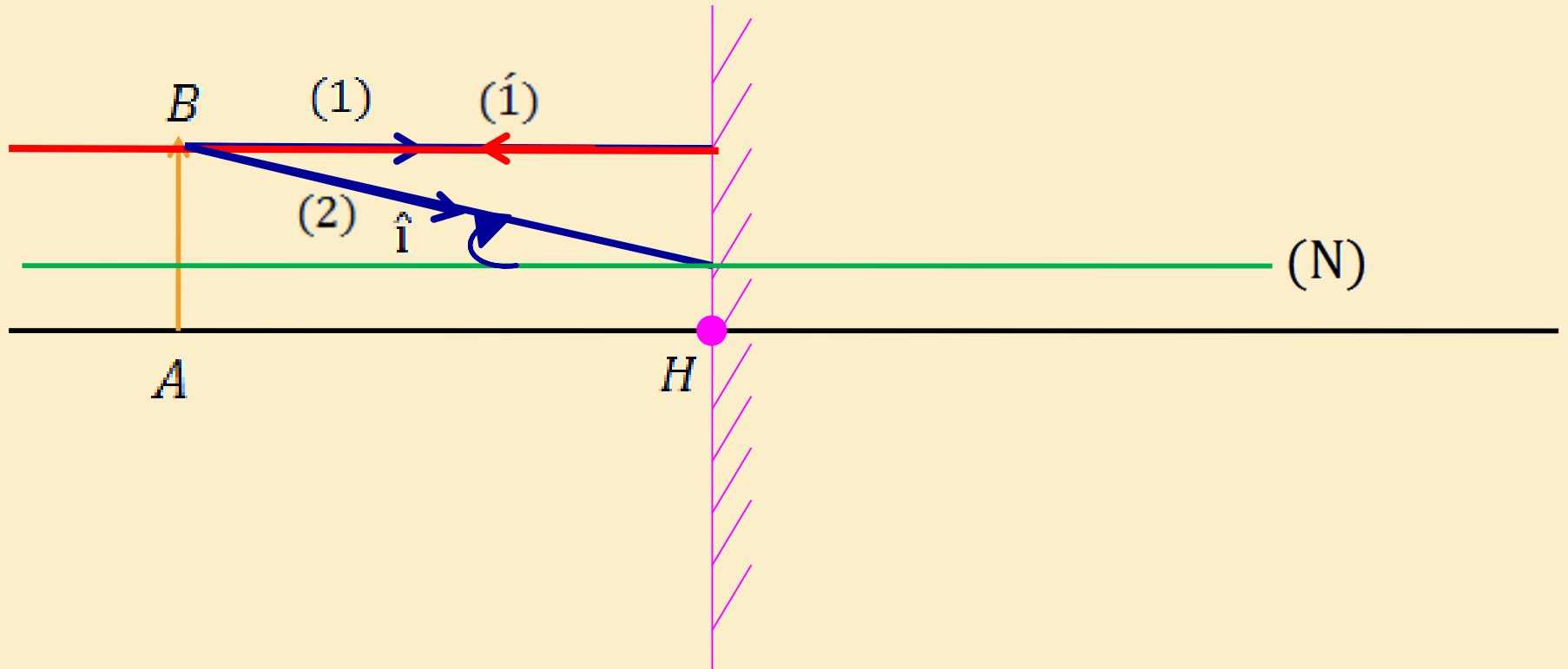
# 1. Miroir Plan



Phénomène de réflexion totale



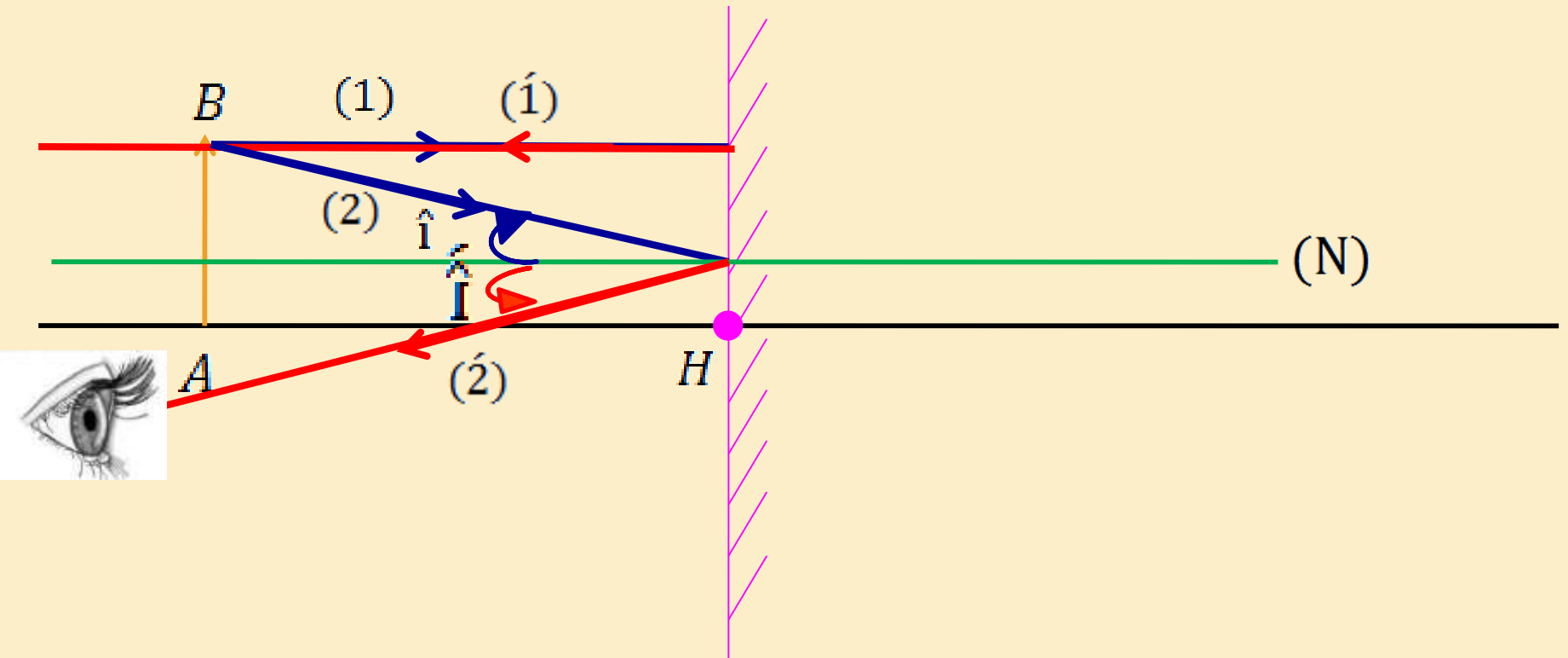
# 1. Miroir Plan



Phénomène de réflexion totale



# 1. Miroir Plan



Phénomène de réflexion totale





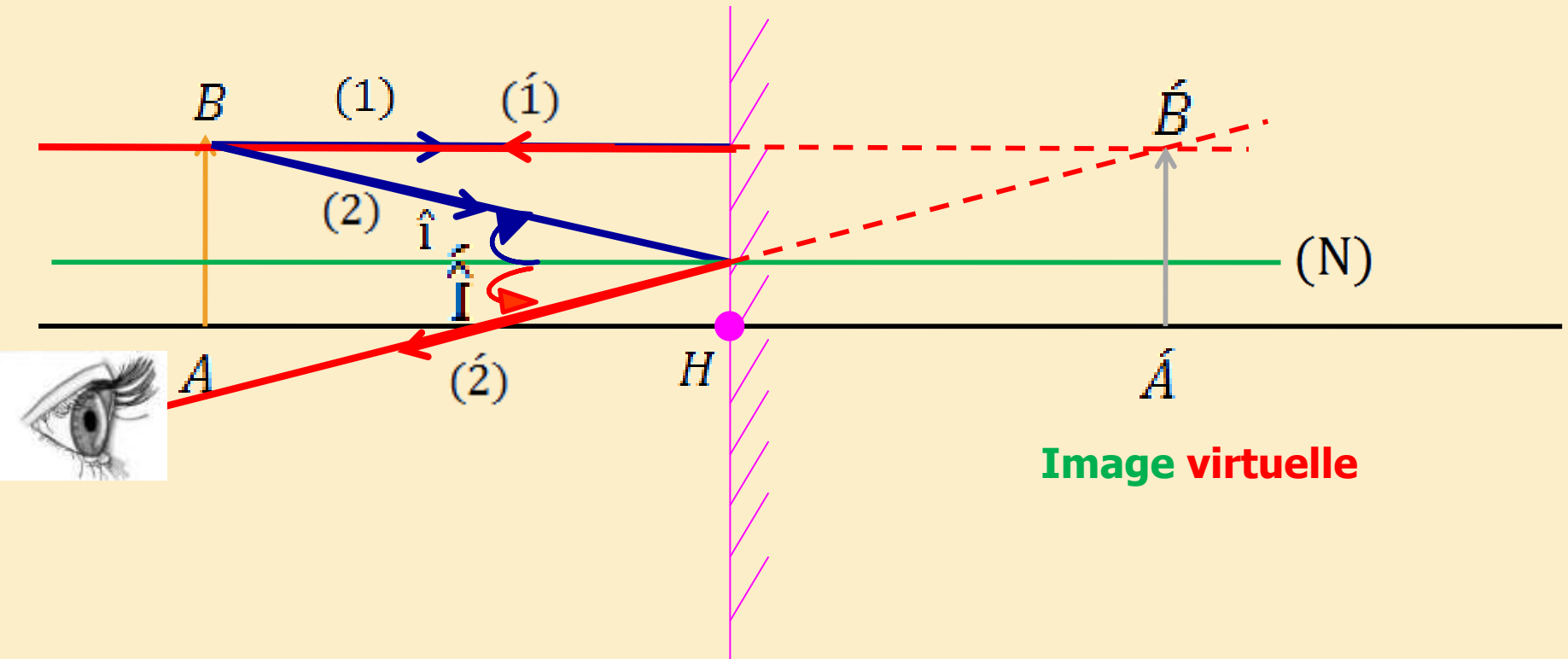






# 1. Miroir Plan

- L' image  $\hat{A}\hat{B}$  est le produit de l'intersection des **prolongements** des **rayons réfléchis**.

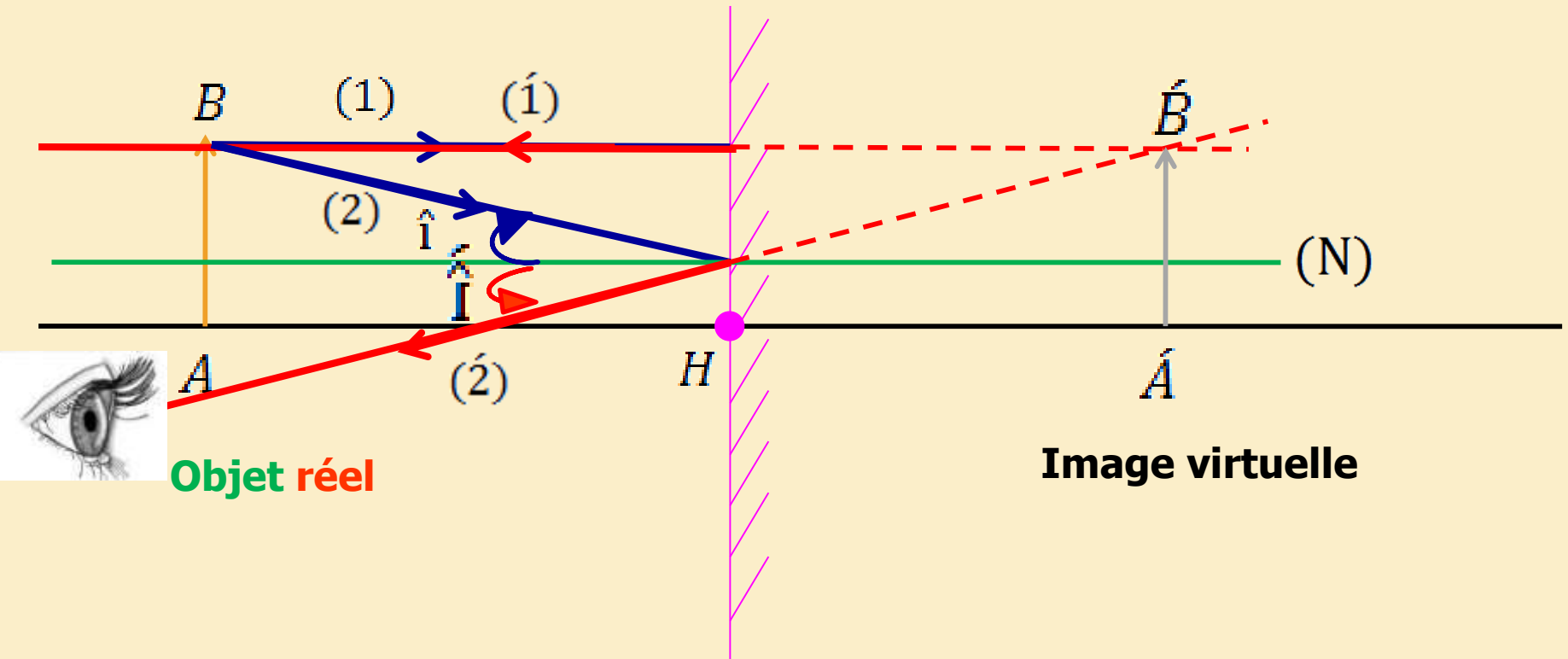


Phénomène de réflexion totale



# 1. Miroir Plan

➤ L'objet  $AB$  est le produit de l'intersection des rayons incidents.



Phénomène de réflexion totale



# 1. Miroir Plan

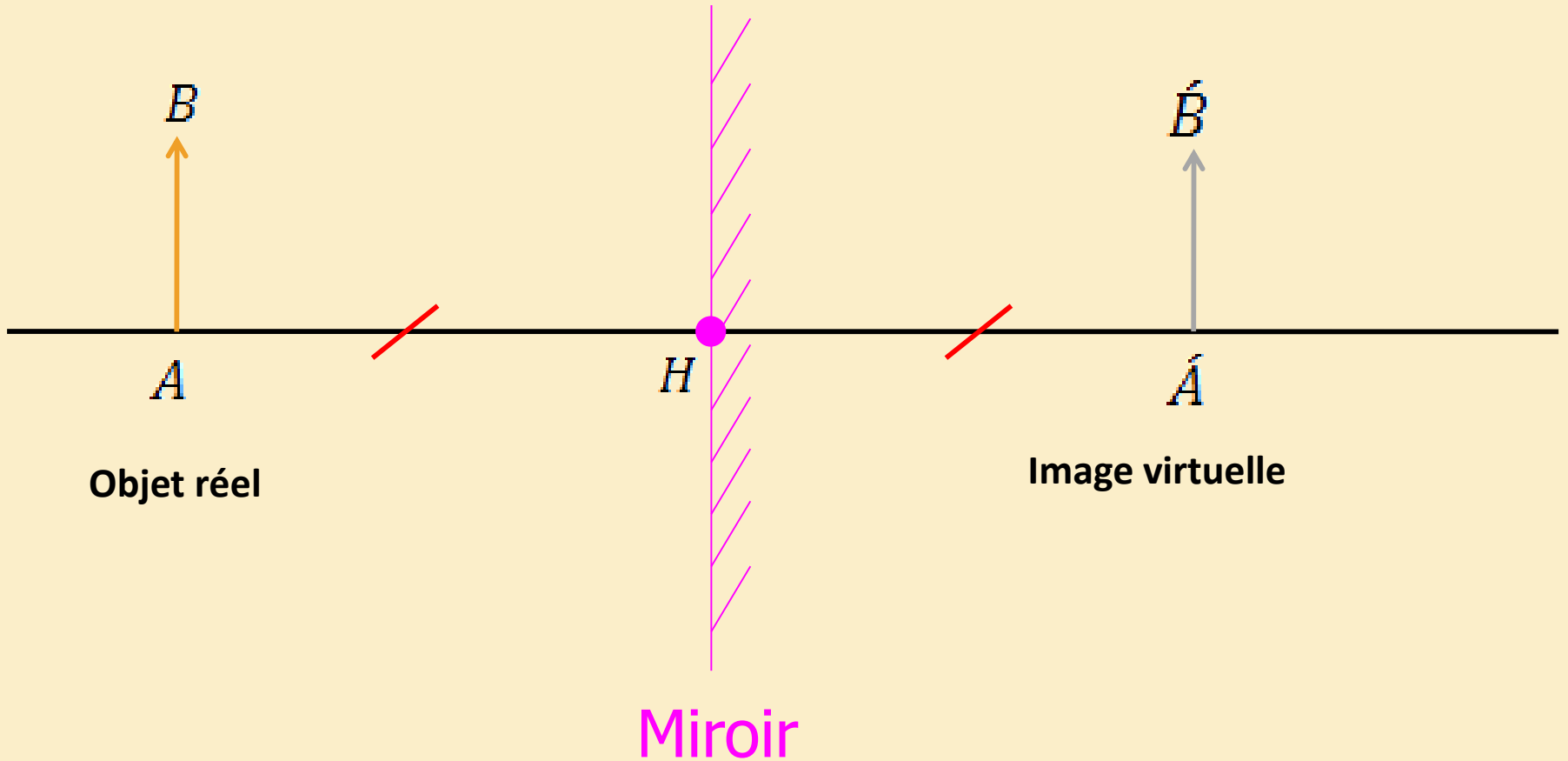
## ❖ La formule de conjugaison

C'est la relation entre la **position de l'objet**, **position de l'image** et les **caractéristiques de l'instrument optique**.

$$\overline{HA} = \overline{H\hat{A}}$$

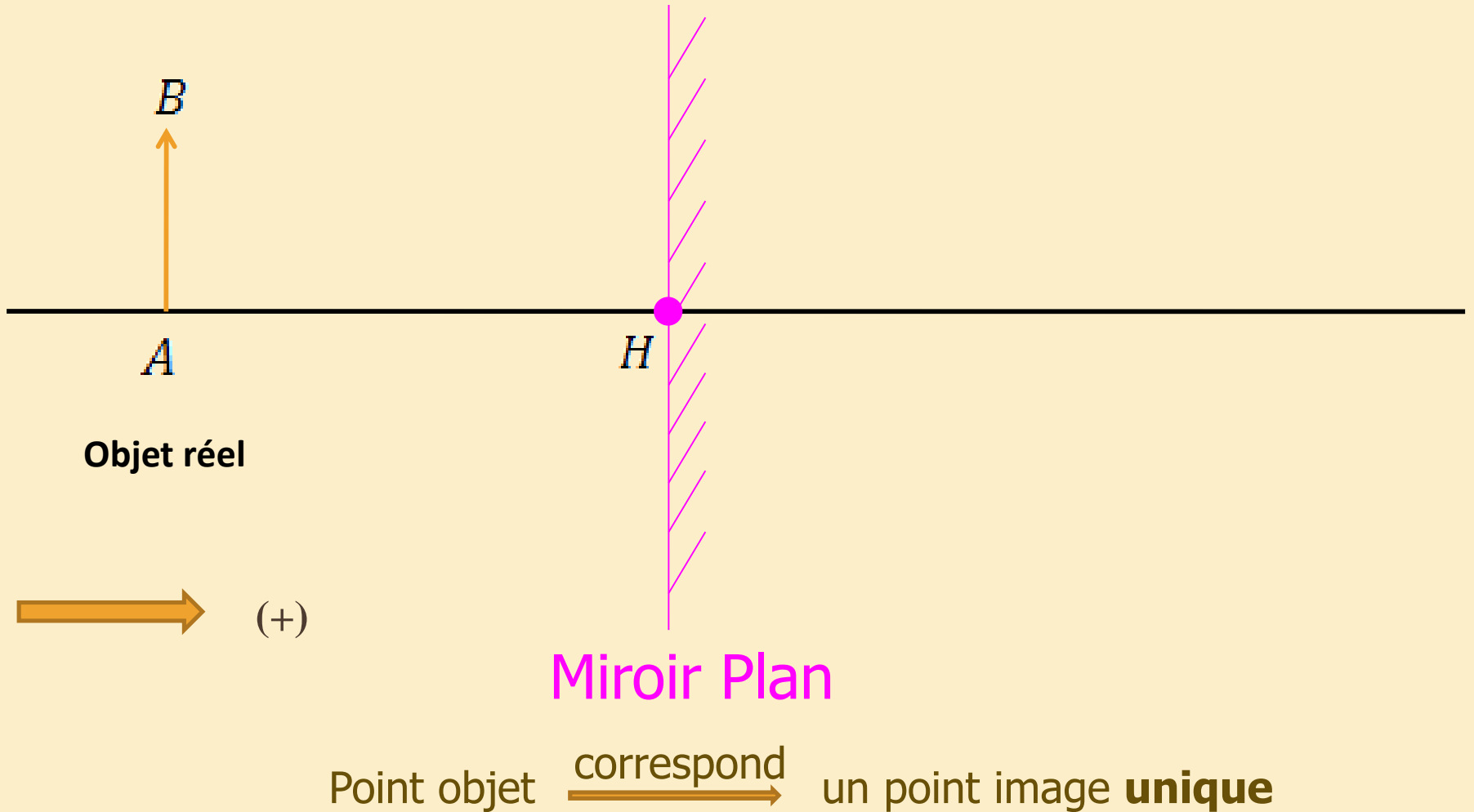
# Remarque

- ✓ L'image d'un objet est donc **symétrique** de l'objet par rapport au **miroir**



# Remarque

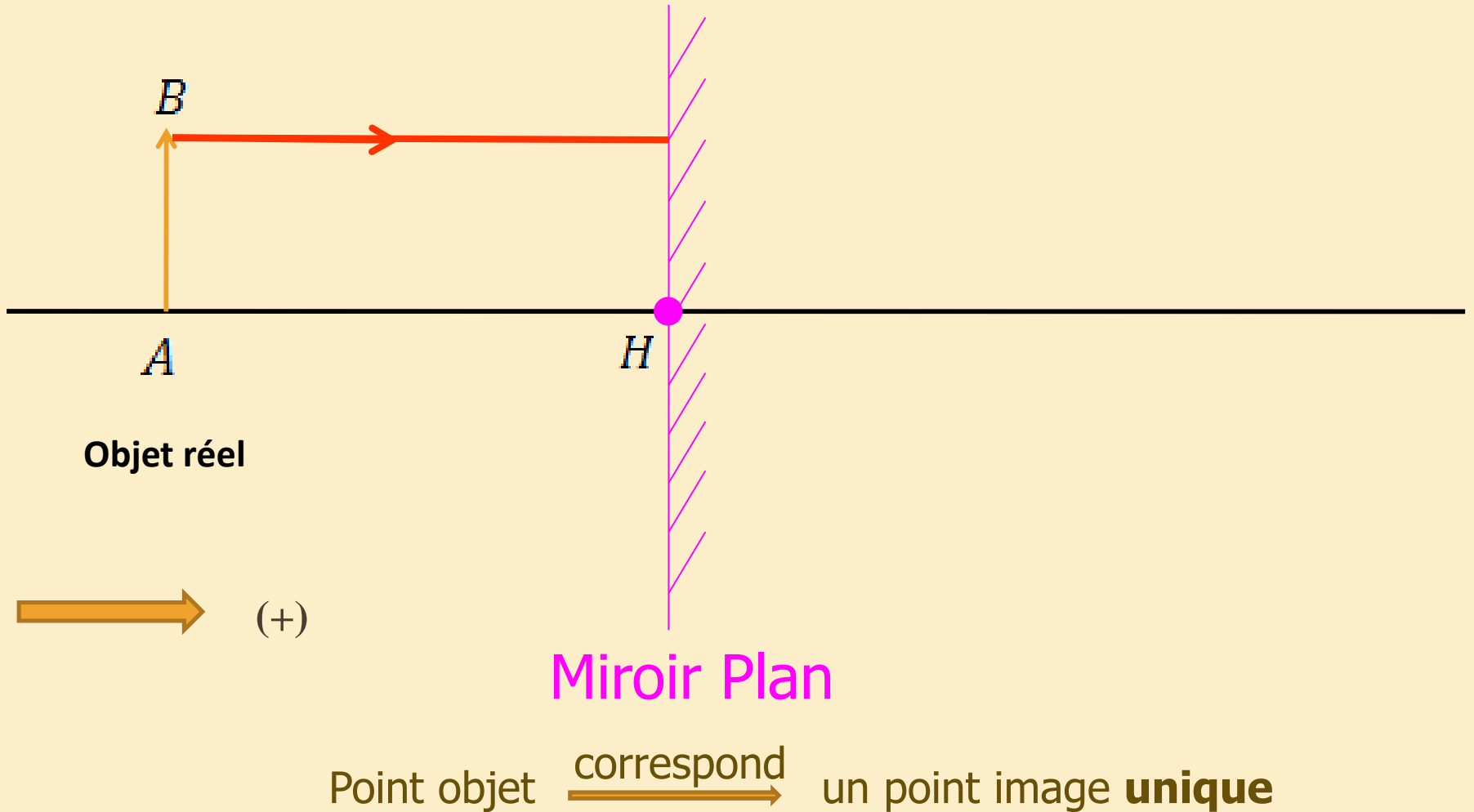
- ✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**





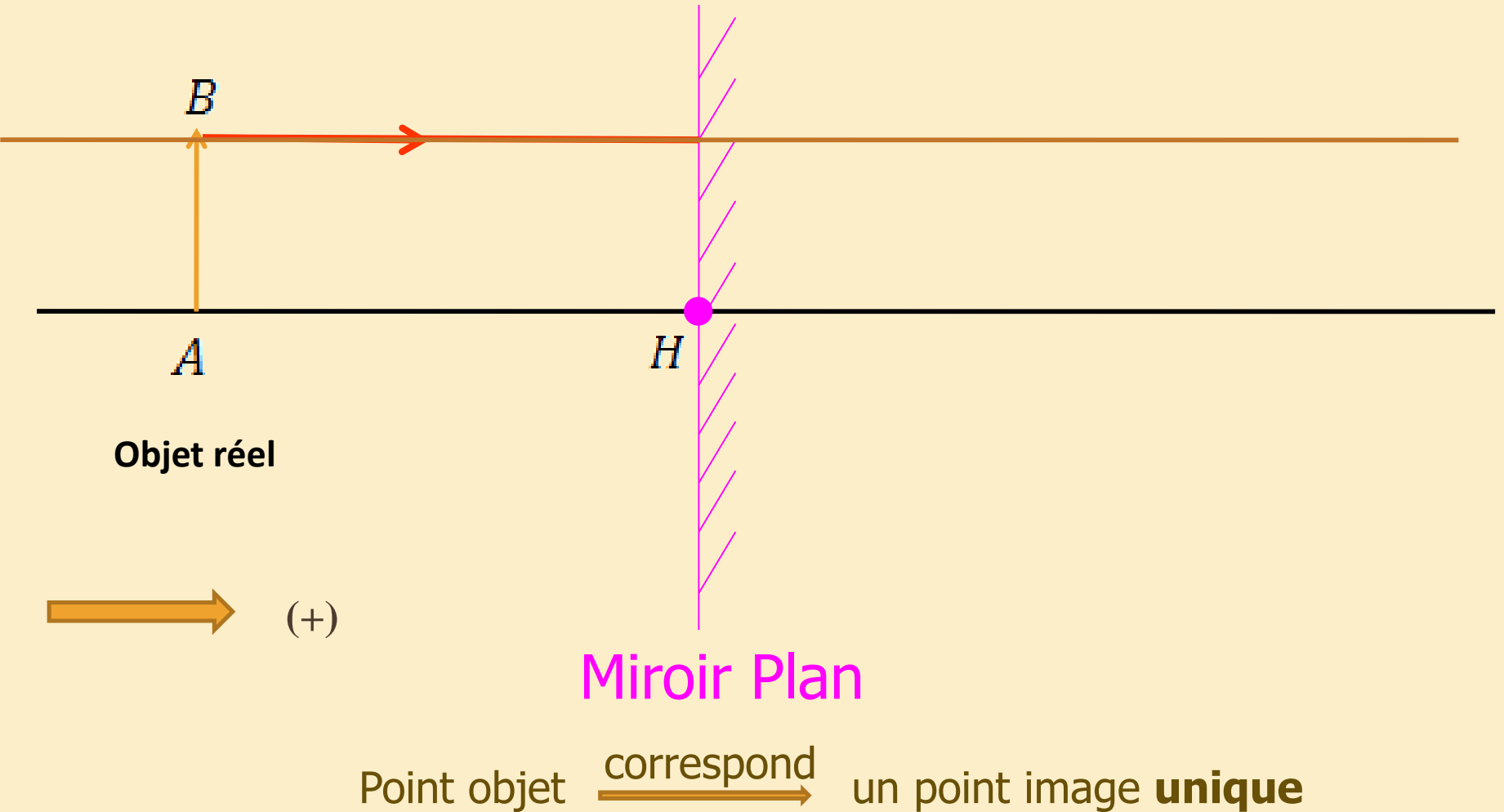
# Remarque

- ✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**



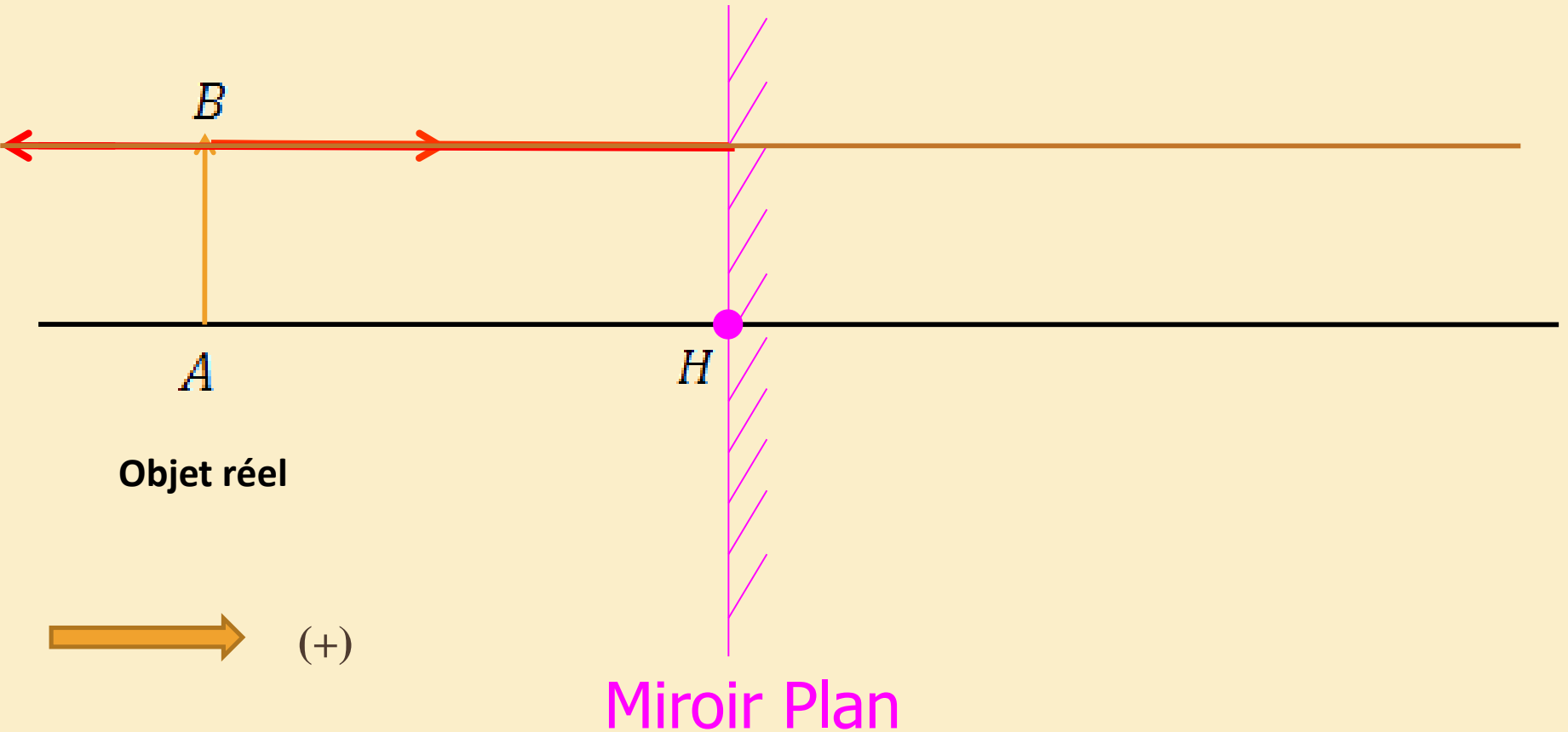
# Remarque

- ✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**



# Remarque

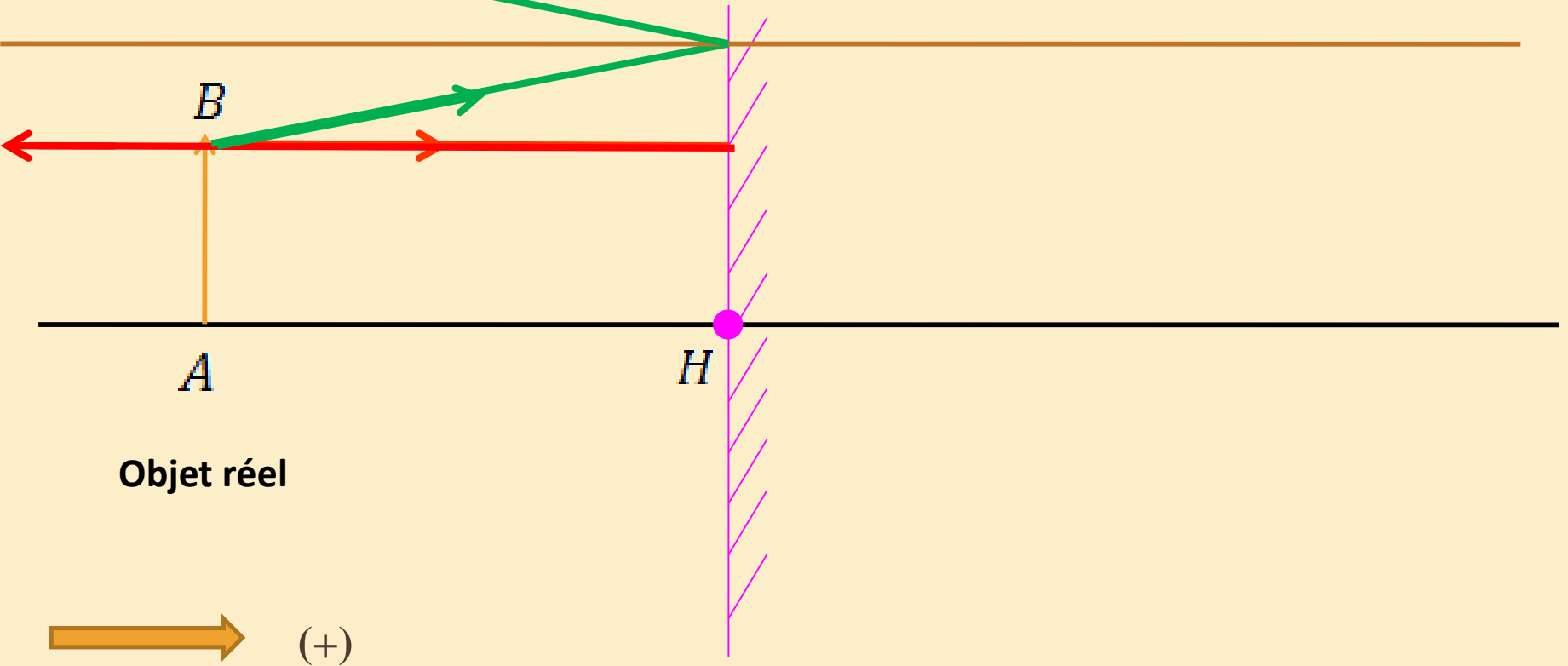
- ✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**



Point objet  $\xrightarrow{\text{correspond}}$  un point image **unique**

# Remarque

✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**



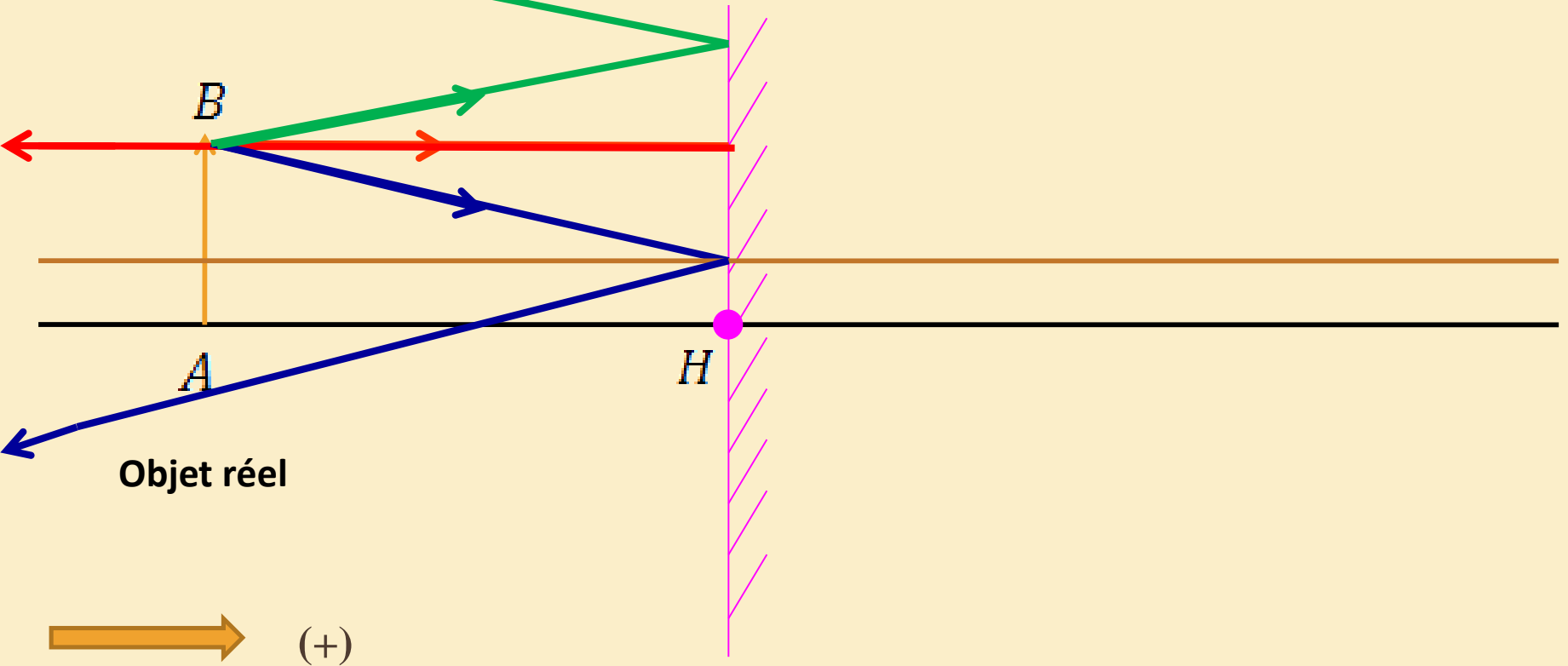
Objet réel

Miroir Plan

Point objet  $\xrightarrow{\text{correspond}}$  un point image **unique**

# Remarque

✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**

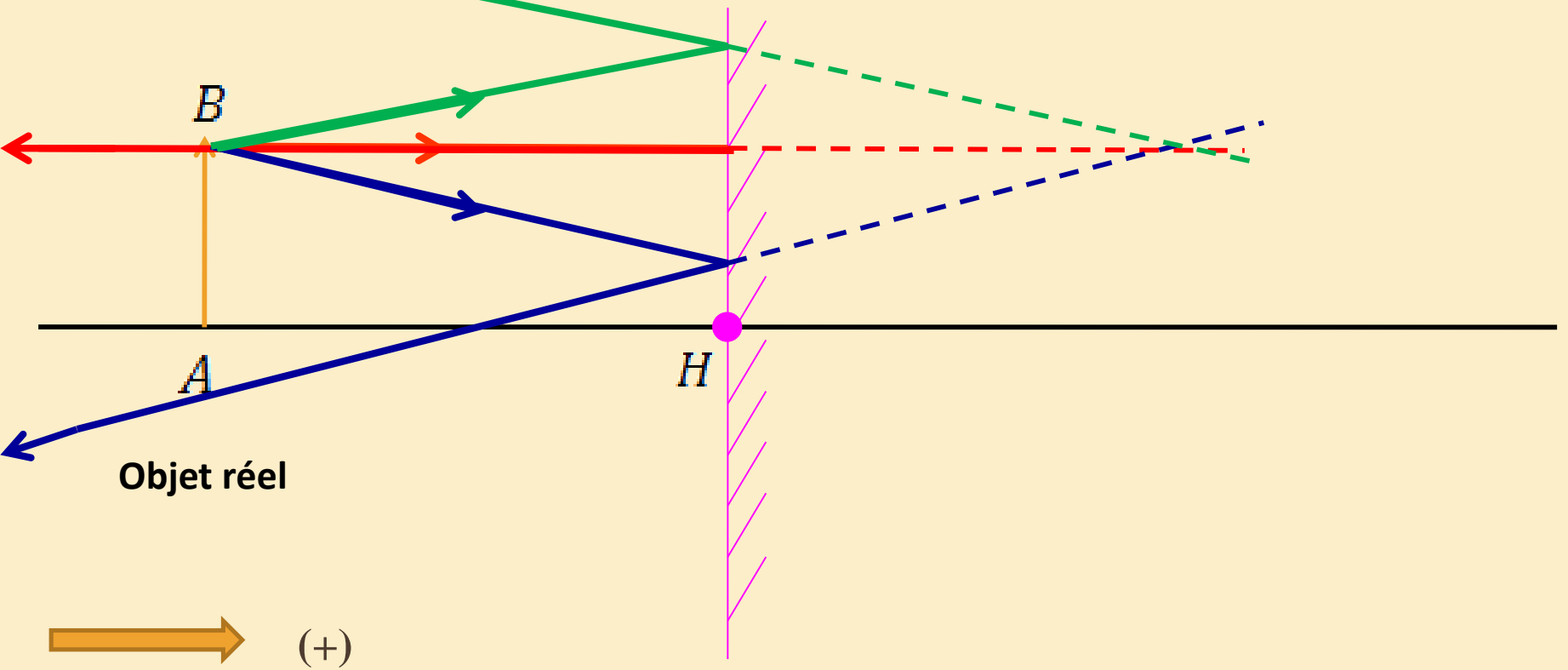


Miroir Plan

Point objet  $\xrightarrow{\text{correspond}}$  un point image **unique**

# Remarque

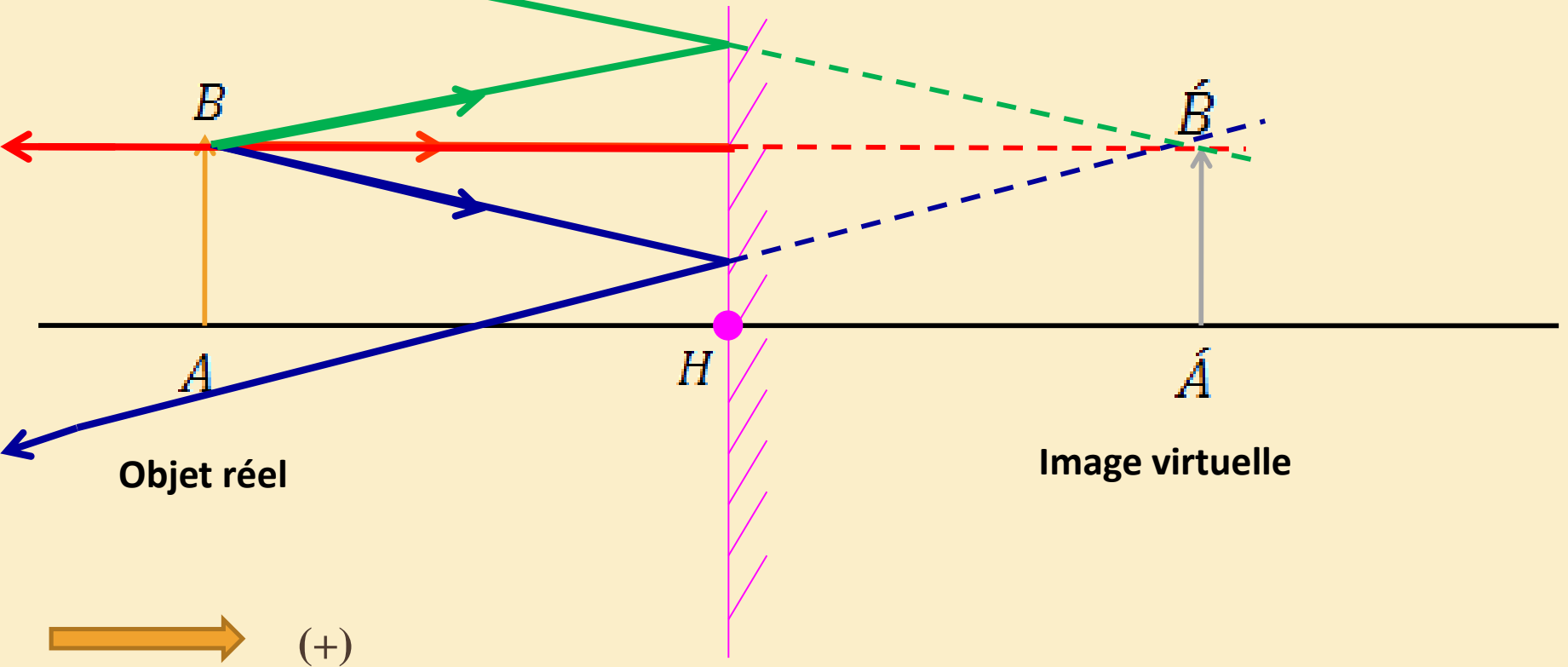
✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**



Point objet  $\xrightarrow{\text{correspond}}$  un point image **unique**

# Remarque

✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**

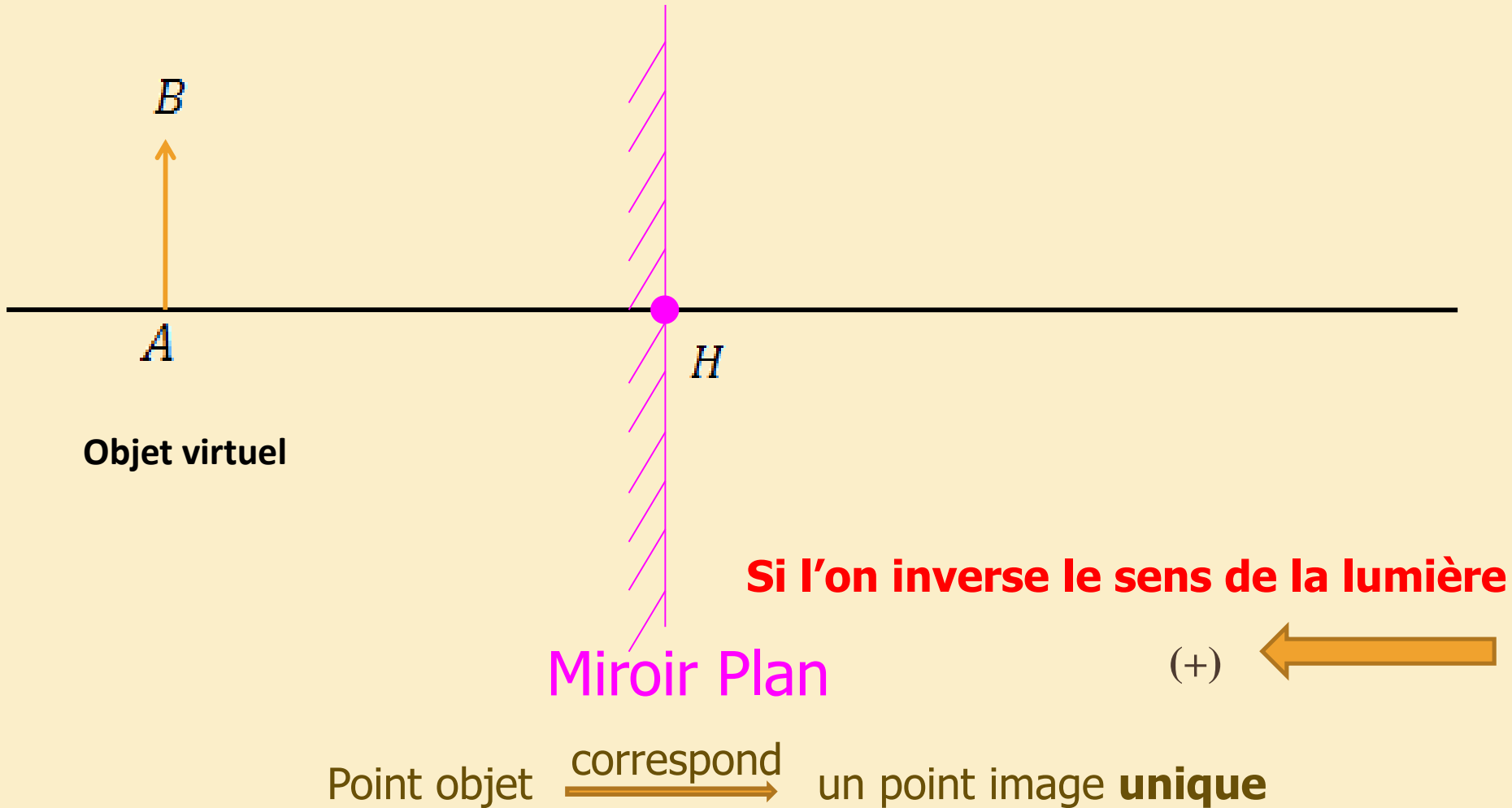


Miroir Plan

Point objet  $\xrightarrow{\text{correspond}}$  un point image **unique**

# Remarque

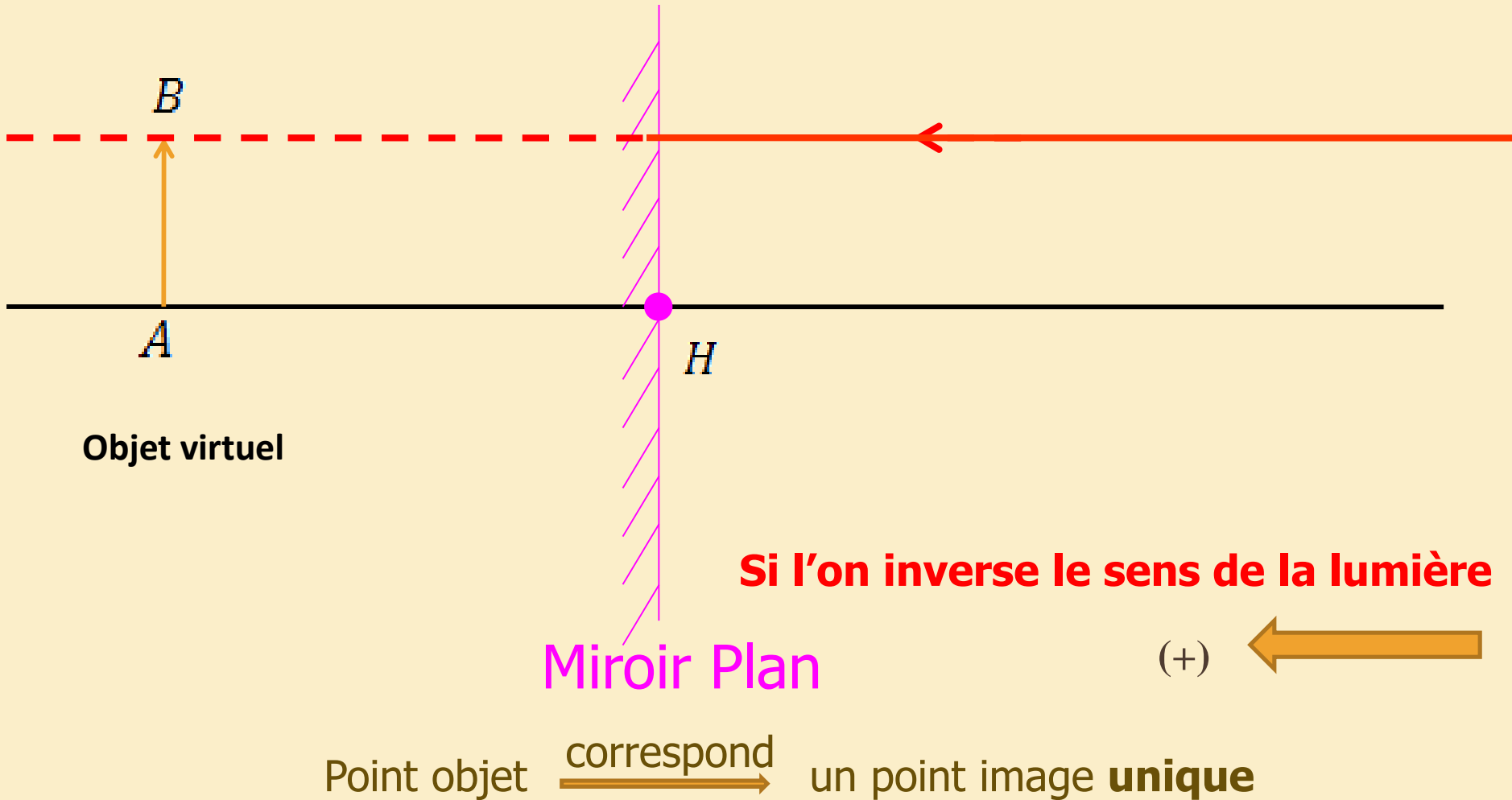
- ✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**





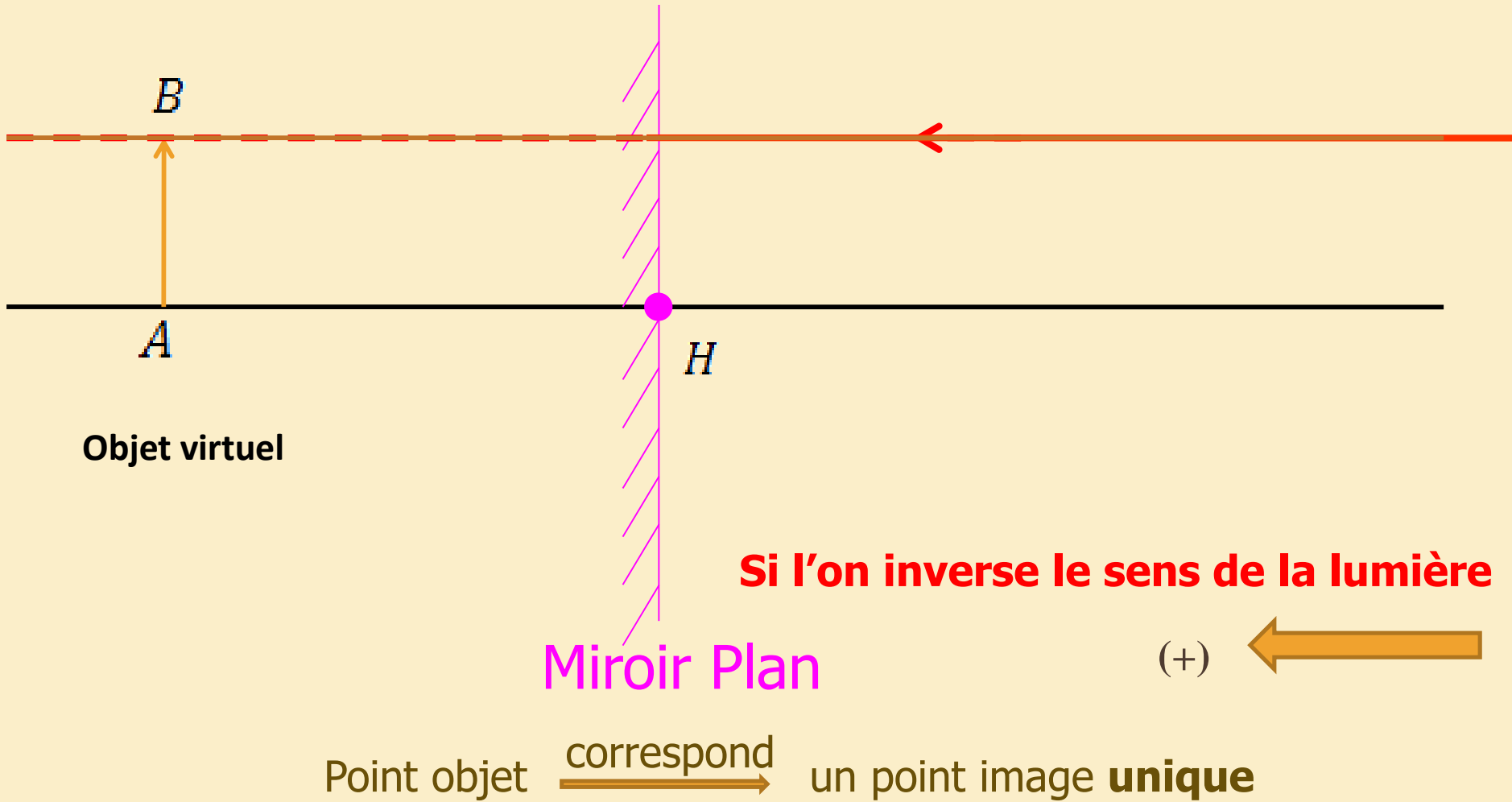
# Remarque

- ✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**



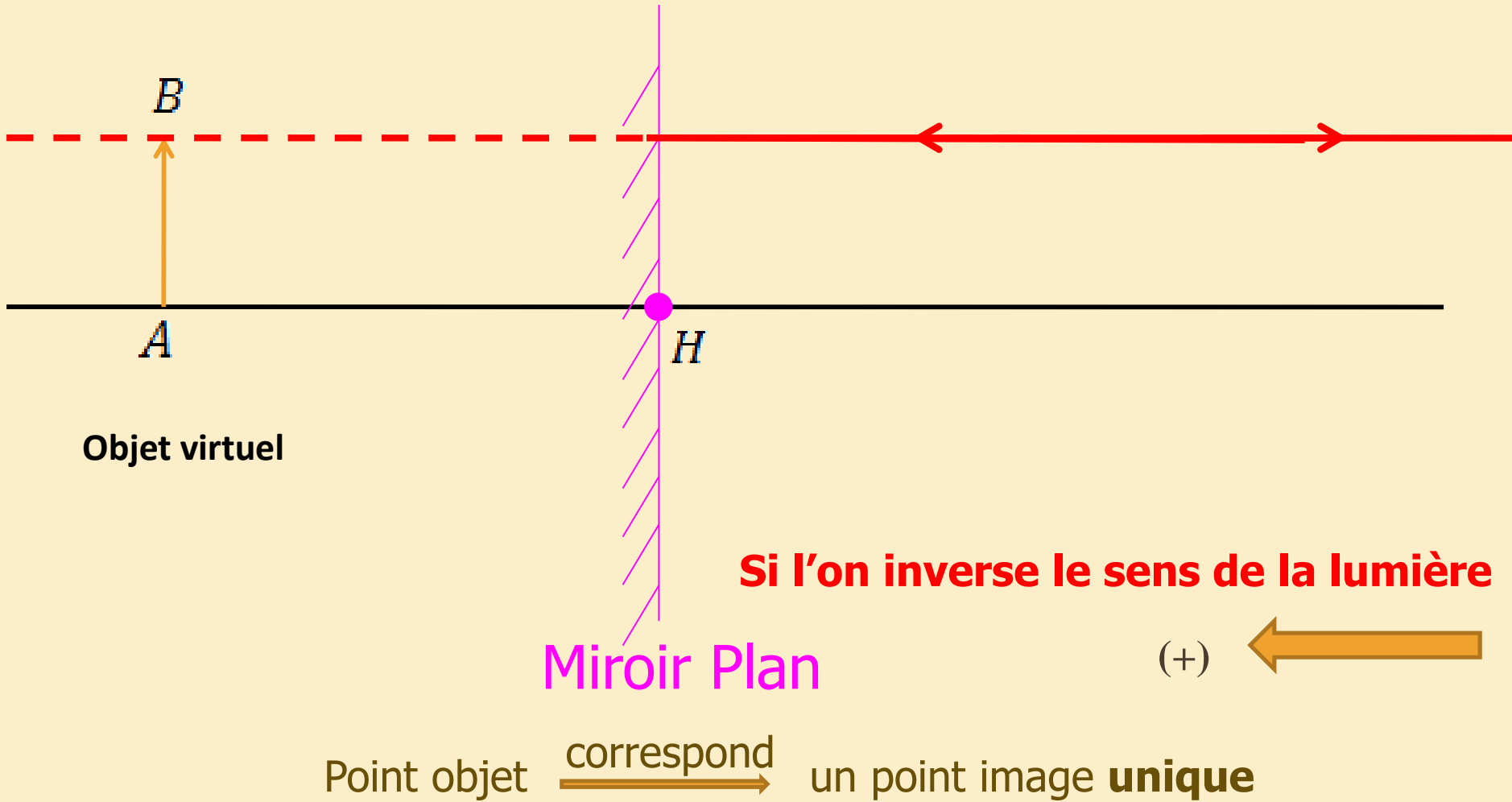
# Remarque

- ✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**



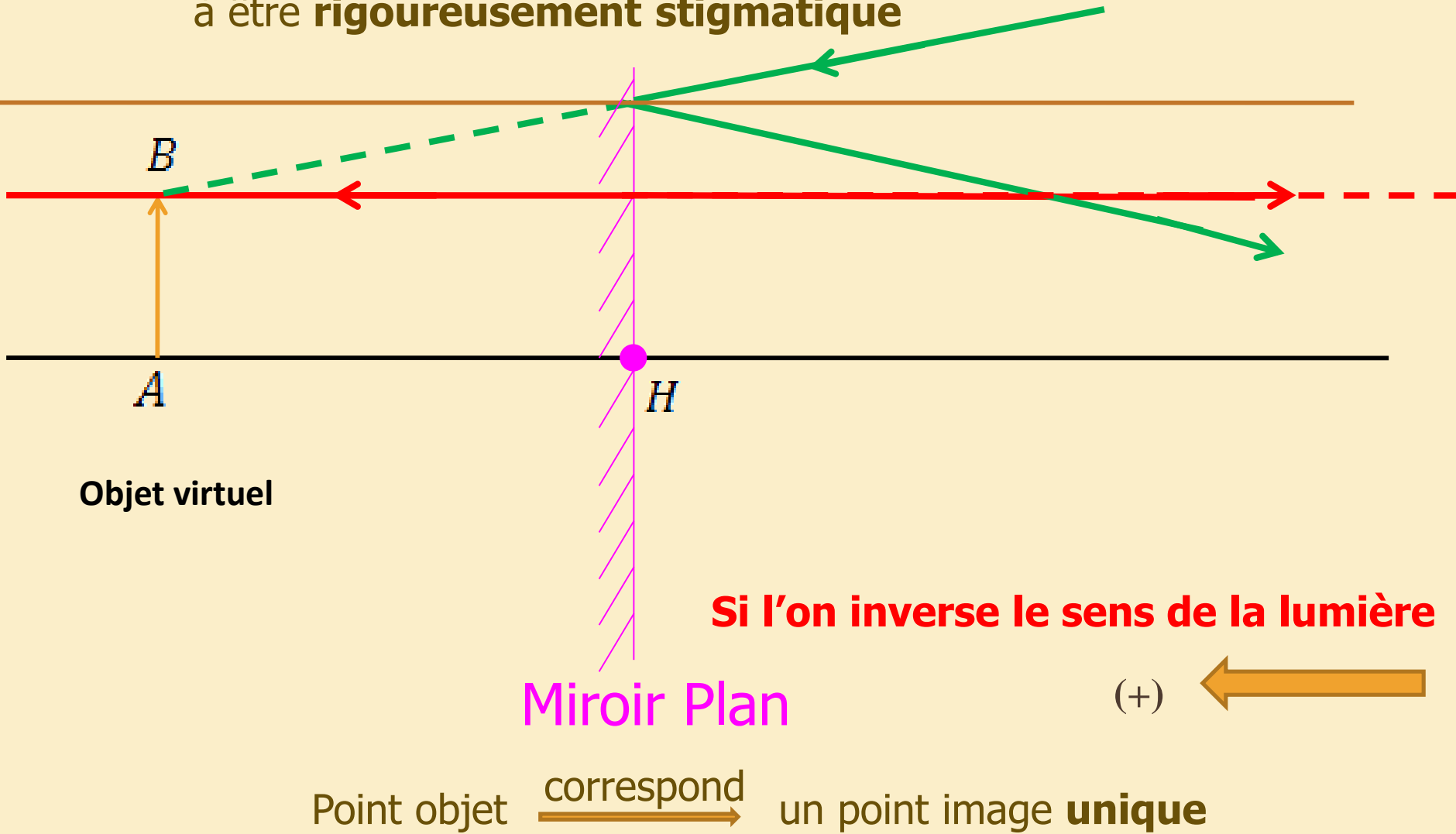
# Remarque

- ✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**



# Remarque

- ✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**



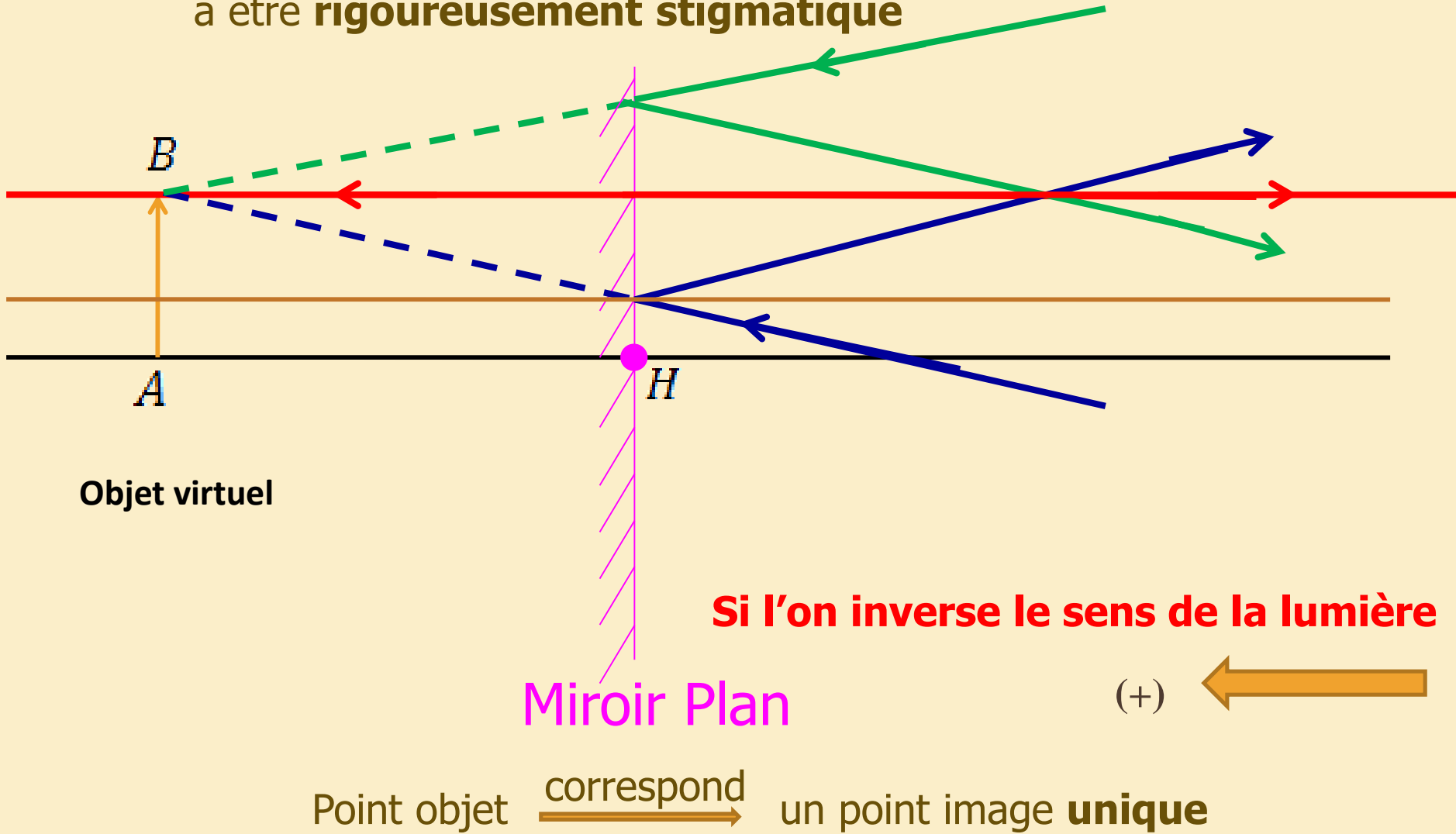
**Si l'on inverse le sens de la lumière**

(+)

Point objet correspond un point image **unique**

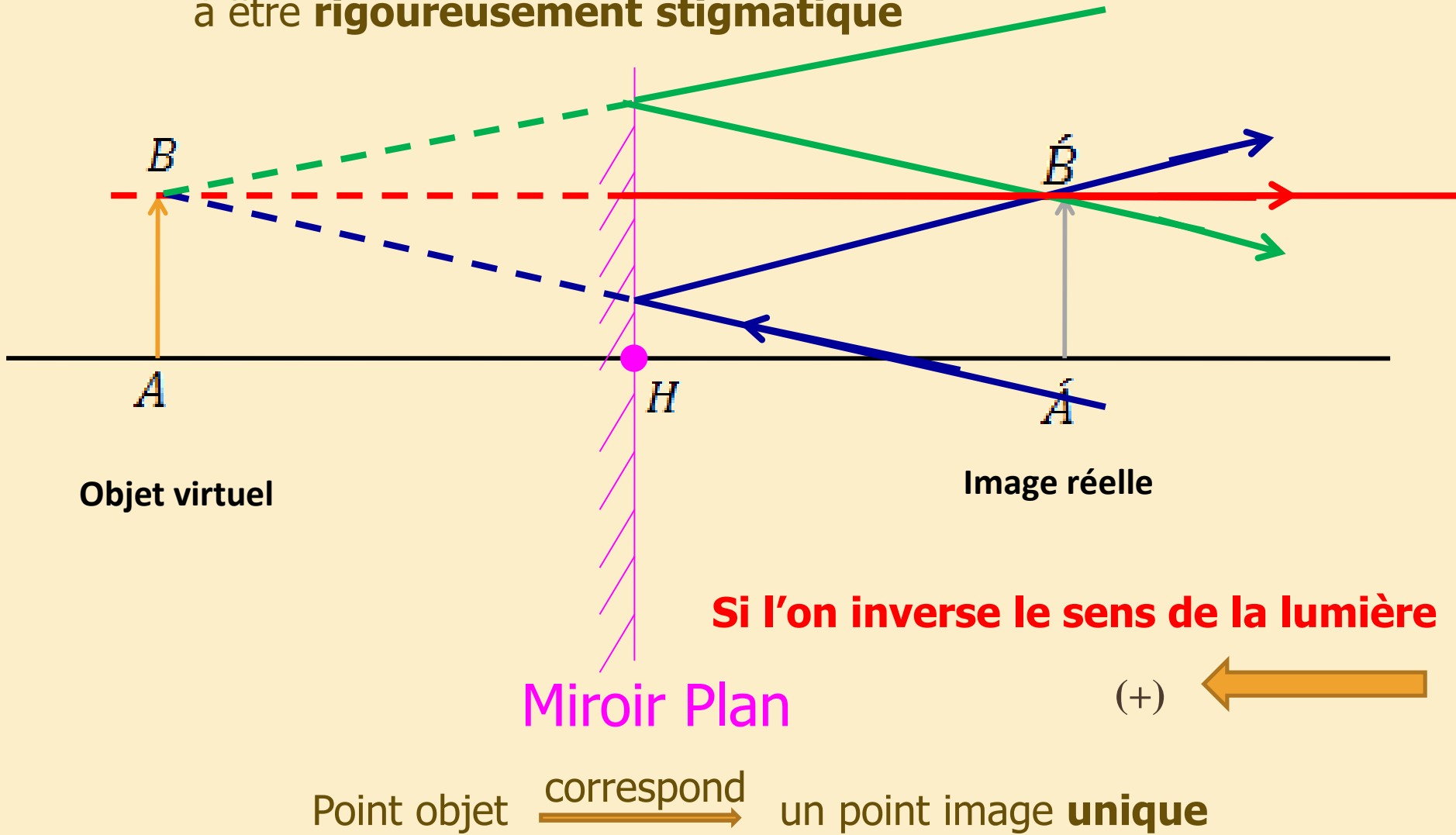
# Remarque

- ✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**



# Remarque

- ✓ Le **miroir plan** est le seul système optique à être **rigoureusement stigmatique**



**Si l'on inverse le sens de la lumière**

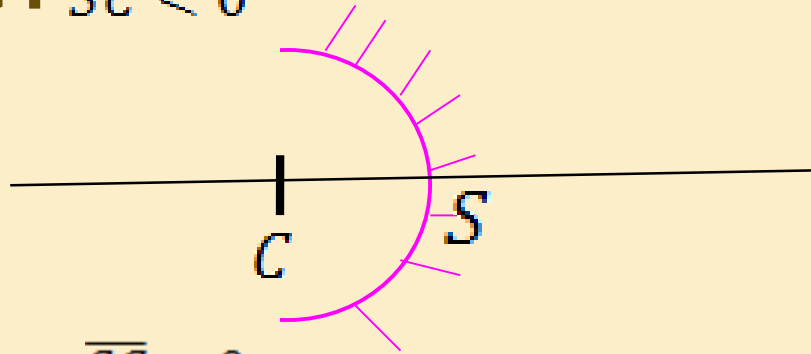


Point objet **correspond** un point image **unique**

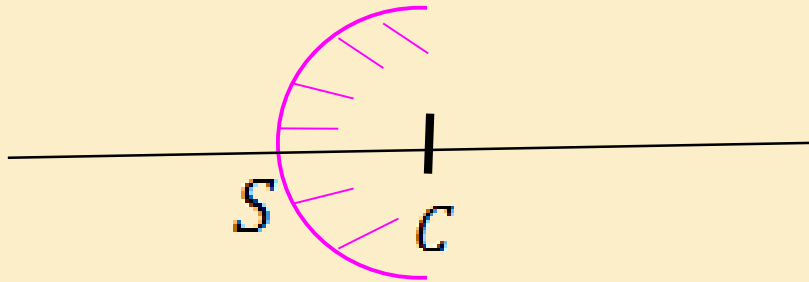
## 2. Miroir Sphérique

- Un miroir sphérique est caractérisé par son centre  $C$  et le sommet  $S$ . Le rayon de courbure est  $R = \overline{SC}$

- **Miroir concave** :  $\overline{SC} < 0$



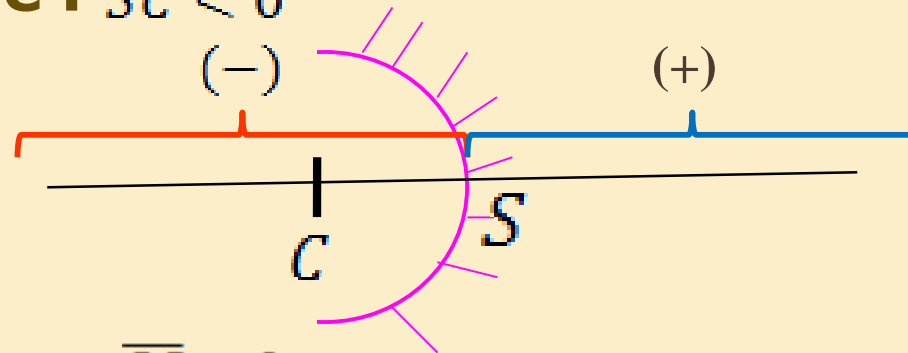
- **Miroir convexe** :  $\overline{SC} > 0$



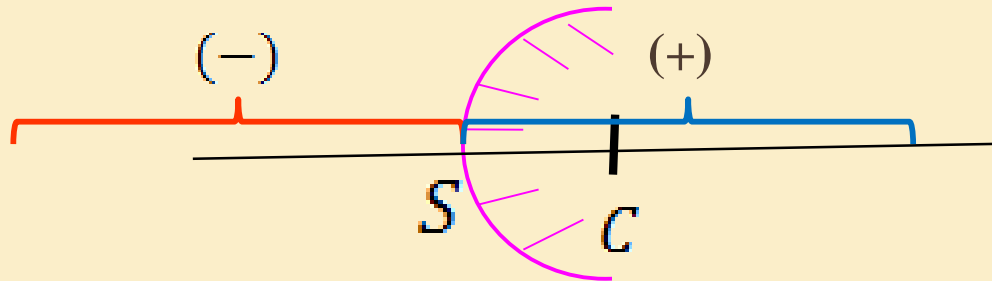
## 2. Miroir Sphérique

➤ On considère  $S \equiv 0$

▪ **Miroir concave :**  $\overline{SC} < 0$



▪ **Miroir convexe :**  $\overline{SC} > 0$





## 2. Miroir Sphérique

### ❖ La formule de conjugaison

$$\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

(\*)

$\overline{SA}$ : Position de l'objet

$\overline{SA'}$ : Position de l'image

## 2. Miroir Sphérique

### ❖ La formule de conjugaison

$$\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{S'A'}} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

(\*)

$\overline{SA}$ : Position de l'objet

$\overline{S'A'}$ : Position de l'image

### ❖ Le grandissement $\gamma$

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

$\overline{AB}$ : Taille de l'objet

$\overline{A'B'}$ : Taille de l'image

- $\gamma > 0$ : image droite
- $\gamma < 0$ : image renversée
- $|\gamma| < 1$ : image réduite
- $|\gamma| > 1$ : image agrandie

## 2. Miroir Sphérique

### ❖ La formule de conjugaison

$$\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{2}{\overline{SC}}$$

(\*)

$\overline{SA}$ : Position de l'objet

$\overline{SA'}$ : Position de l'image

### ❖ Le grandissement $\gamma$

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

$\overline{AB}$ : Taille de l'objet

$\overline{A'B'}$ : Taille de l'image

- $\gamma > 0$ : image droite
- $\gamma < 0$ : image renversée
- $|\gamma| < 1$ : image réduite
- $|\gamma| > 1$ : image agrandie

## 2. Miroir Sphérique

❖ **Foyer Objet** : c'est la position de l'objet pour que l'image soit à  $\infty$

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{SA} \longrightarrow \overline{SF} \\ \overline{SA} \longrightarrow \infty \end{array} \right. \xrightarrow{\text{Remplaçant dans (*)}} \boxed{\overline{SF} = \frac{\overline{SC}}{2}}$$

## 2. Miroir Sphérique

❖ **Foyer Objet** : c'est la position de l'objet pour que l'image soit à  $\infty$

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{SA} \longrightarrow \overline{SF} \\ \overline{SA'} \longrightarrow \infty \end{array} \right. \xrightarrow{\text{Remplaçant dans (*)}} \boxed{\overline{SF} = \frac{\overline{SC}}{2}}$$

❖ **Foyer image** : c'est la position de l'image lorsque que l'objet est à  $\infty$

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{SA'} \longrightarrow \overline{SF'} \\ \overline{SA} \longrightarrow \infty \end{array} \right. \xrightarrow{\text{Remplaçant dans (*)}} \boxed{\overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2}}$$

## 2. Miroir Sphérique

❖ **Foyer Objet** : c'est la position de l'objet pour que l'image soit à  $\infty$

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{SA} \longrightarrow \overline{SF} \\ \overline{SA'} \longrightarrow \infty \end{array} \right. \xrightarrow{\text{Remplaçant dans (*)}} \boxed{\overline{SF} = \frac{\overline{SC}}{2}}$$

❖ **Foyer image** : c'est la position de l'image lorsque que l'objet est à  $\infty$

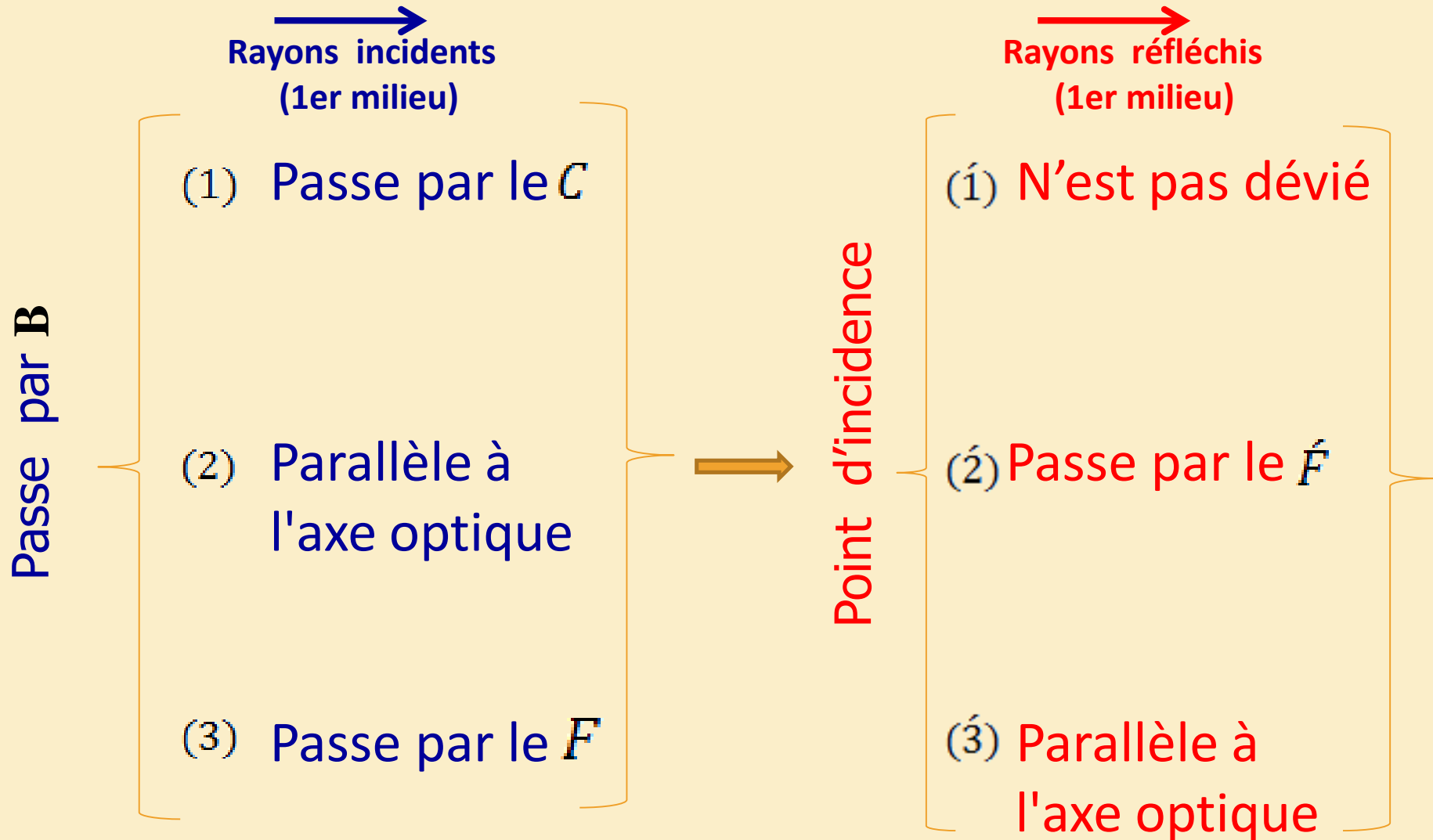
$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{SA'} \longrightarrow \overline{SF'} \\ \overline{SA} \longrightarrow \infty \end{array} \right. \xrightarrow{\text{Remplaçant dans (*)}} \boxed{\overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2}}$$

On déduit que

$$\boxed{\overline{SF} = \overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2}}$$

## 2. Miroir Sphérique

❖ Pour construire l'image d'un objet on utilise les trois rayons



## 2. Miroir Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

Objet linéaire

*B*

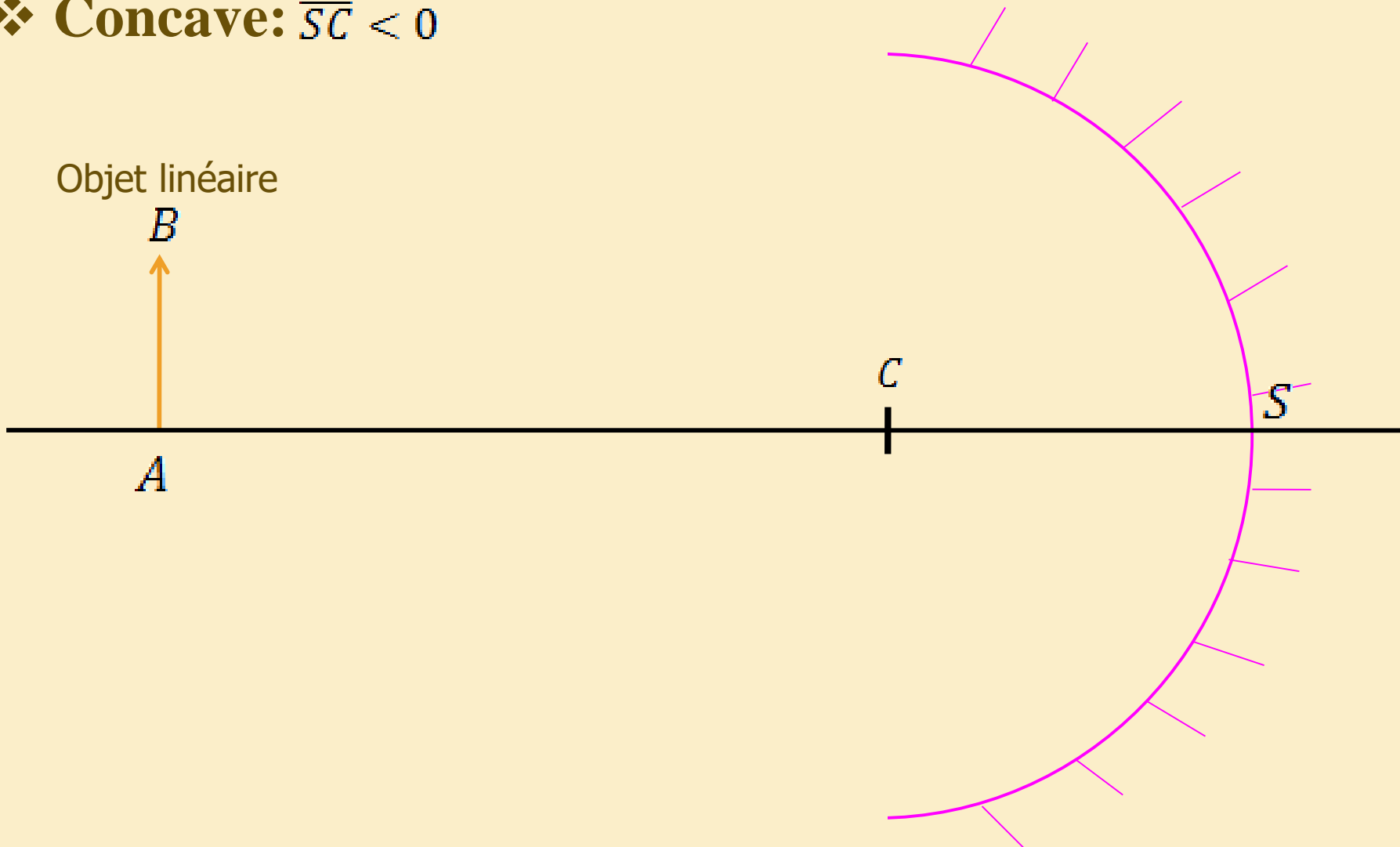
*A*

*C*

*S*



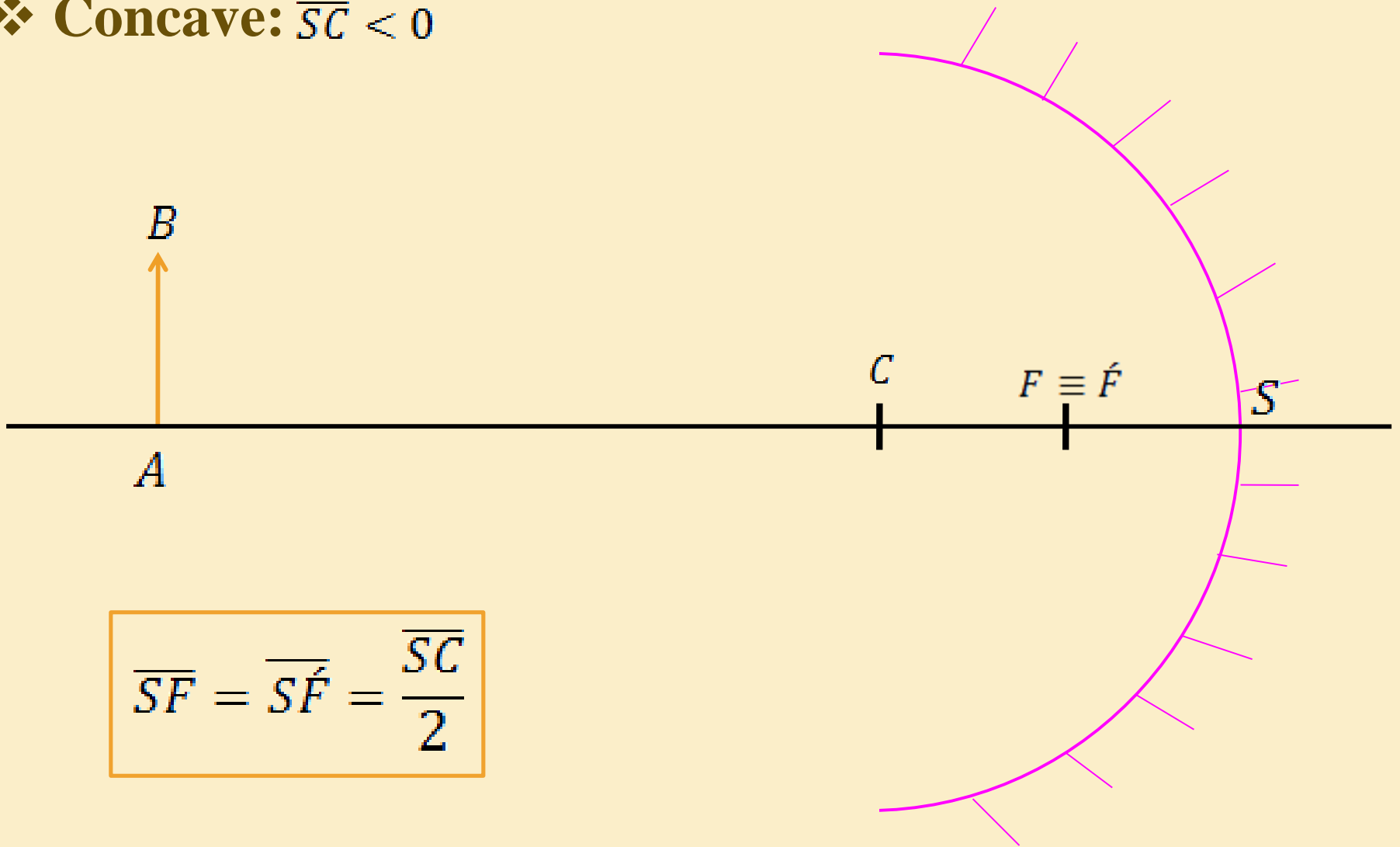
Phénomène de réflexion totale





## 2. Miroir Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$



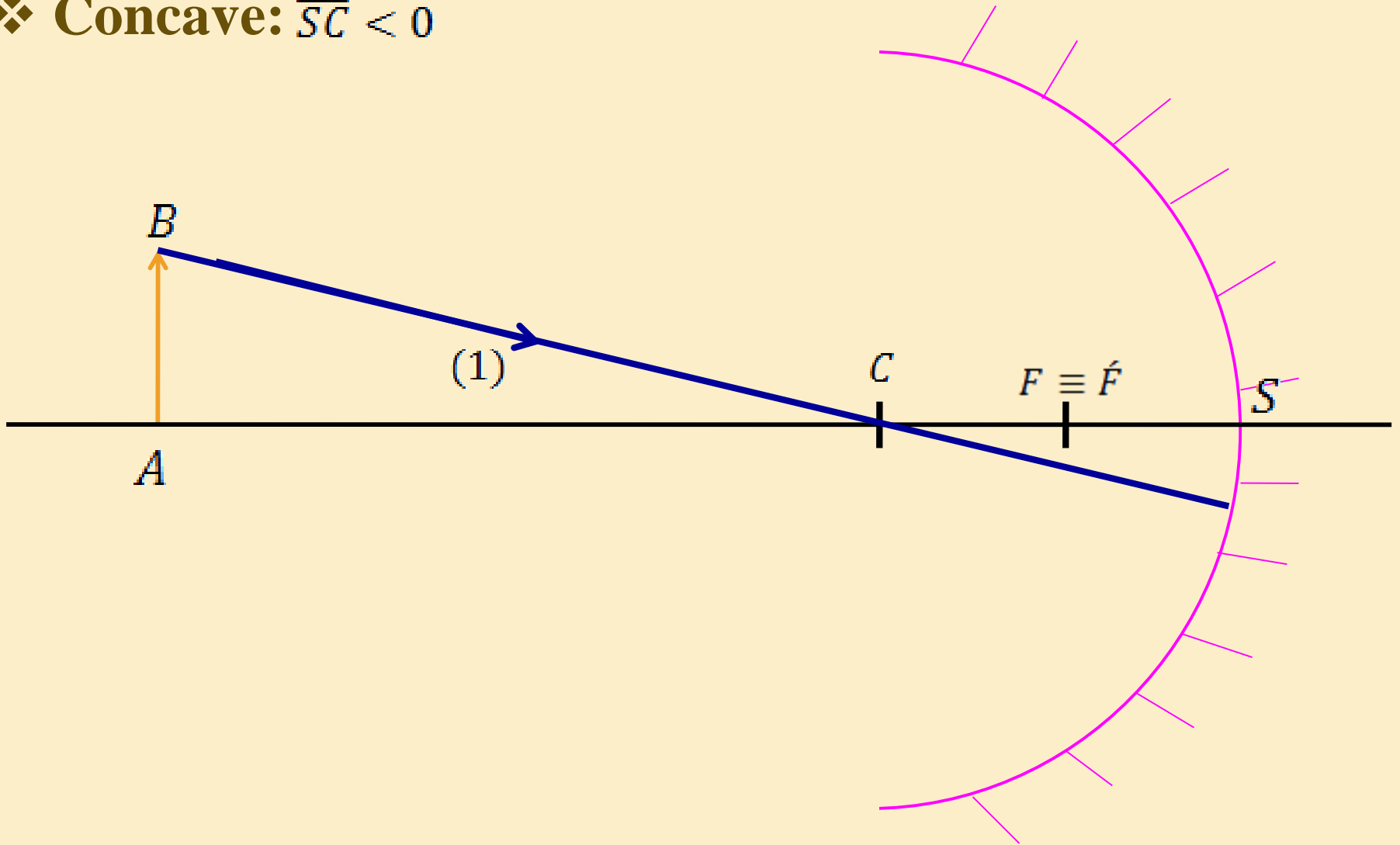
$$\overline{SF} = \overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2}$$

➔ (+)

Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

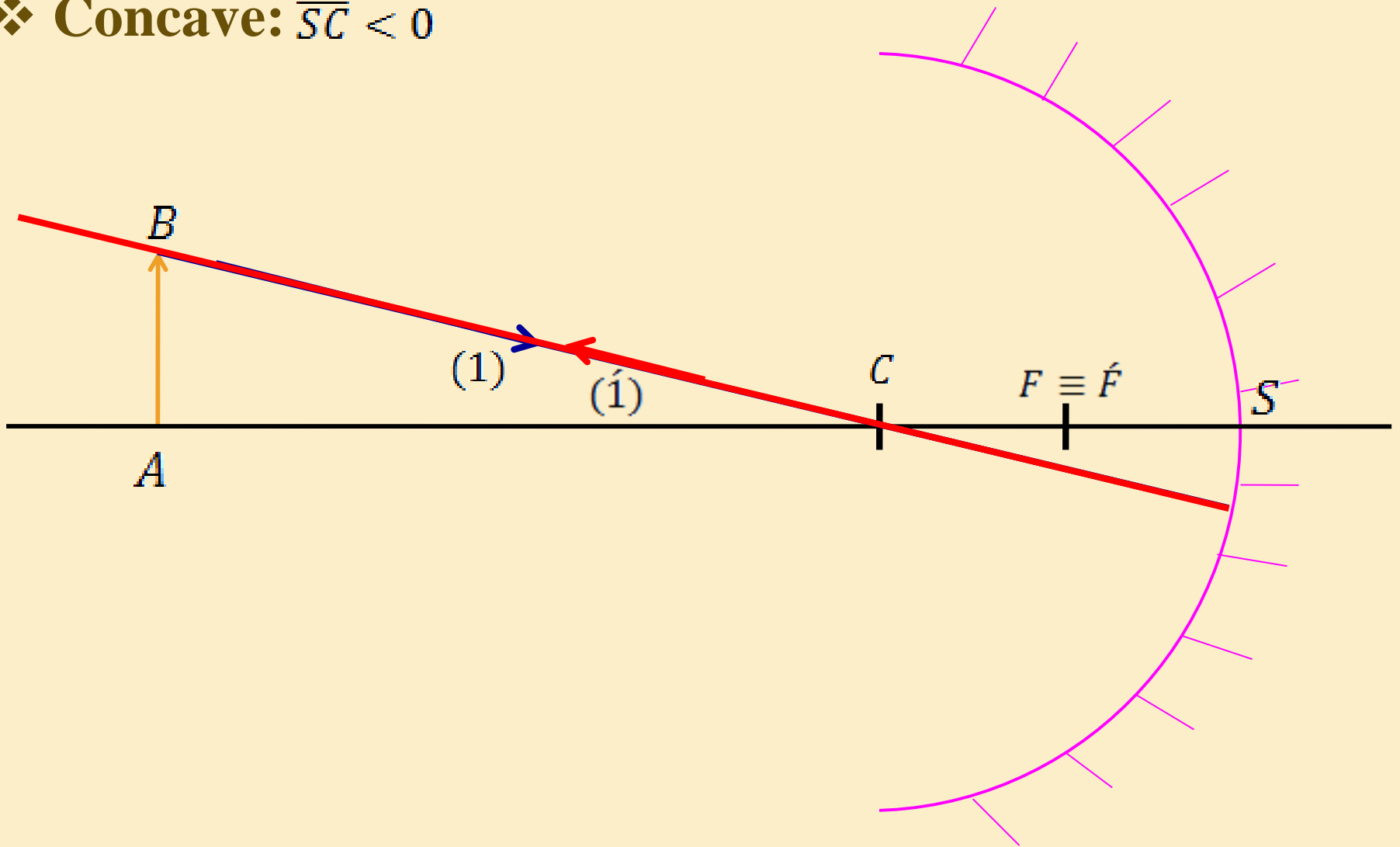


➔ (+)

Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

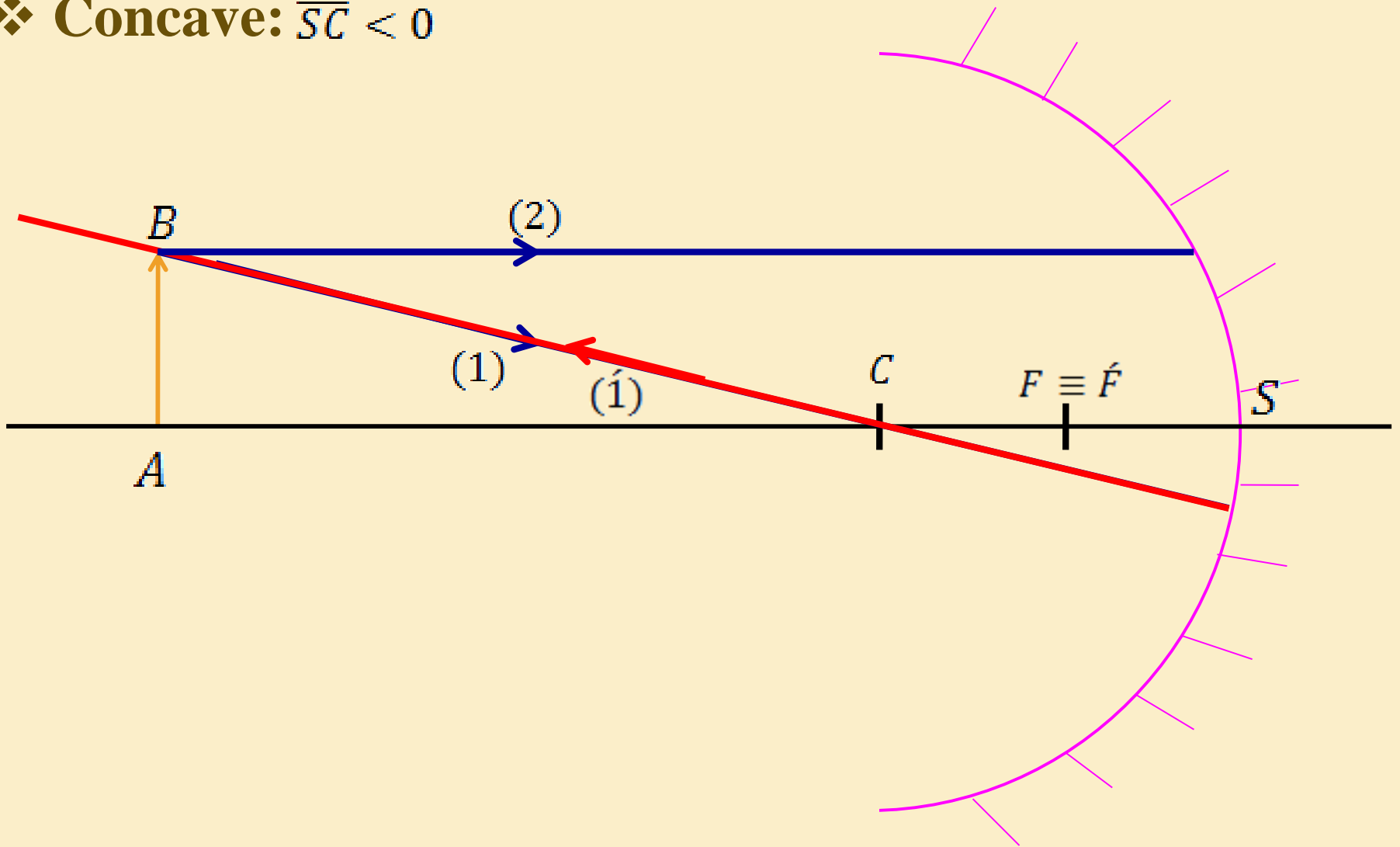
❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$



Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

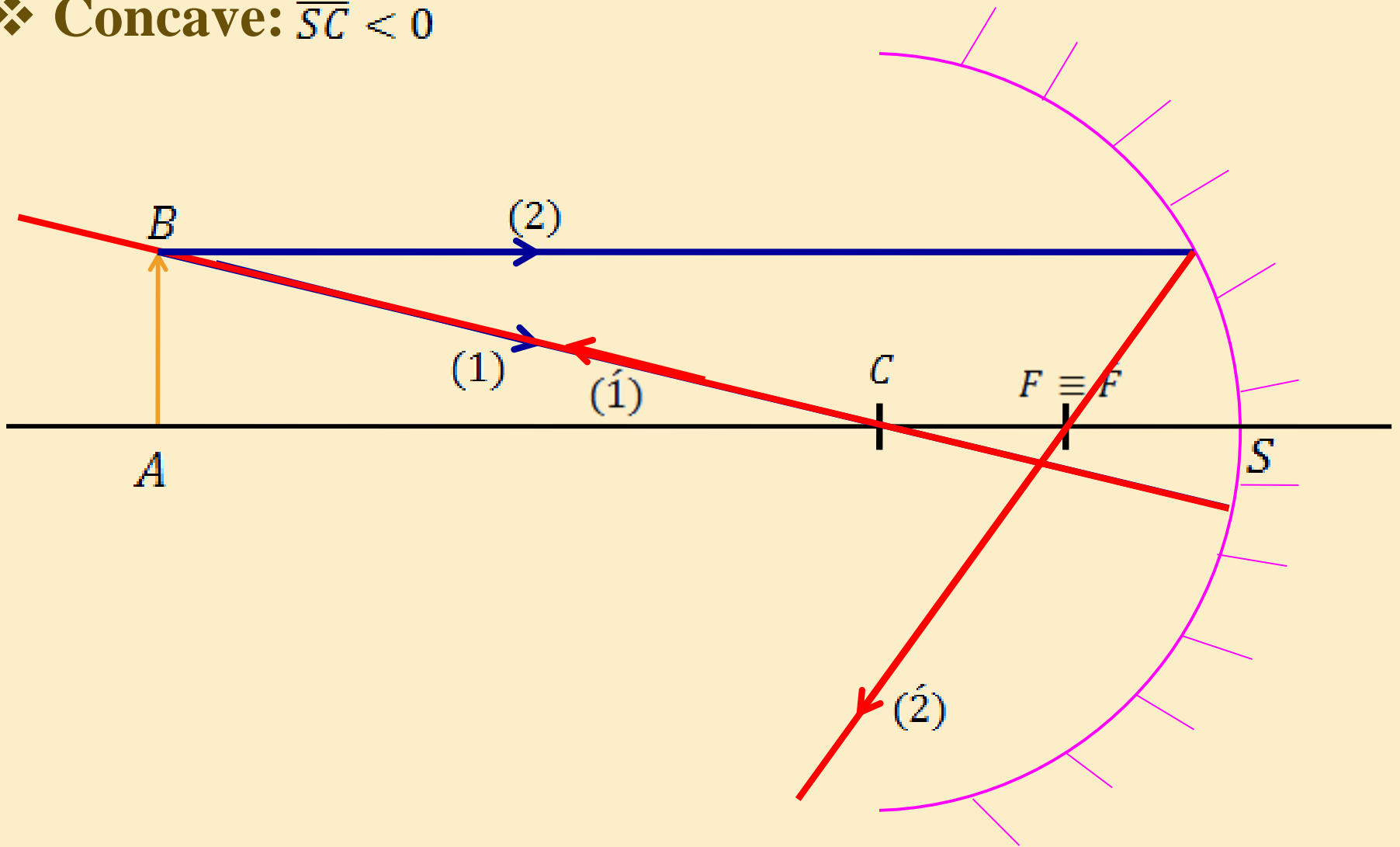
❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$



Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

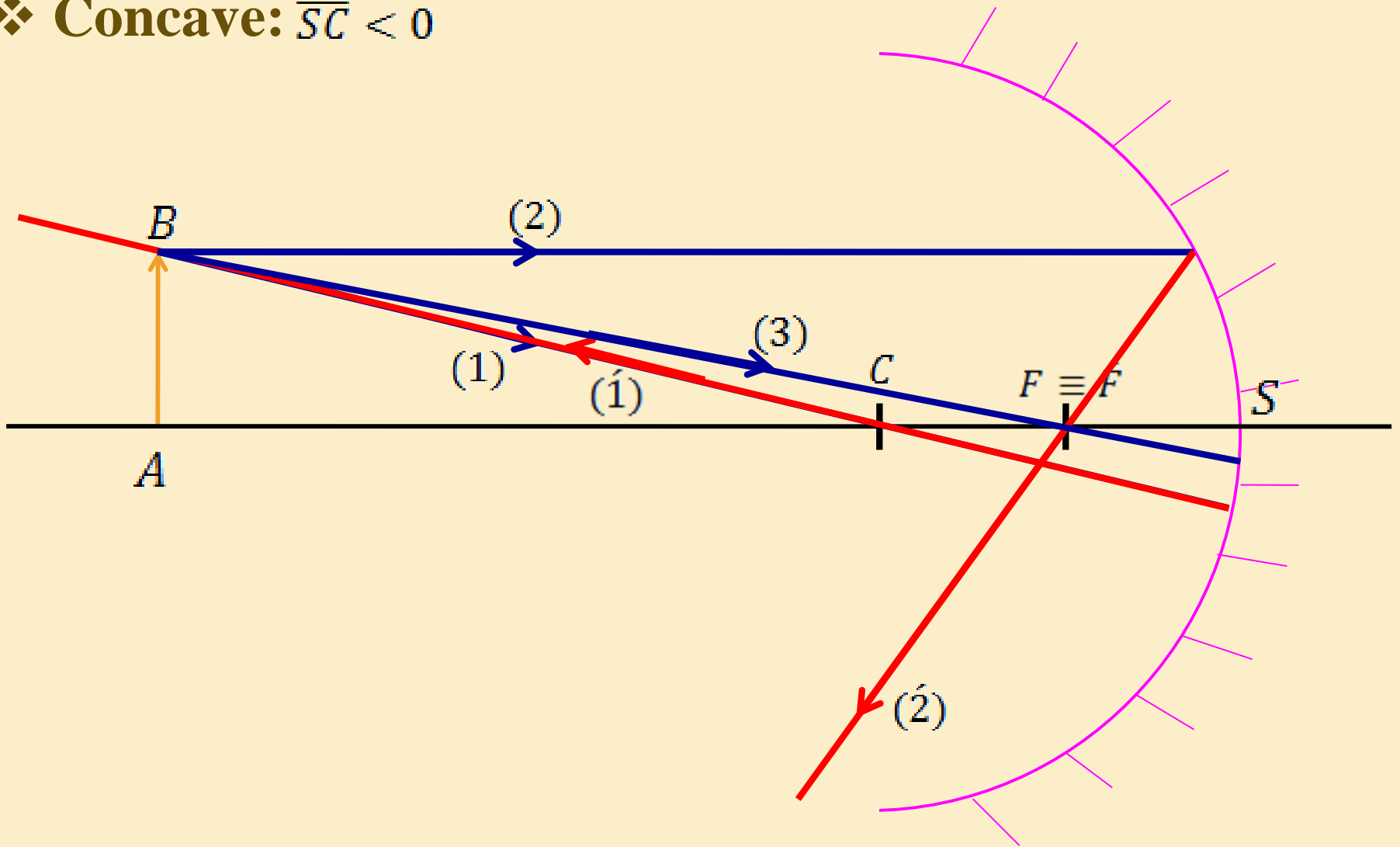
❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$



Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

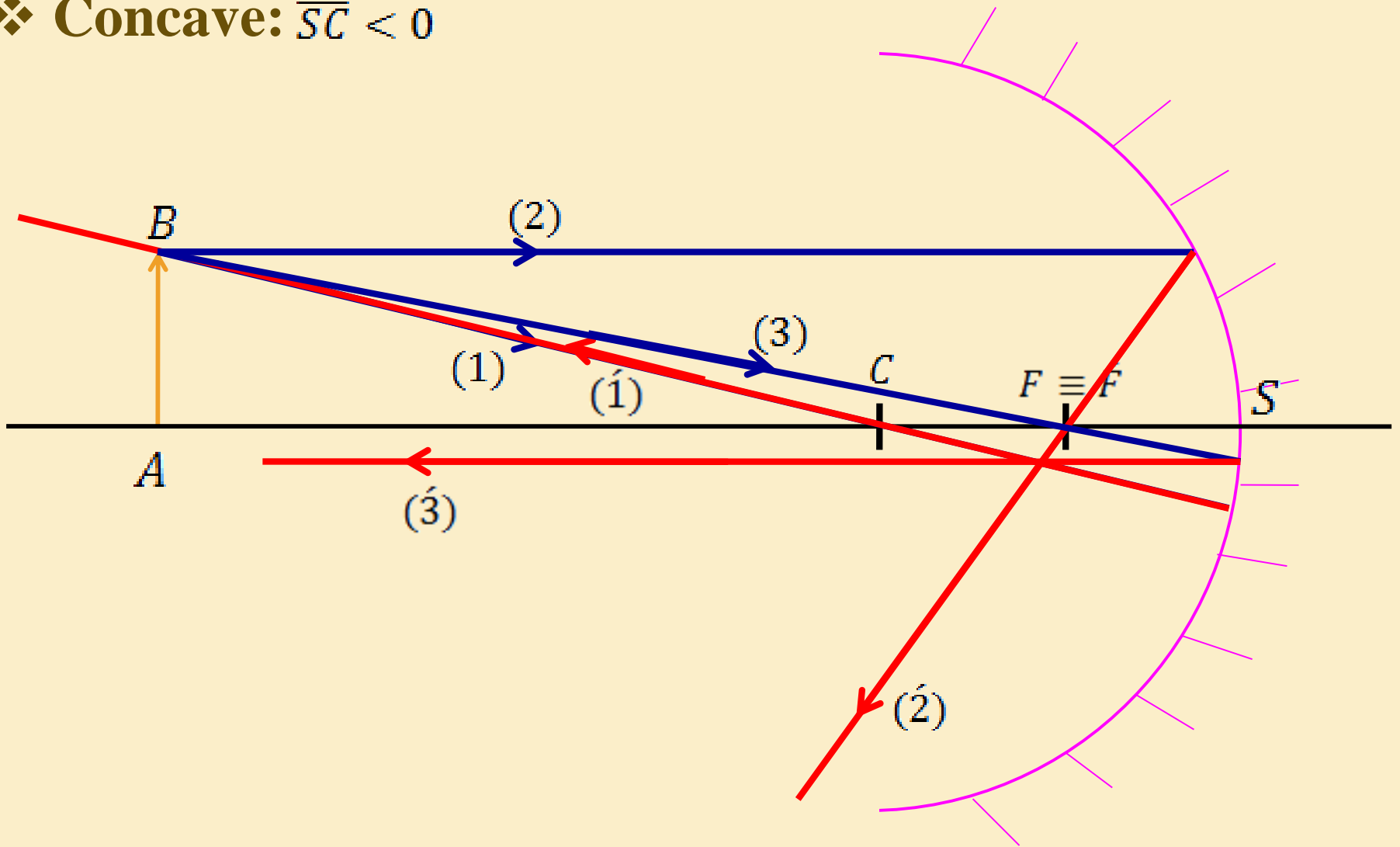
❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$



Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

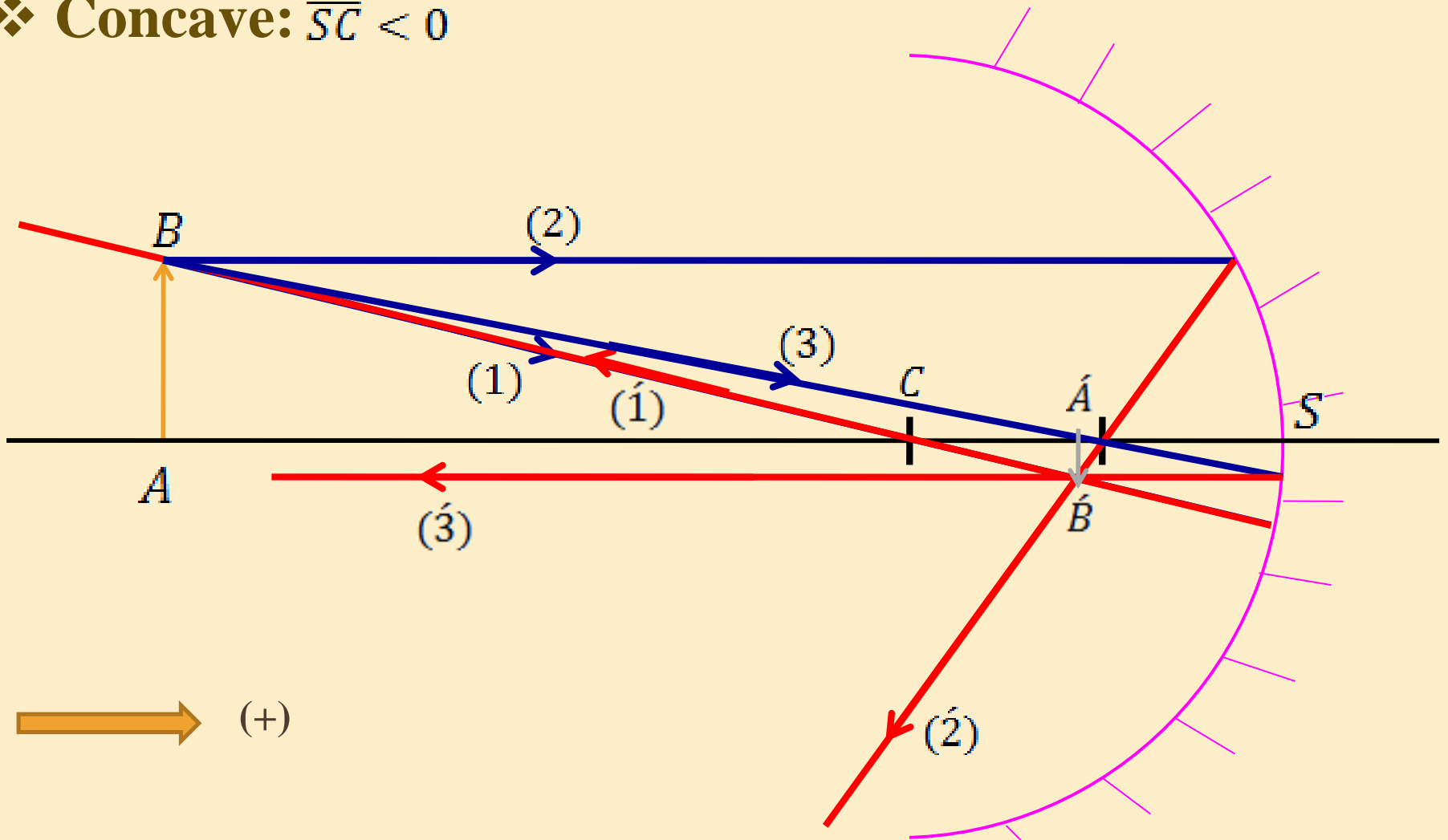
❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$



Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

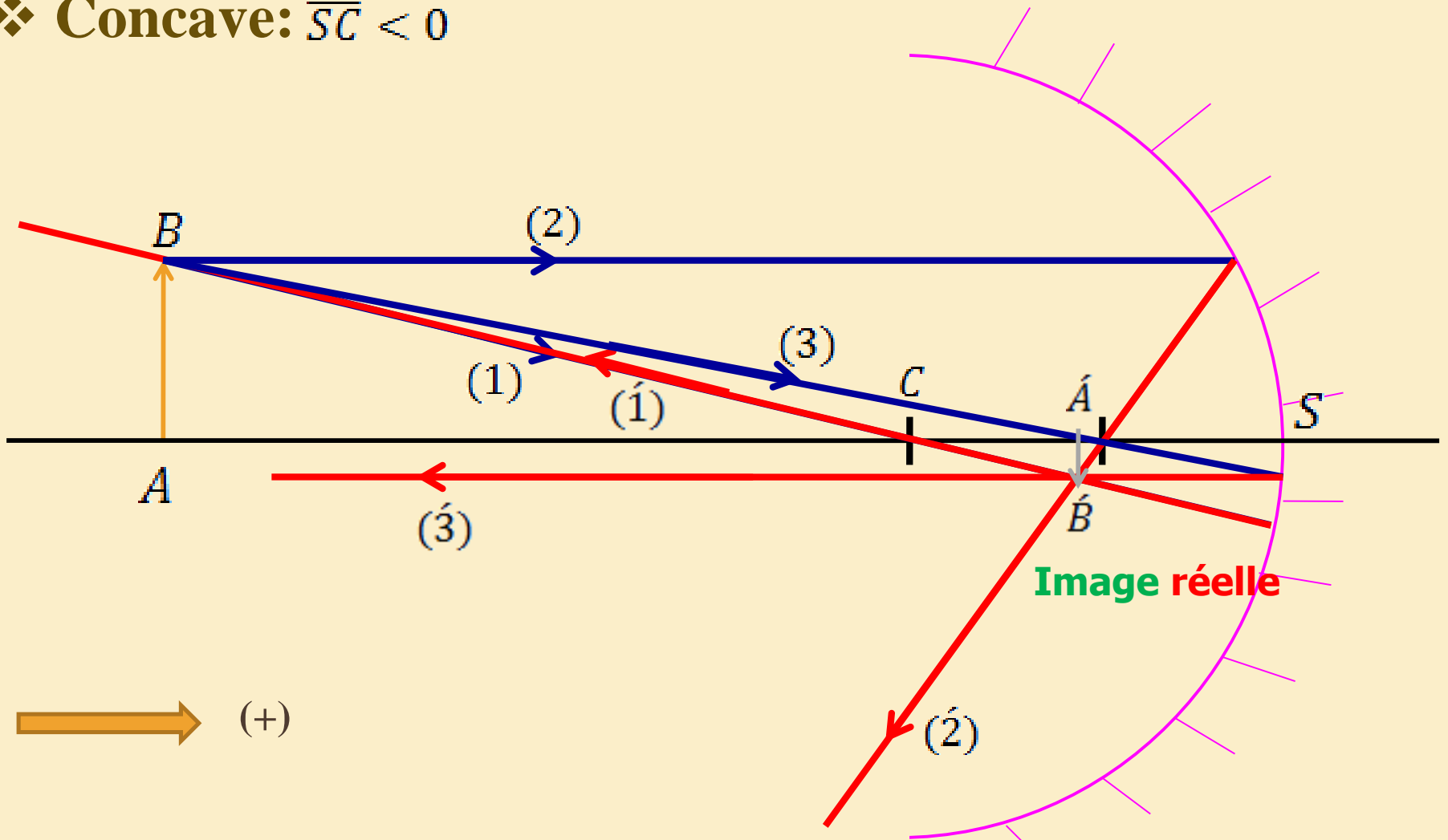


➤ L' image  $A'B'$  est le produit de l'intersection des **rayons réfléchis**.



## 2. Miroir Sphérique

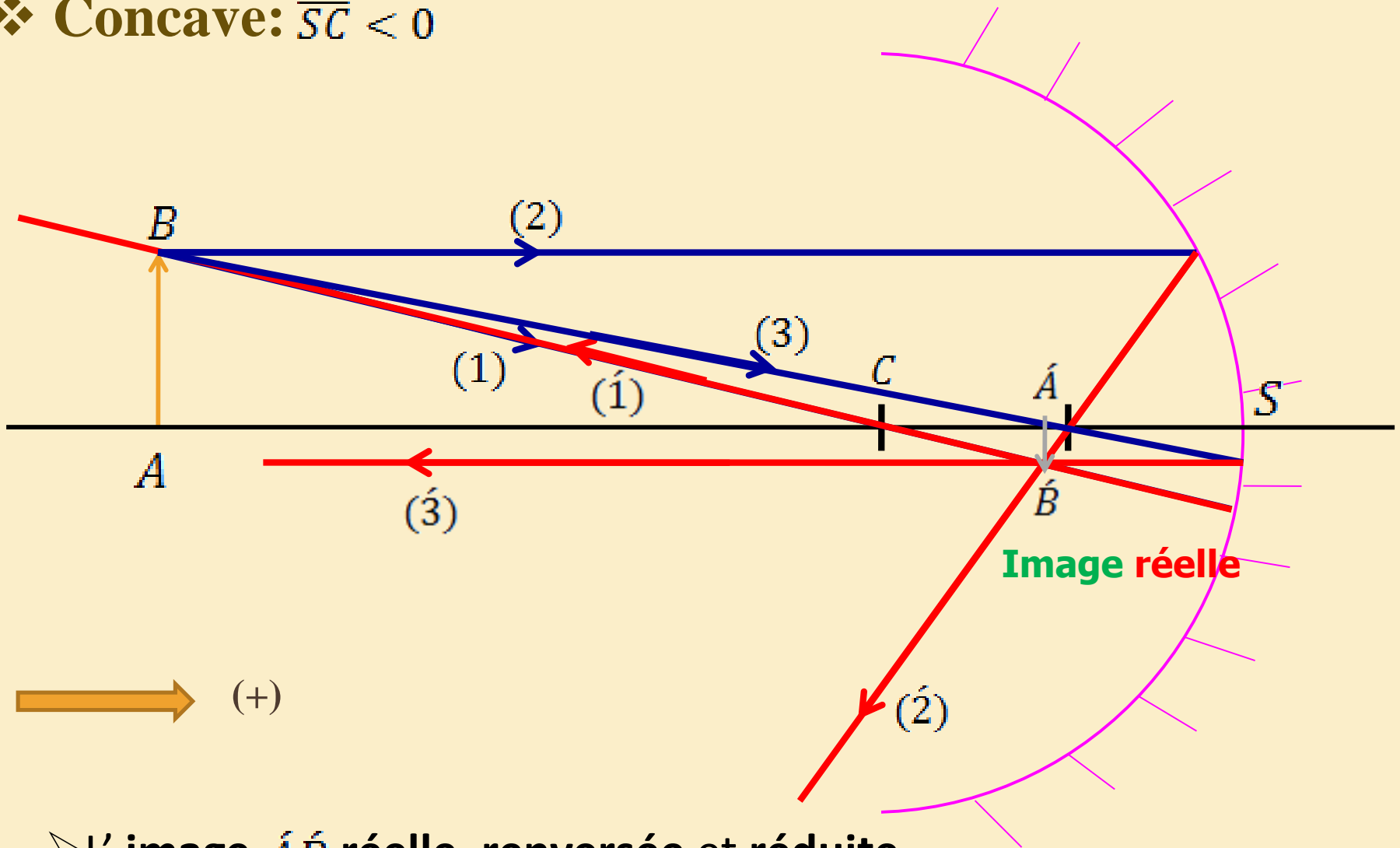
❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$



➤ L' image  $A'B'$  est le produit de l'intersection des rayons réfléchis.

## 2. Miroir Sphérique

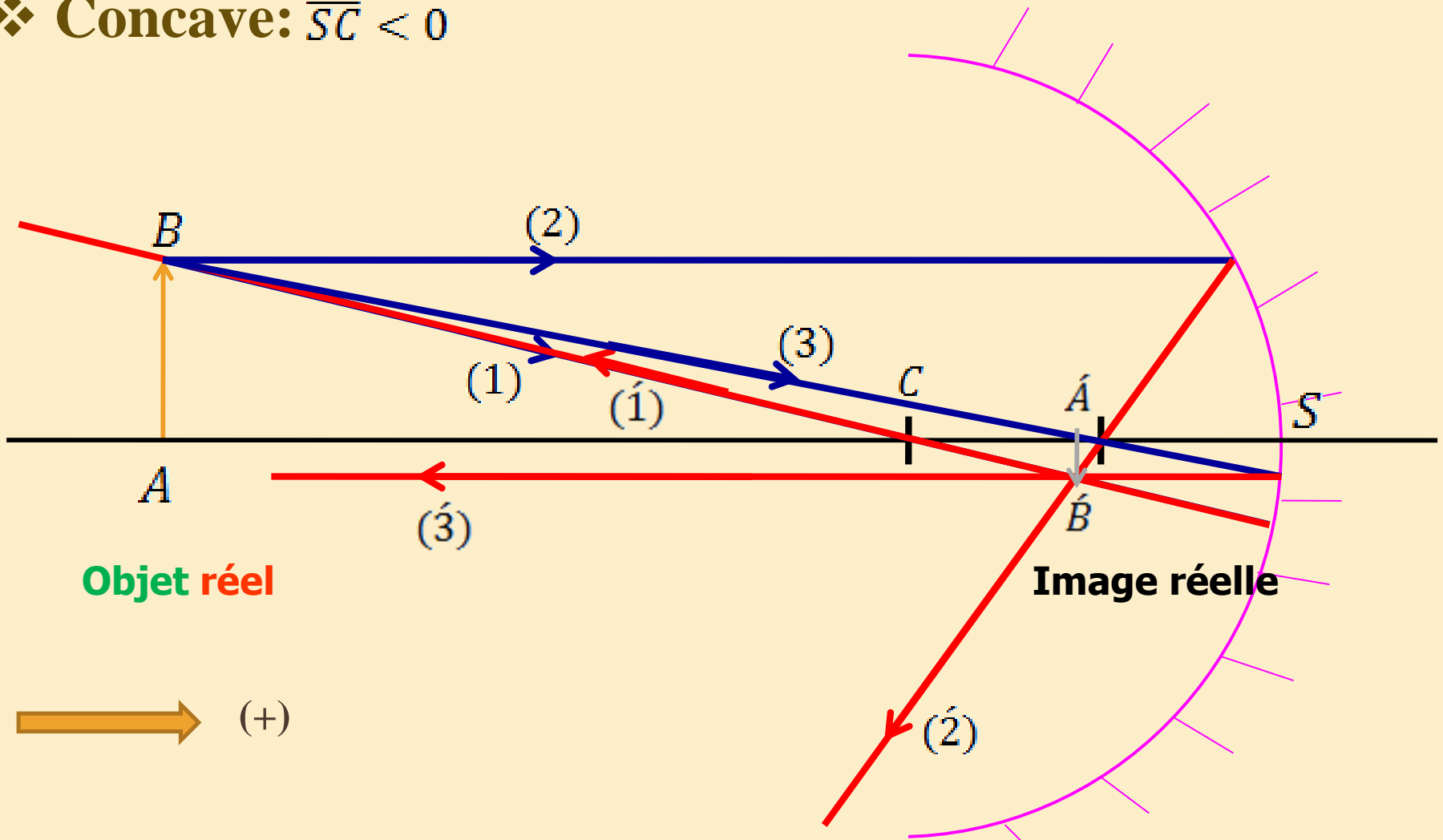
❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$



➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  réelle, renversée et réduite.

## 2. Miroir Sphérique

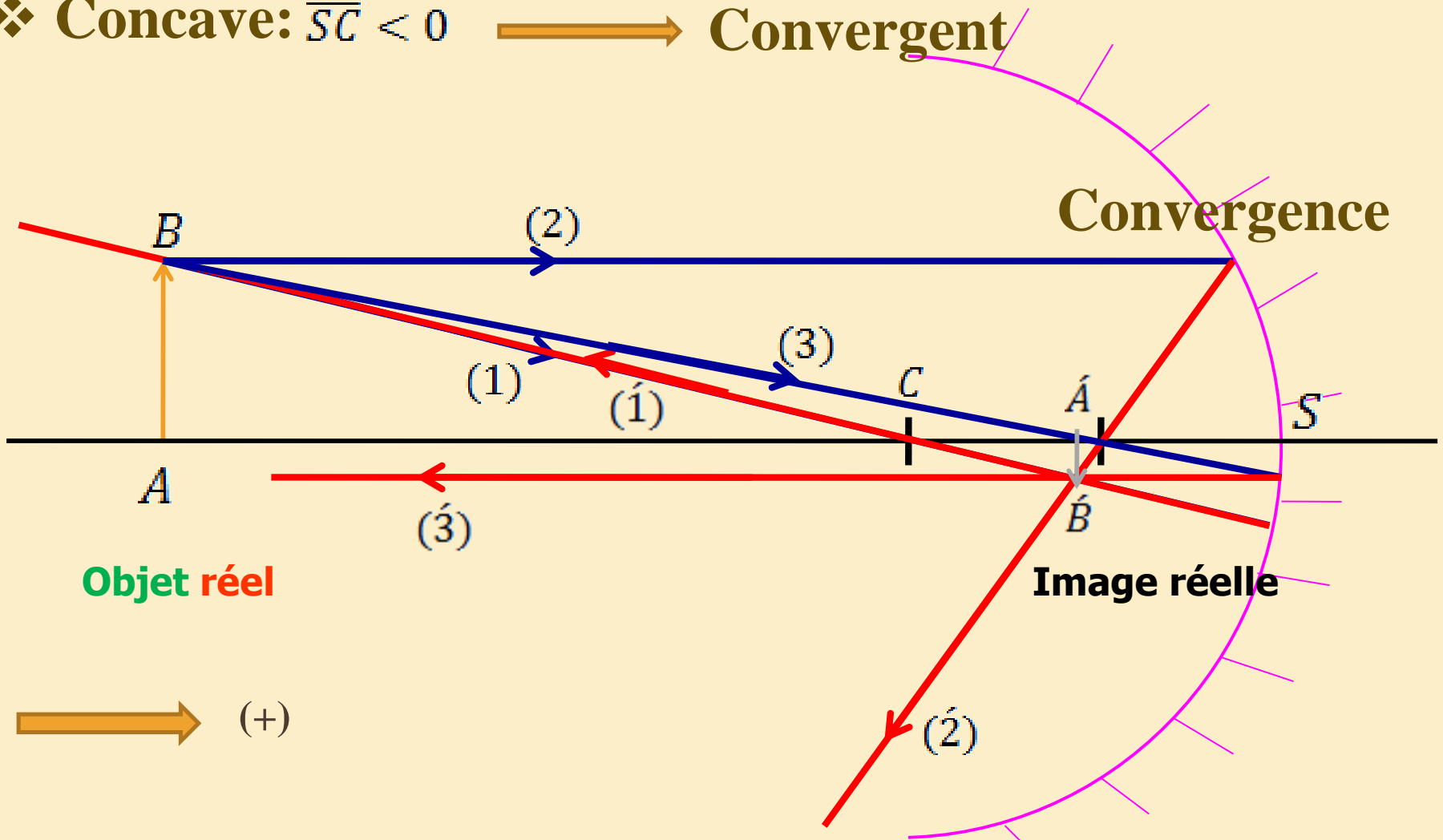
❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$



➤ L' **objet**  $AB$  est le produit de l'intersection des **rayons incidents**

## 2. Miroir Sphérique

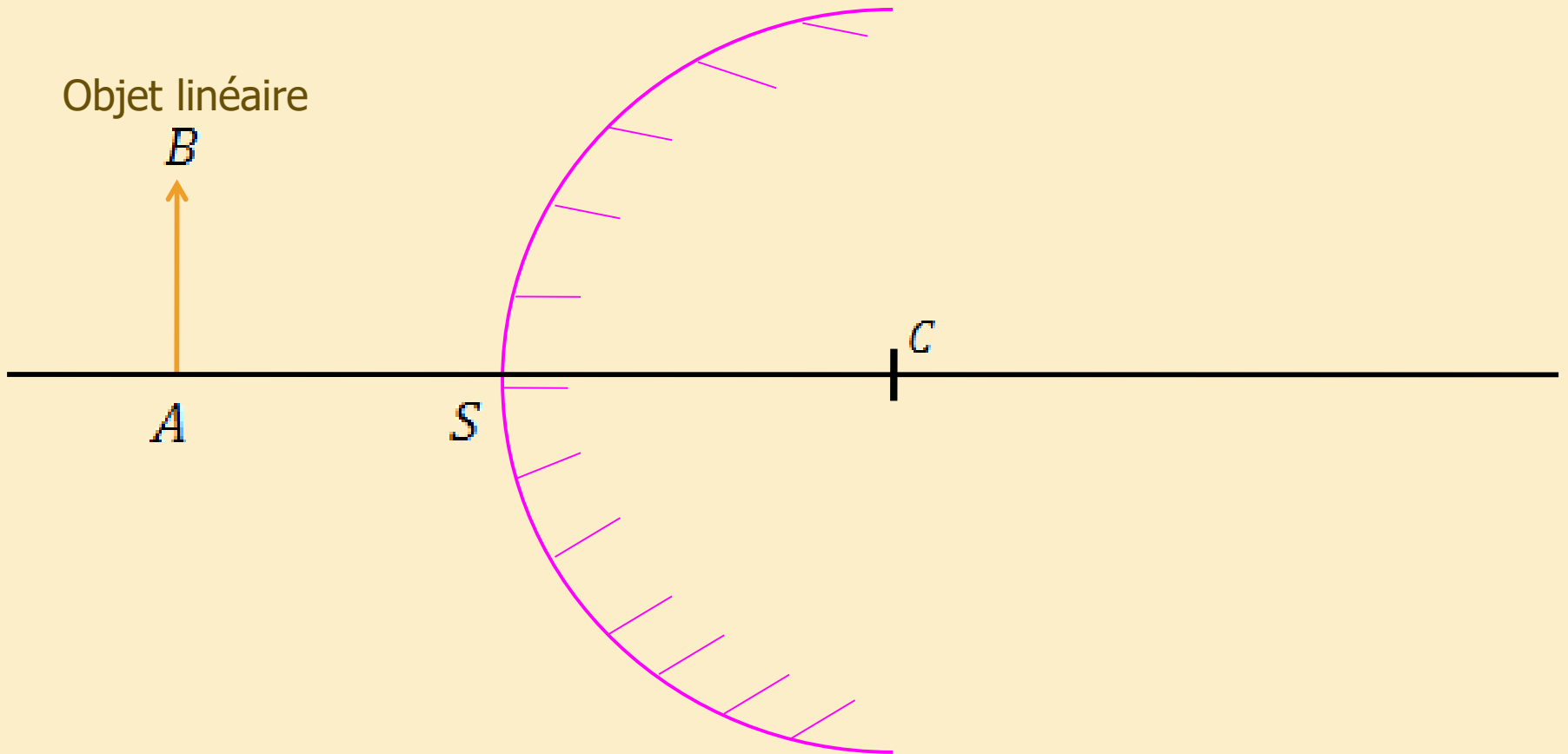
❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$   Convergent



➤ L'objet  $AB$  est le produit de l'intersection des rayons incidents

## 2. Miroir Sphérique

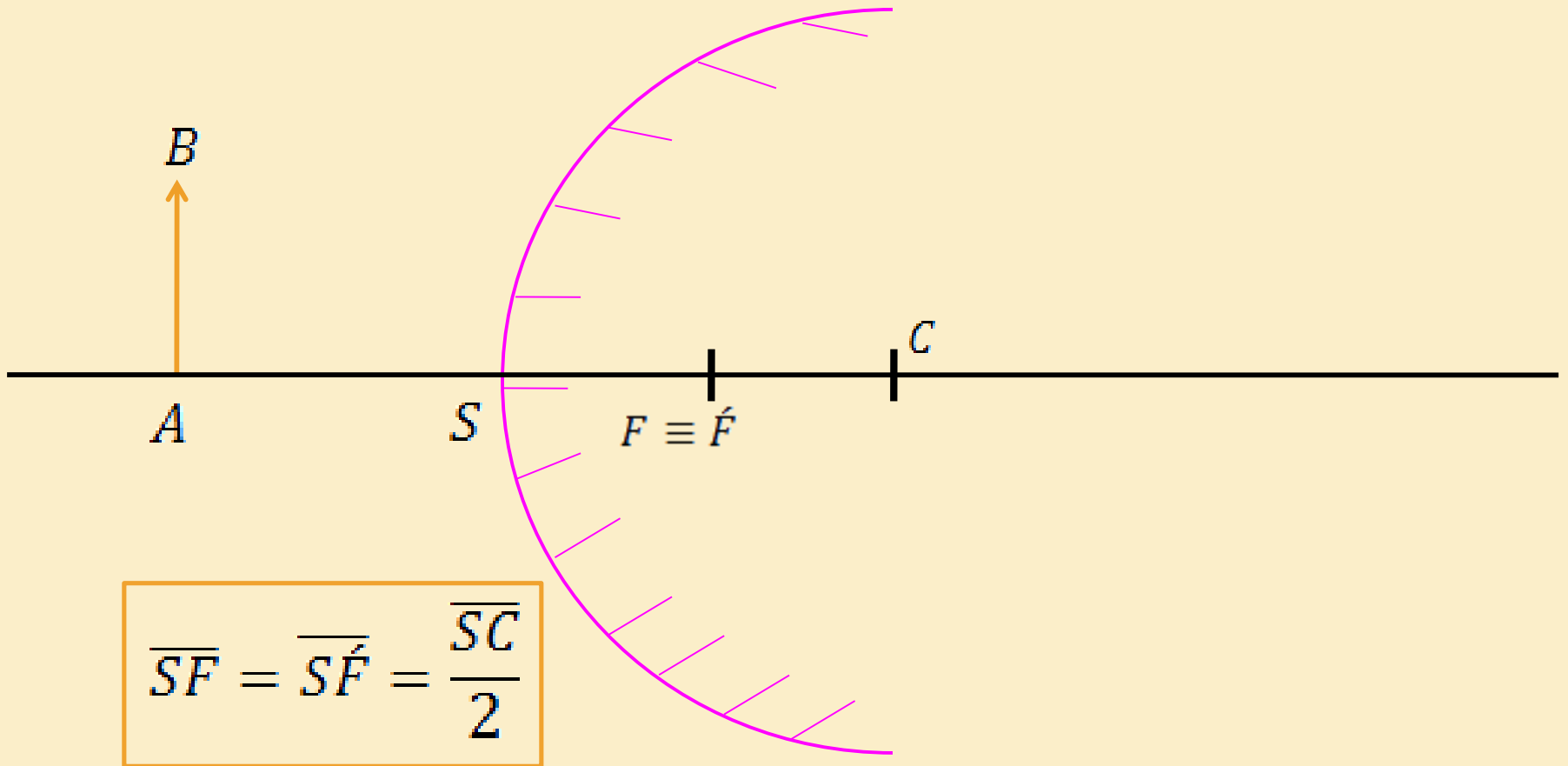
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$



Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

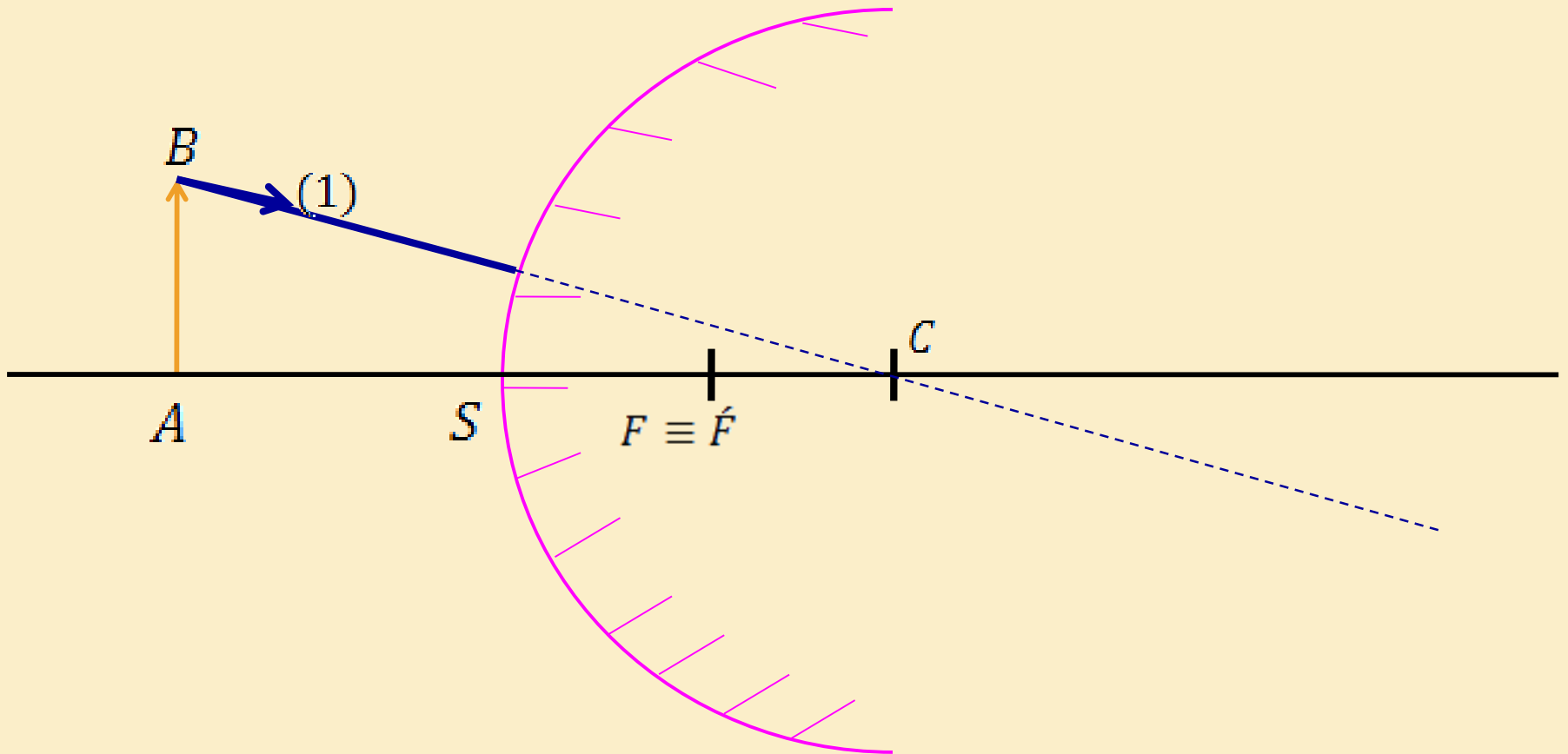
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$



Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

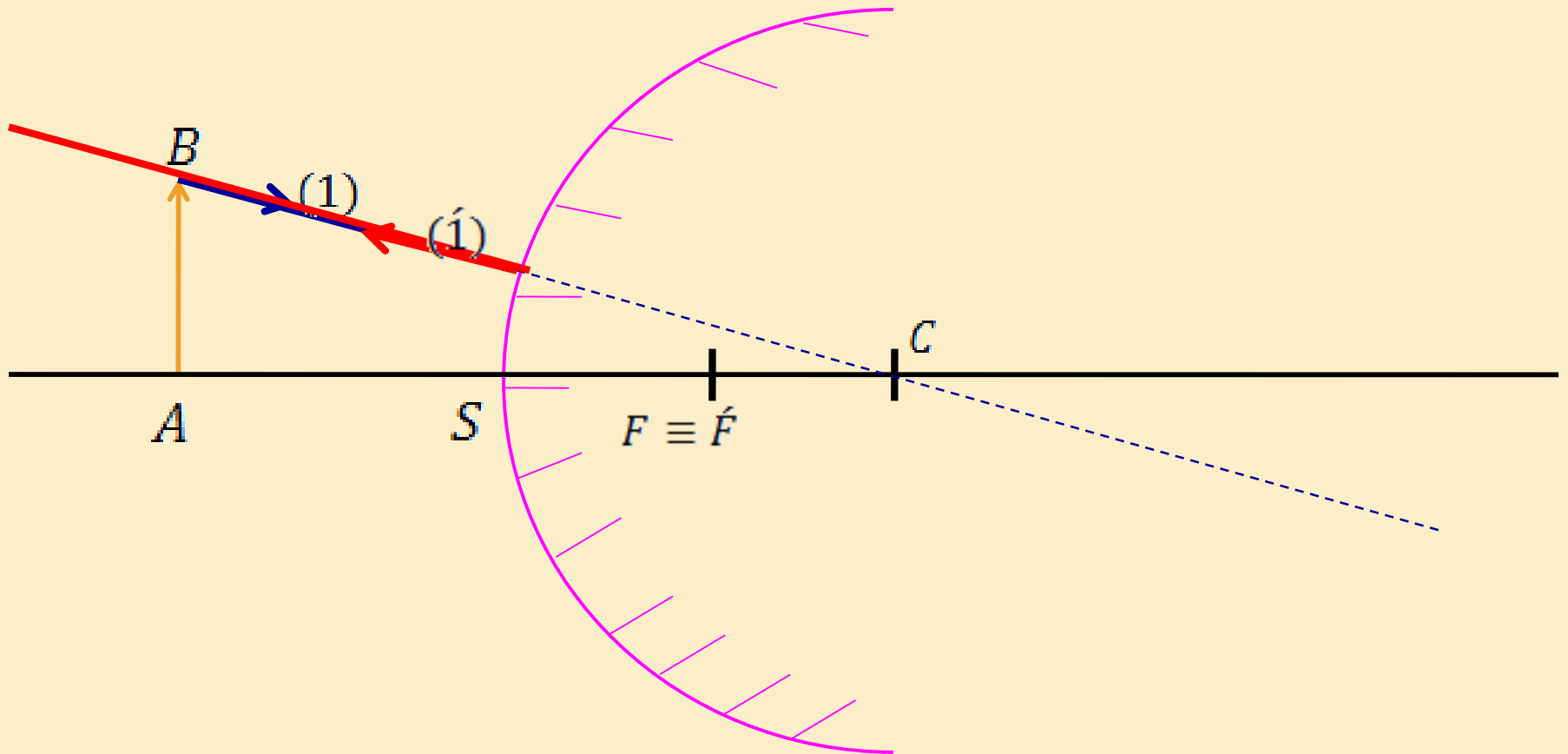
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$



Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$

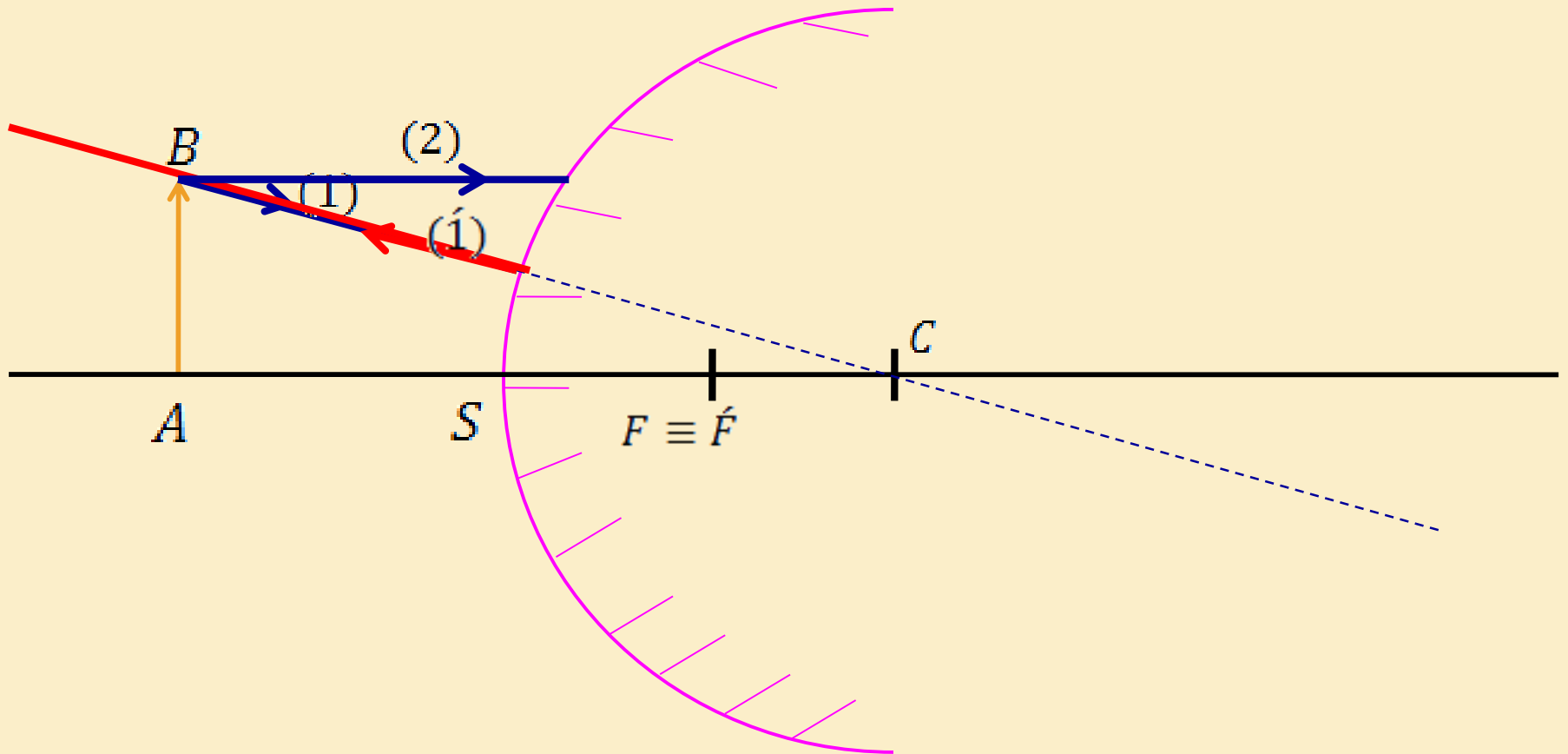


Phénomène de réflexion totale



## 2. Miroir Sphérique

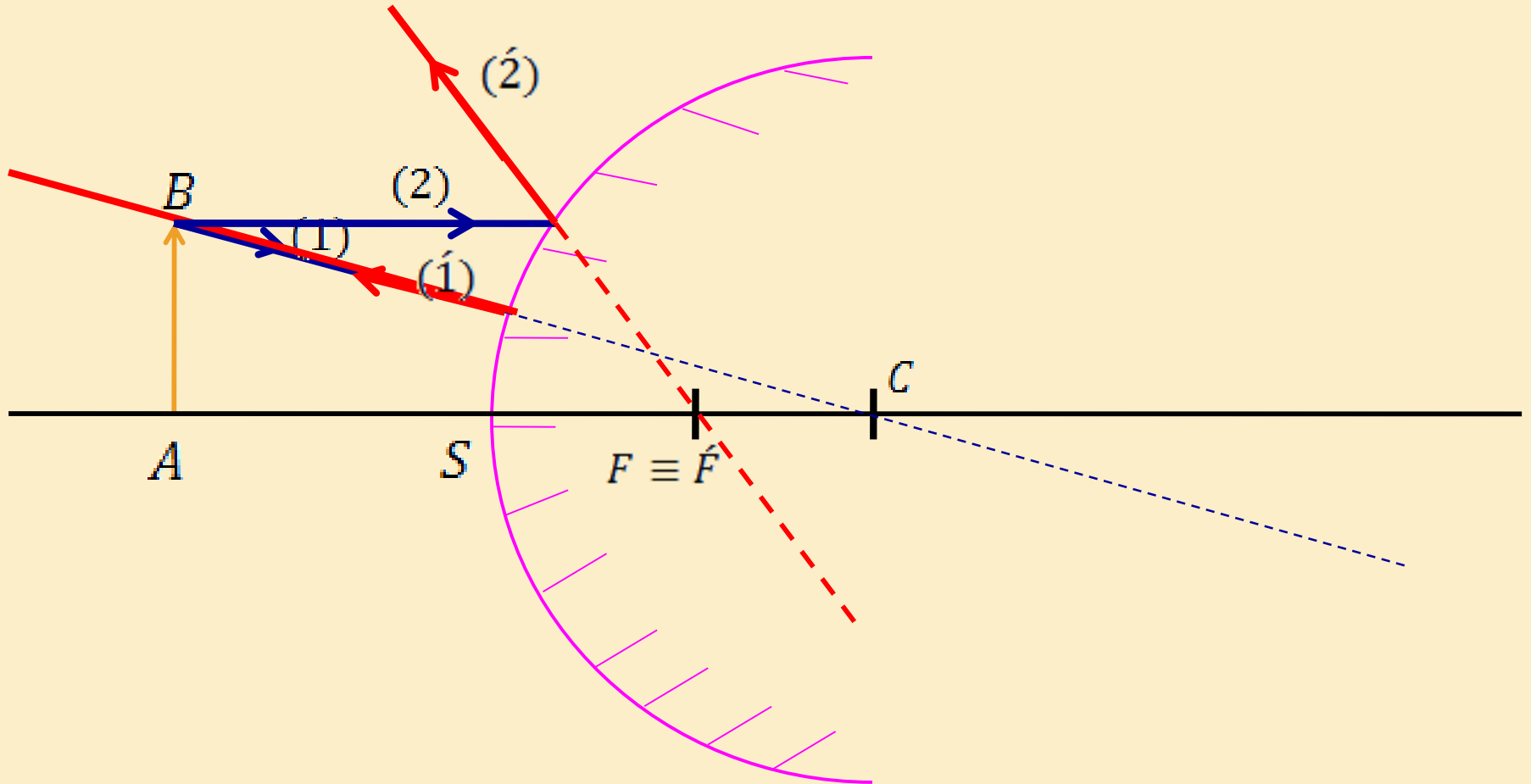
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$



Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

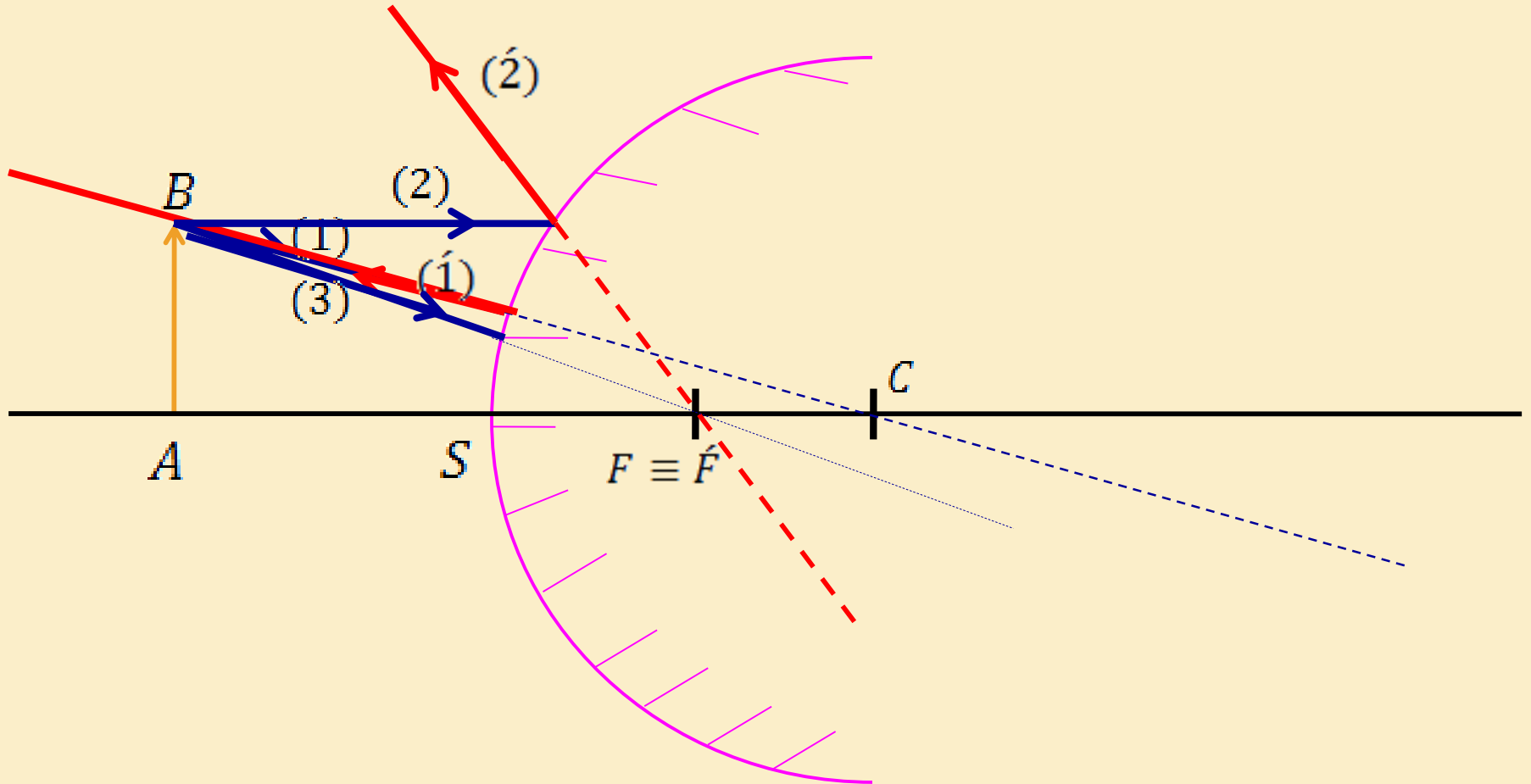
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$



Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

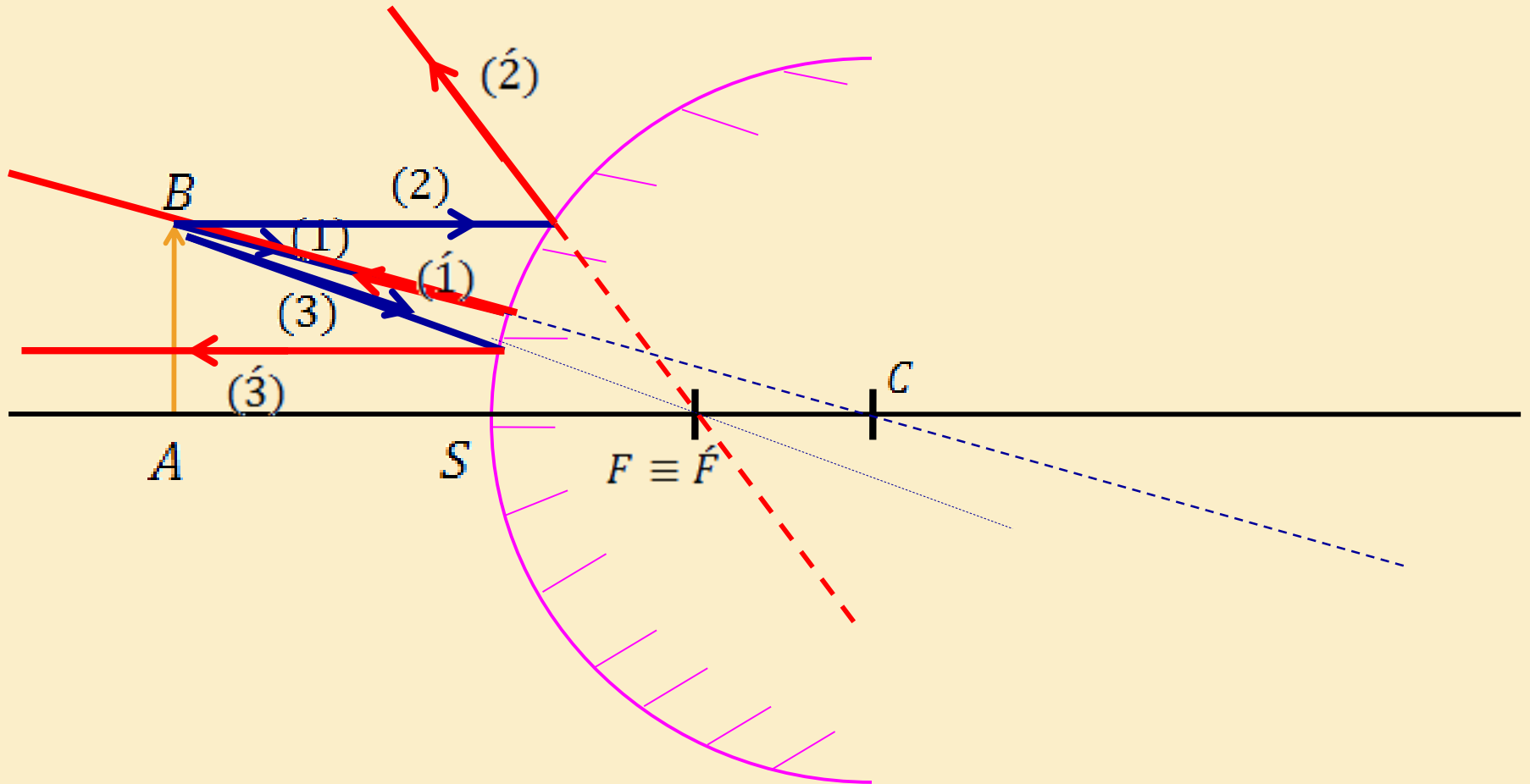
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$



Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

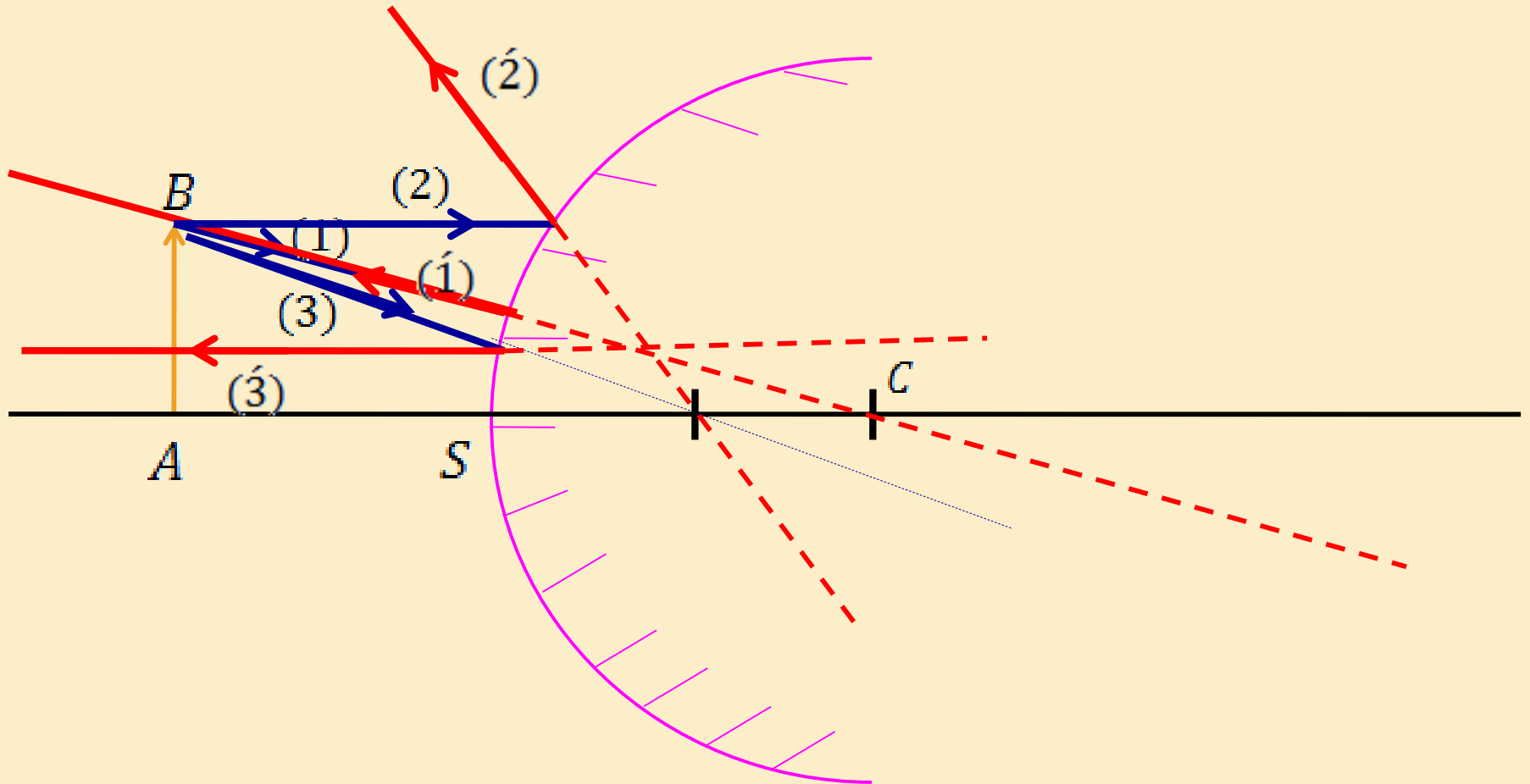
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$



Phénomène de réflexion totale

## 2. Miroir Sphérique

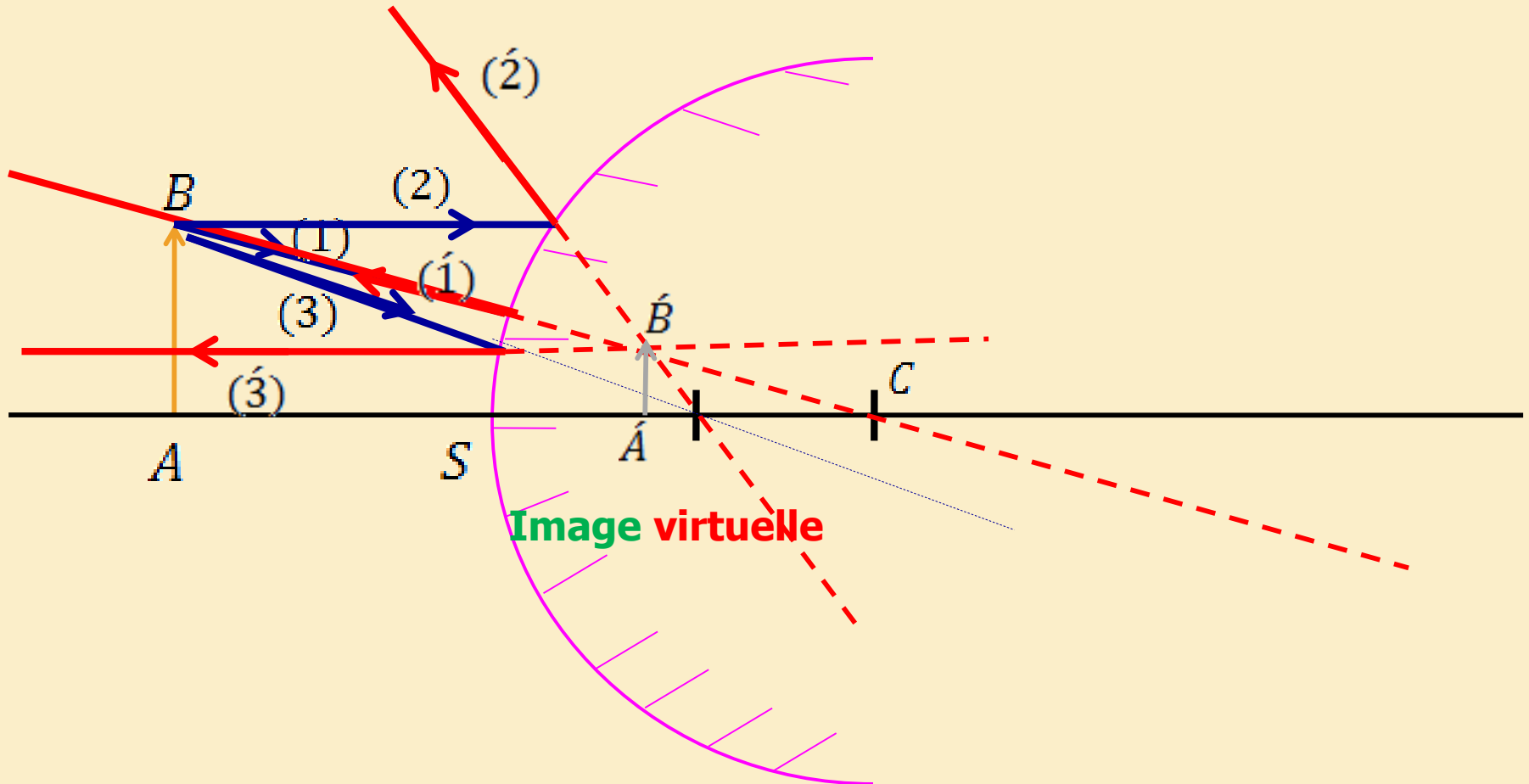
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$



➤ L' image  $A'B'$  est le produit de l'intersection des **prolongements** rayons réfléchis.

## 2. Miroir Sphérique

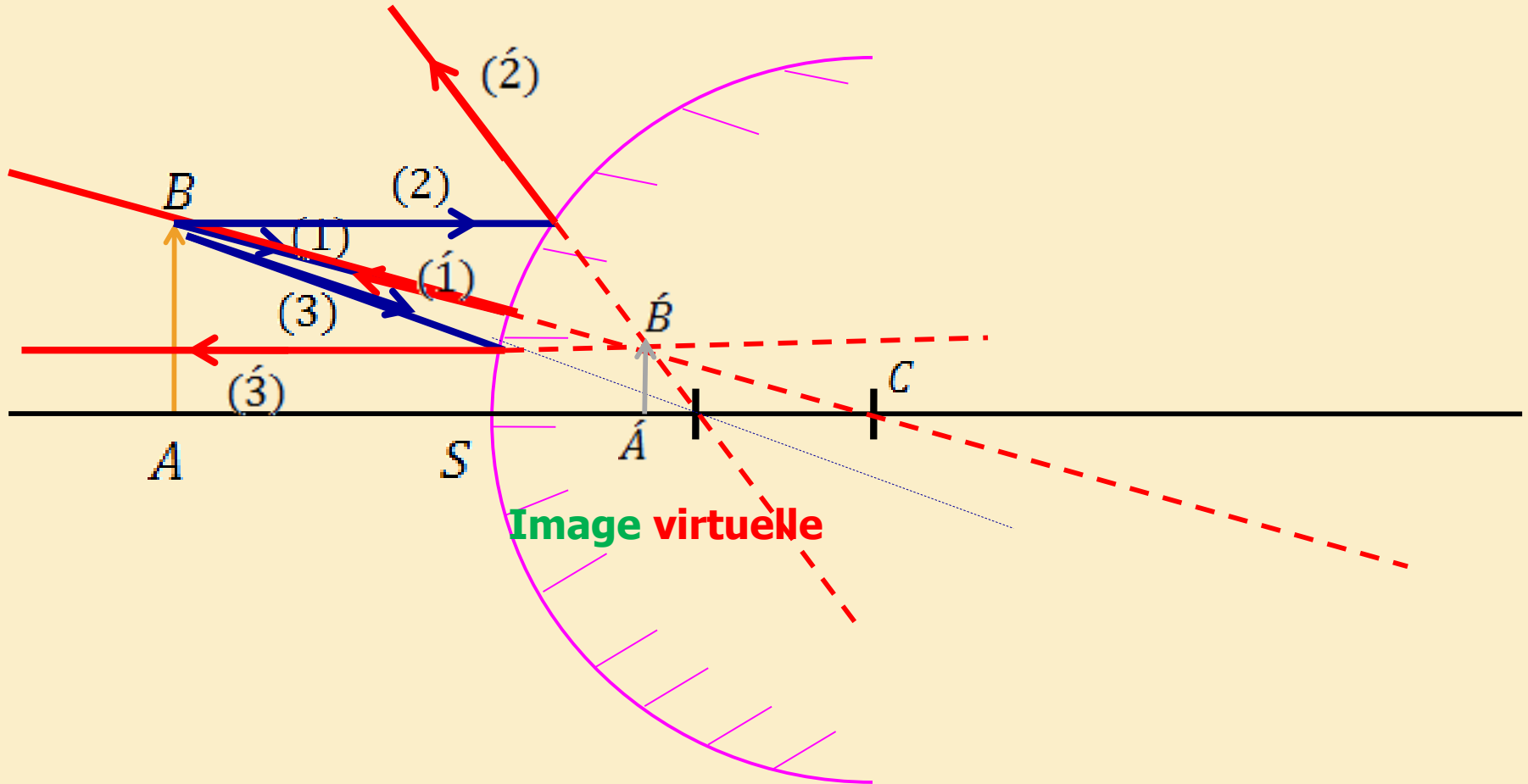
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$



➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  est le produit de l'intersection des **prolongements** rayons réfléchis.

## 2. Miroir Sphérique

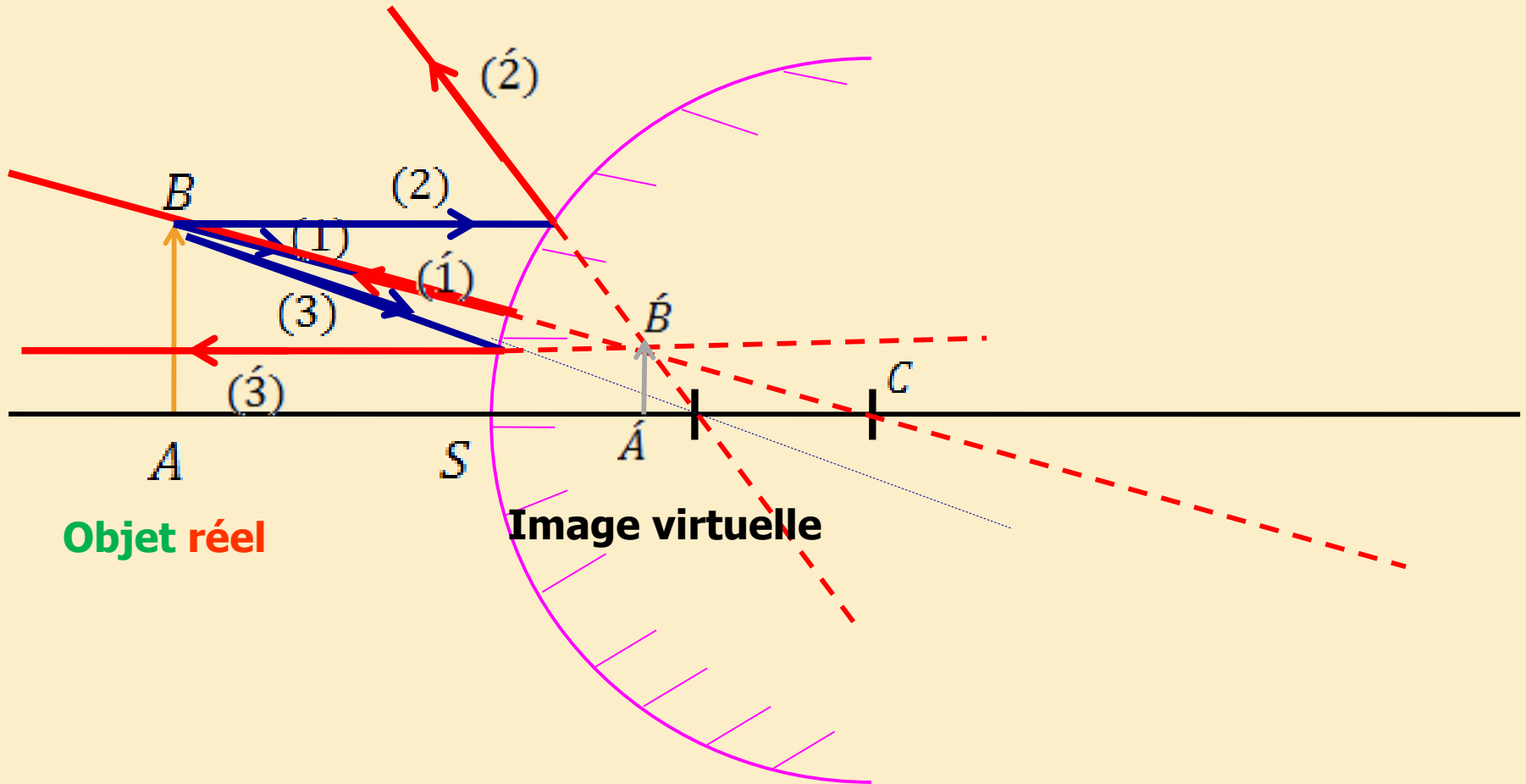
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$



➤ L' image  $A'B'$  virtuelle, droite et réduite.

## 2. Miroir Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$

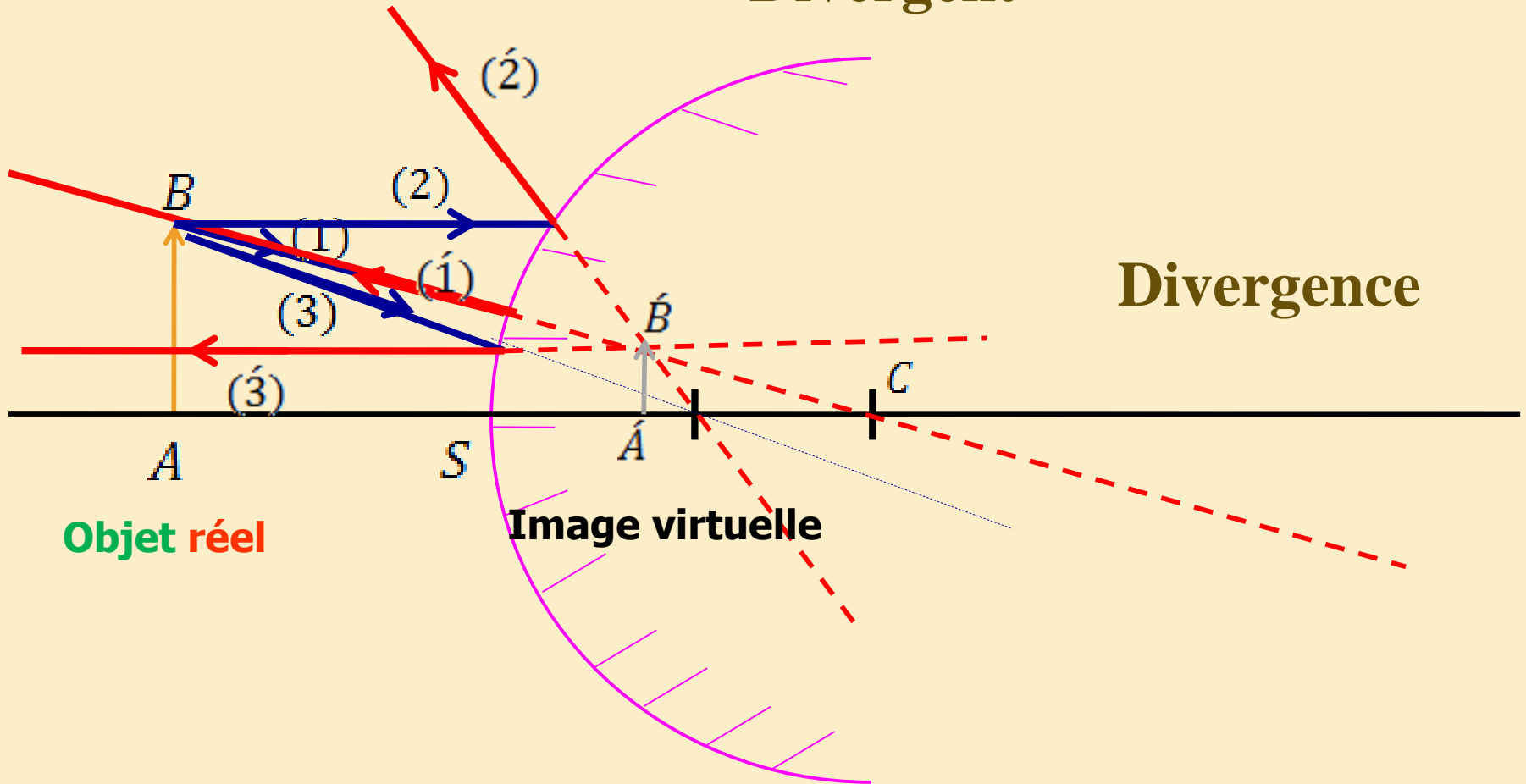


➤ L'objet  $AB$  est le produit de l'intersection des rayons incidents



## 2. Miroir Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   Divergent

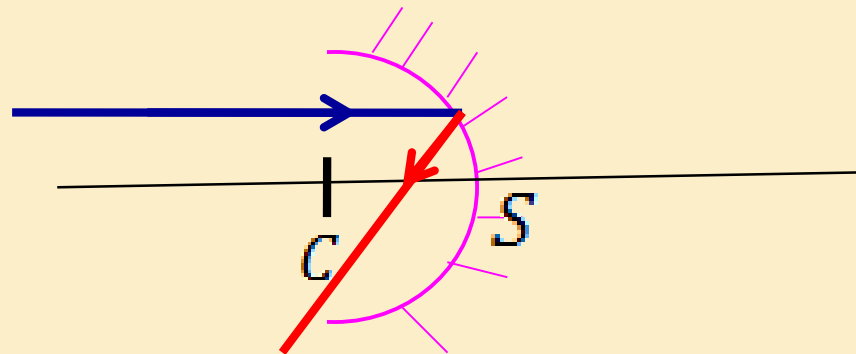


➤ L'objet  $AB$  est le produit de l'intersection des rayons incidents

# Remarque

## ✓ Miroir Sphérique

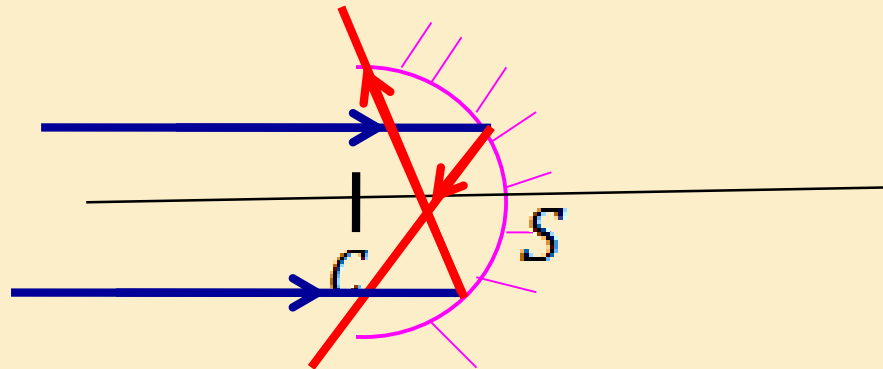
- Miroir concave :  $\overline{SC} < 0$   $\longrightarrow$  Convergent



# Remarque

## ✓ Miroir Sphérique

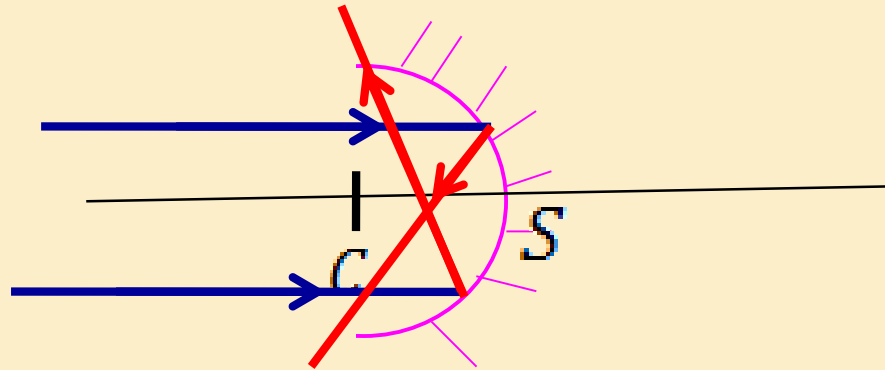
▪ Miroir concave :  $\overline{SC} < 0$   $\longrightarrow$  Convergent



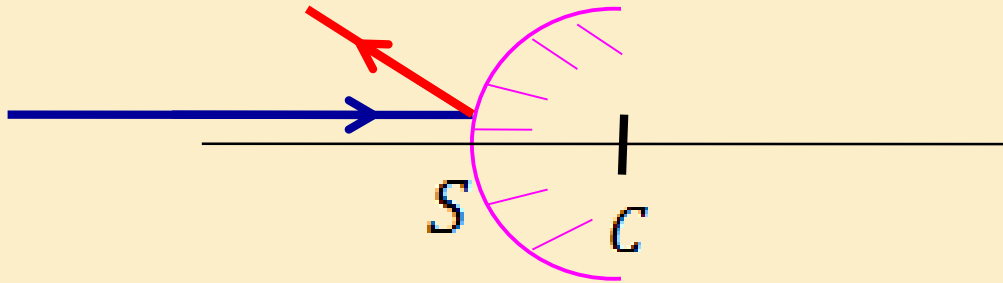
# Remarque

## ✓ Miroir Sphérique

▪ Miroir concave :  $\overline{SC} < 0$  → Convergent



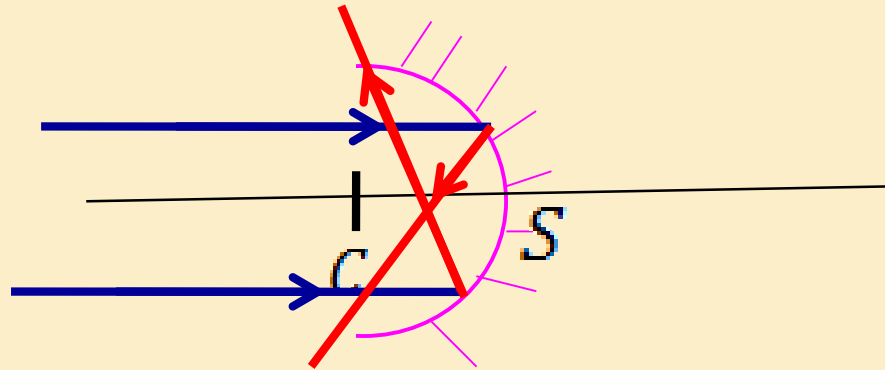
▪ Miroir convexe :  $\overline{SC} > 0$  → Divergent



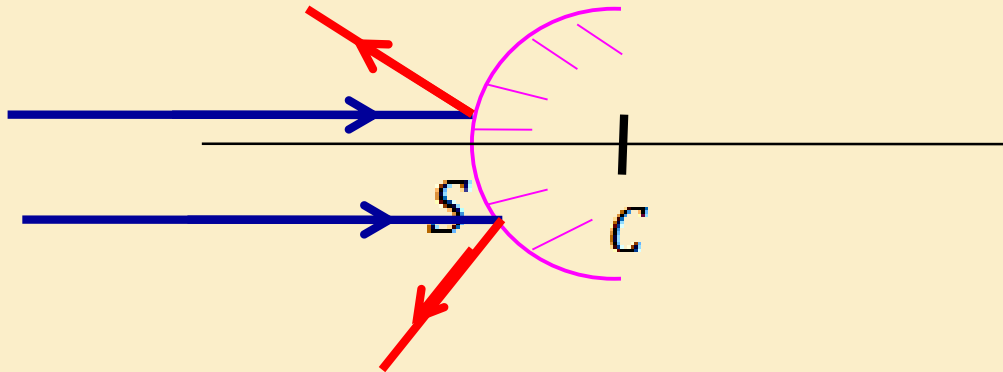
# Remarque

## ✓ Miroir Sphérique

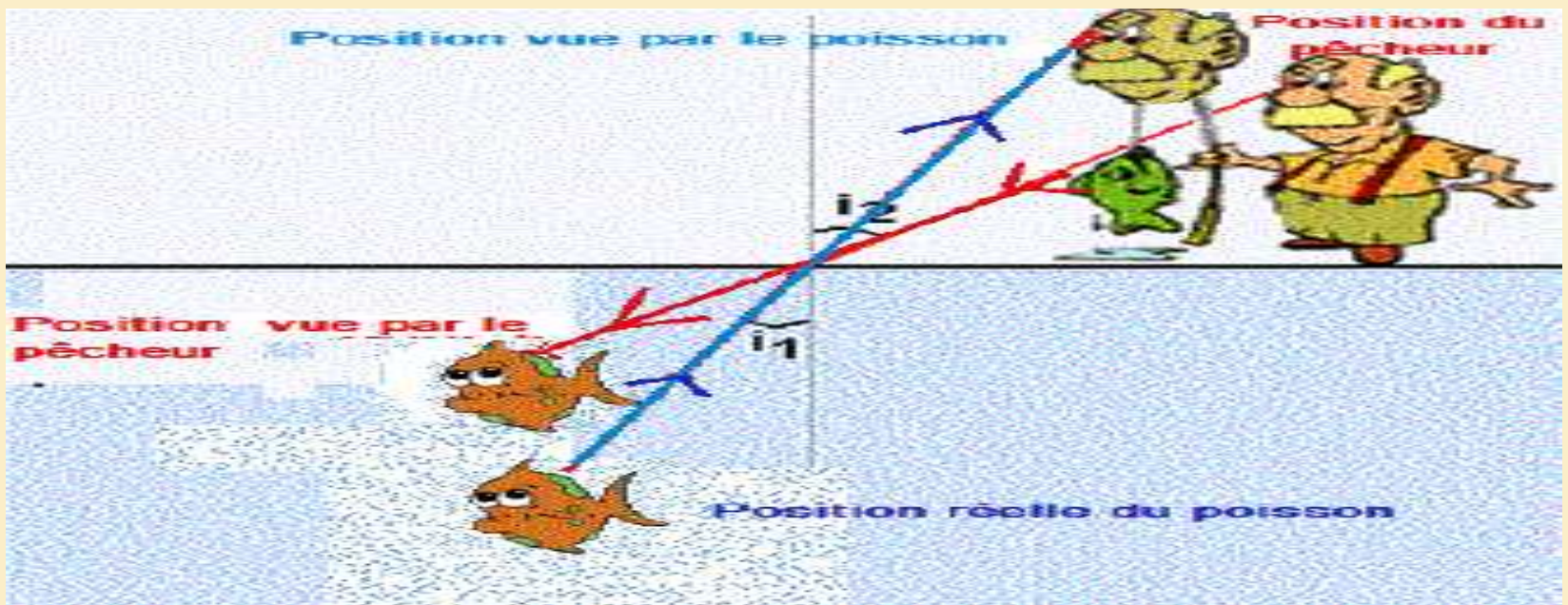
▪ Miroir concave :  $\overline{SC} < 0$  → Convergent



▪ Miroir convexe :  $\overline{SC} > 0$  → Divergent

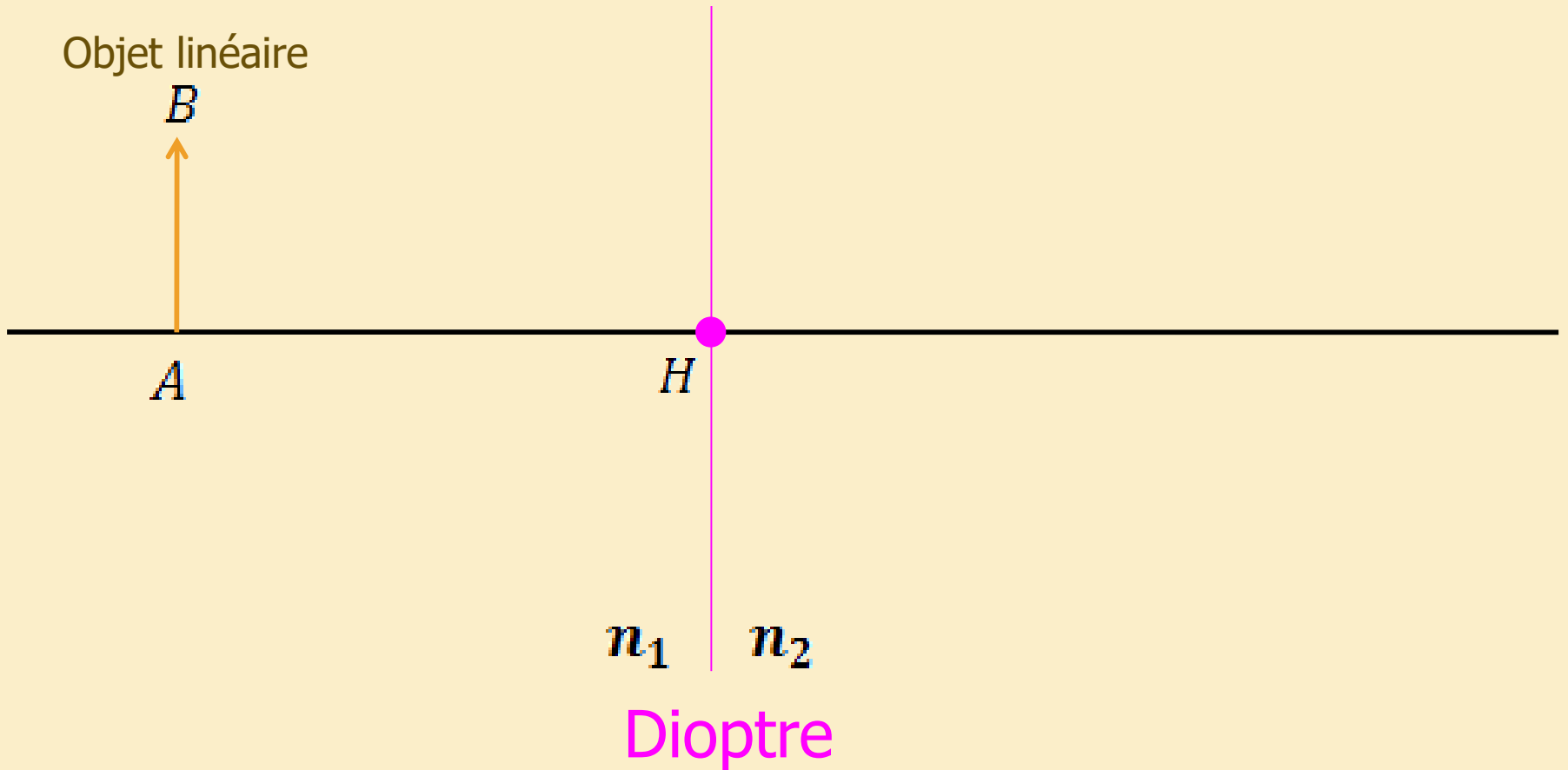


# Dioptre



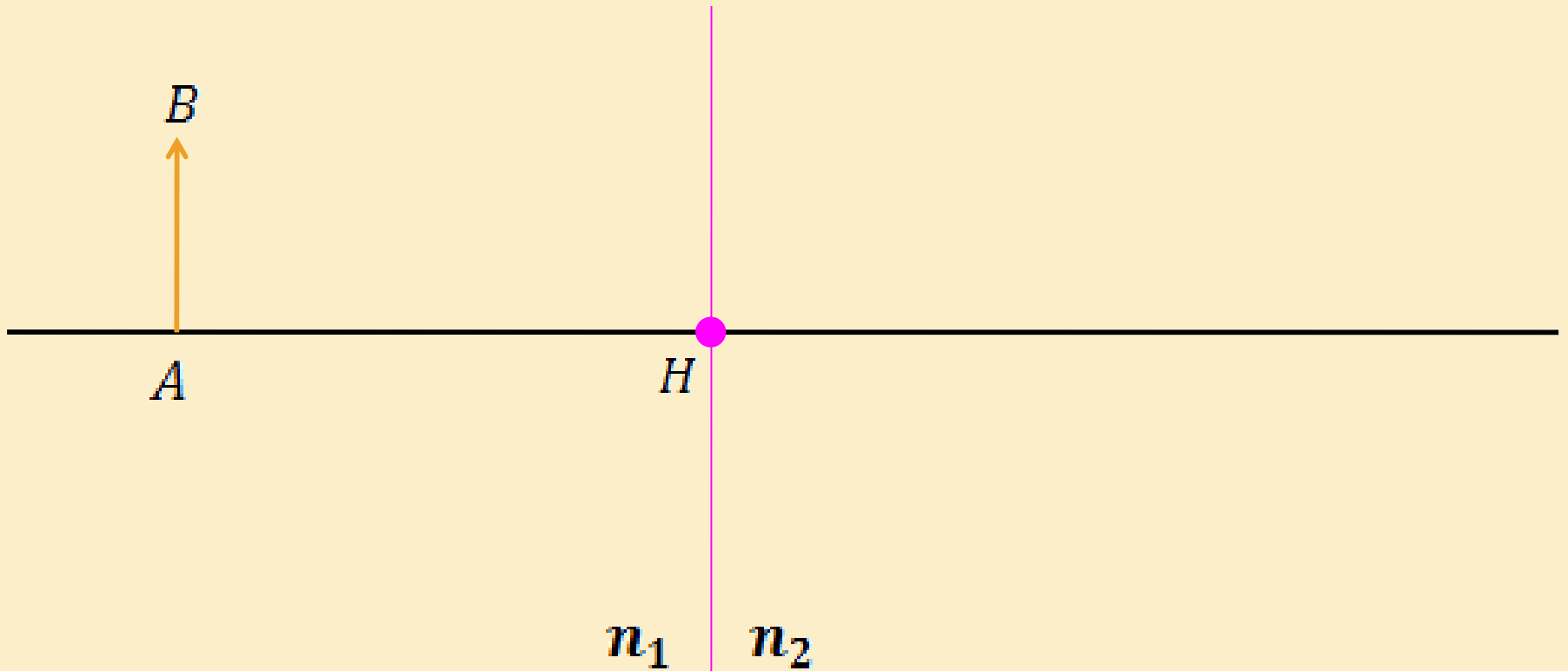
# 1. Dioptre Plan

$AB$  : Objet  $\xrightarrow{\text{dioptre plan}}$   $A'B'$  : image



# 1. Dioptre Plan

$AB$  : Objet  $\xrightarrow{\text{dioptre plan}}$   $A'B'$  : image



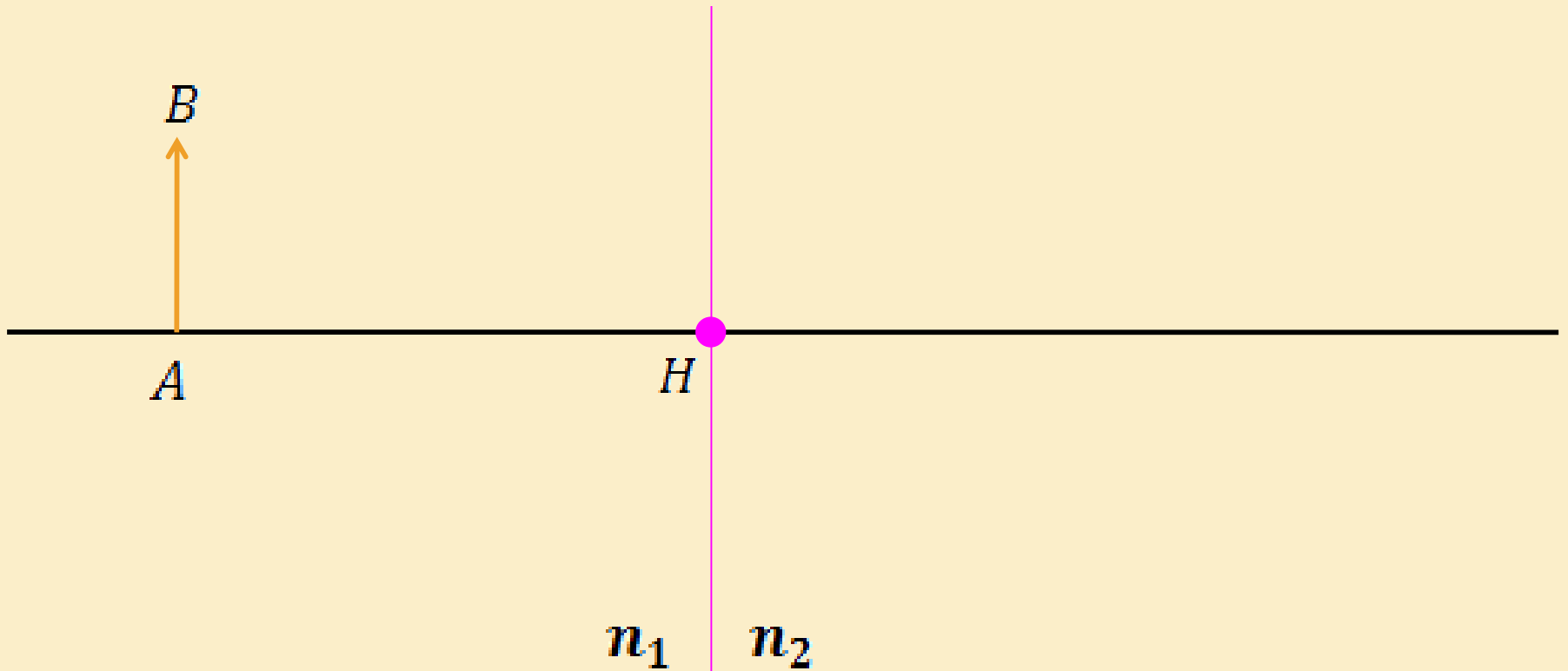
Phénomène de réfraction





# 1. Dioptre Plan

On cherche  $\hat{B}$  l'image de l'objet  $B$

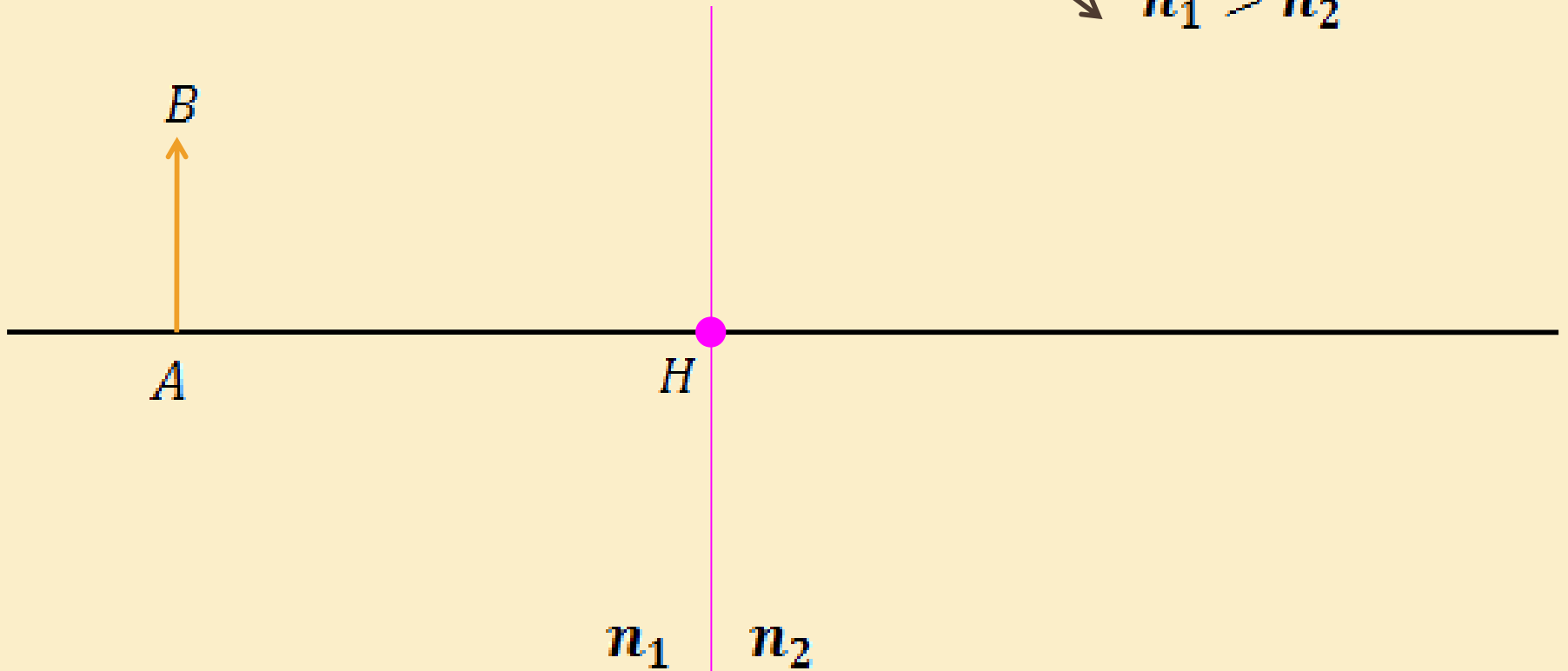


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

On peut distinguer les 2 cas suivants:  $\longrightarrow n_1 < n_2$   
 $\searrow n_1 > n_2$

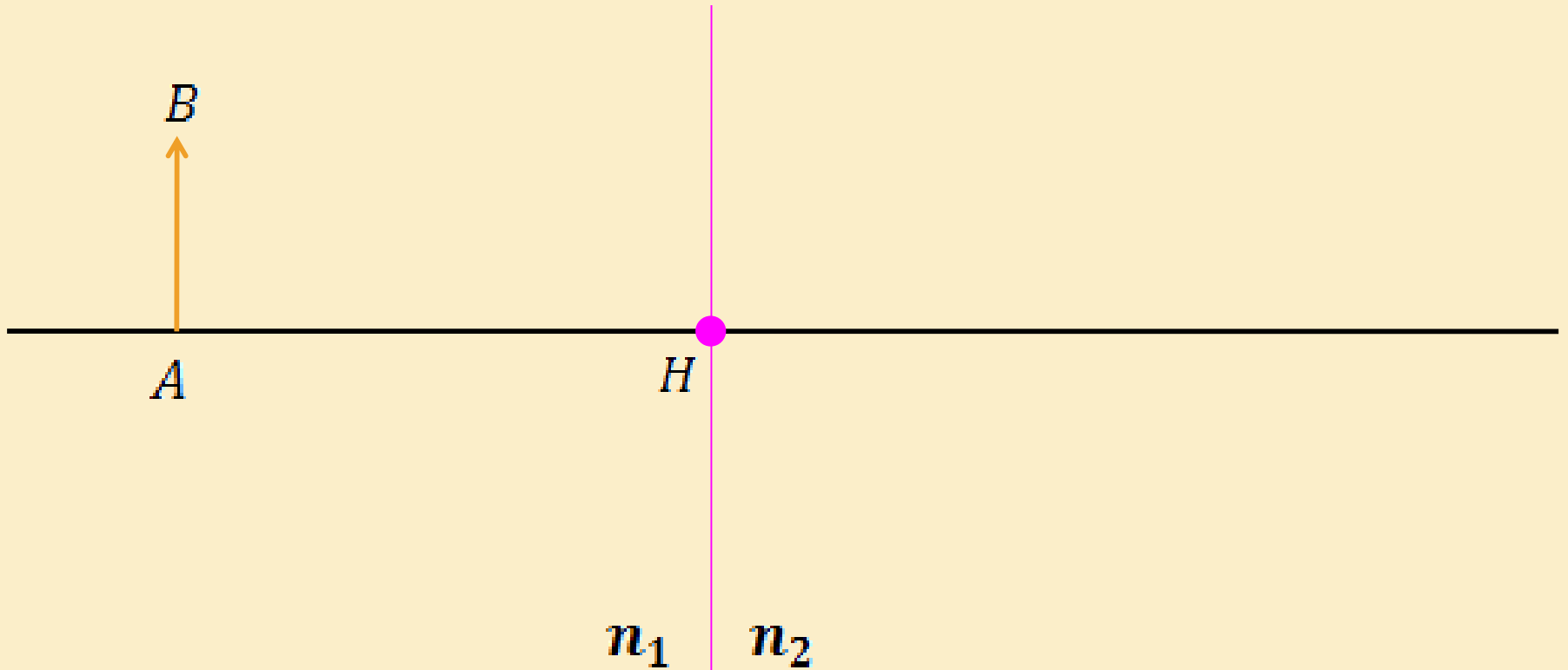


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 < n_2$$

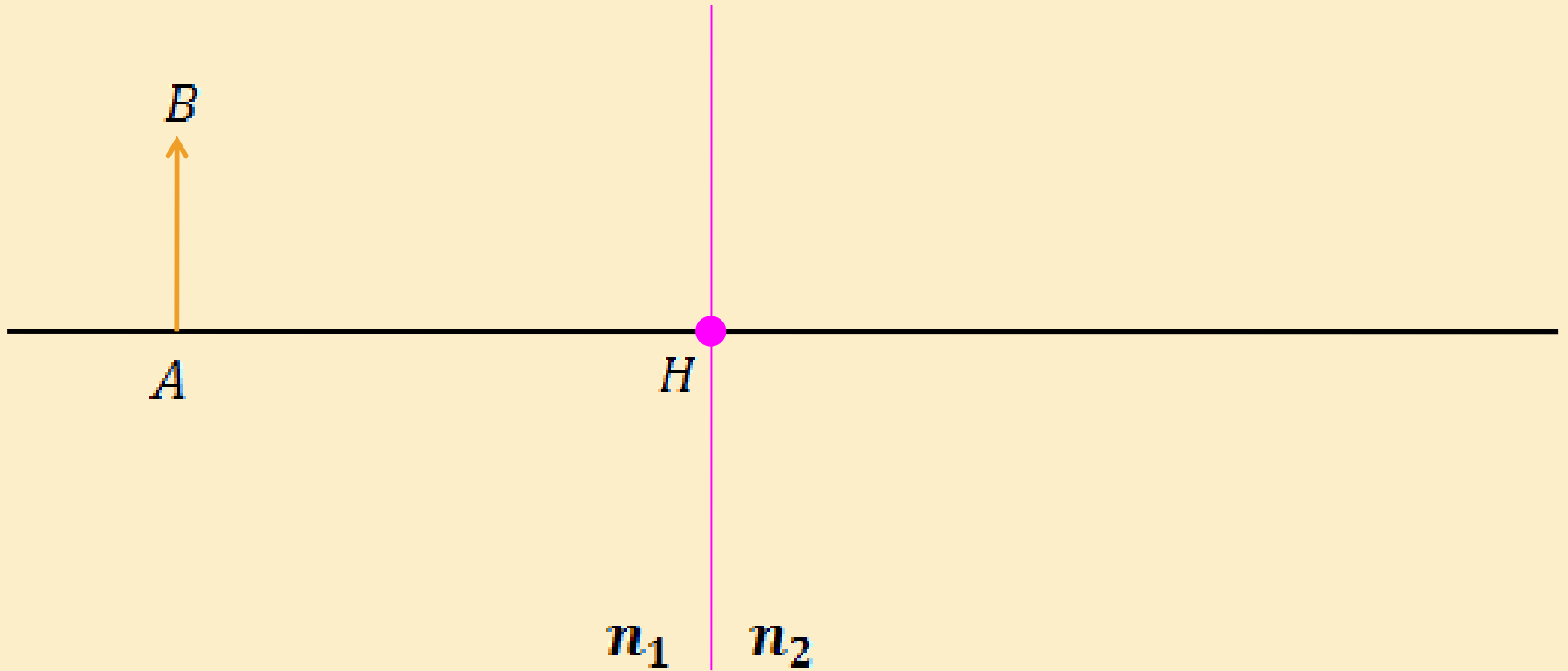


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$

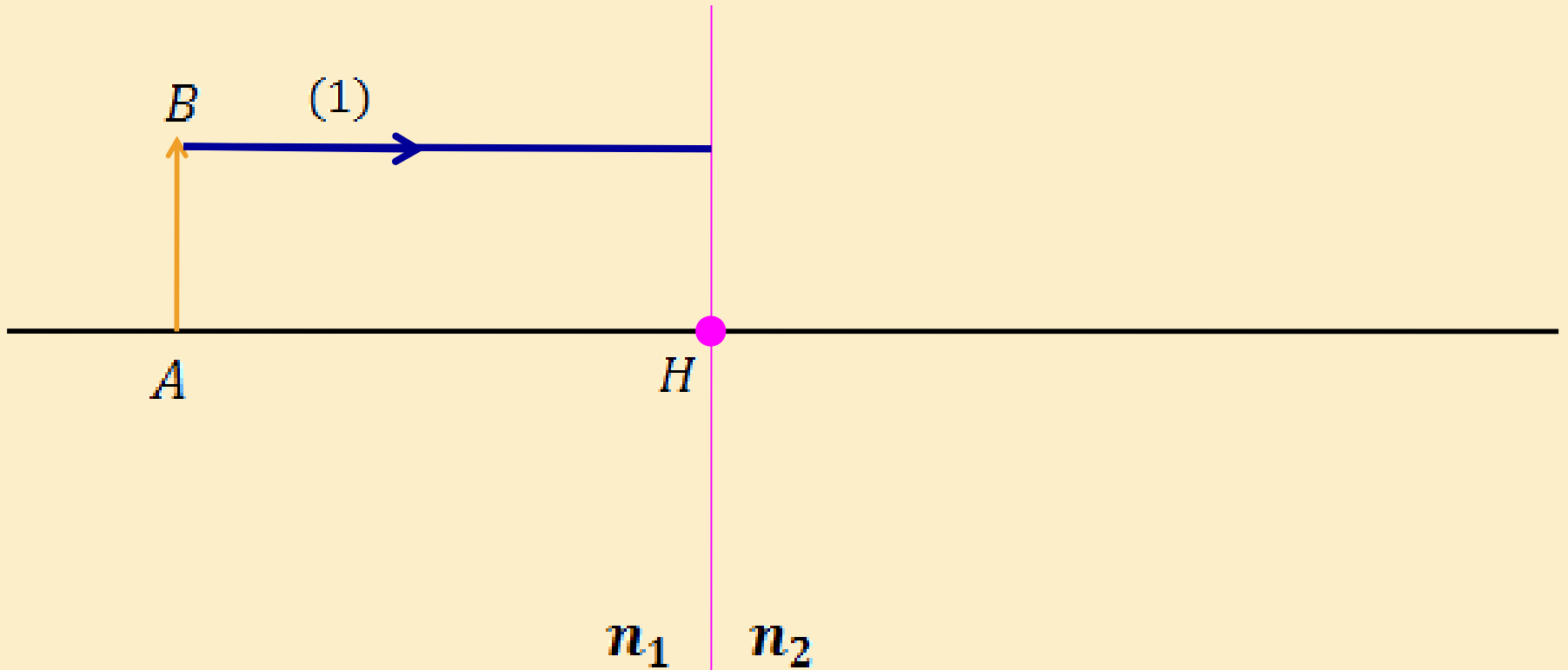


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$

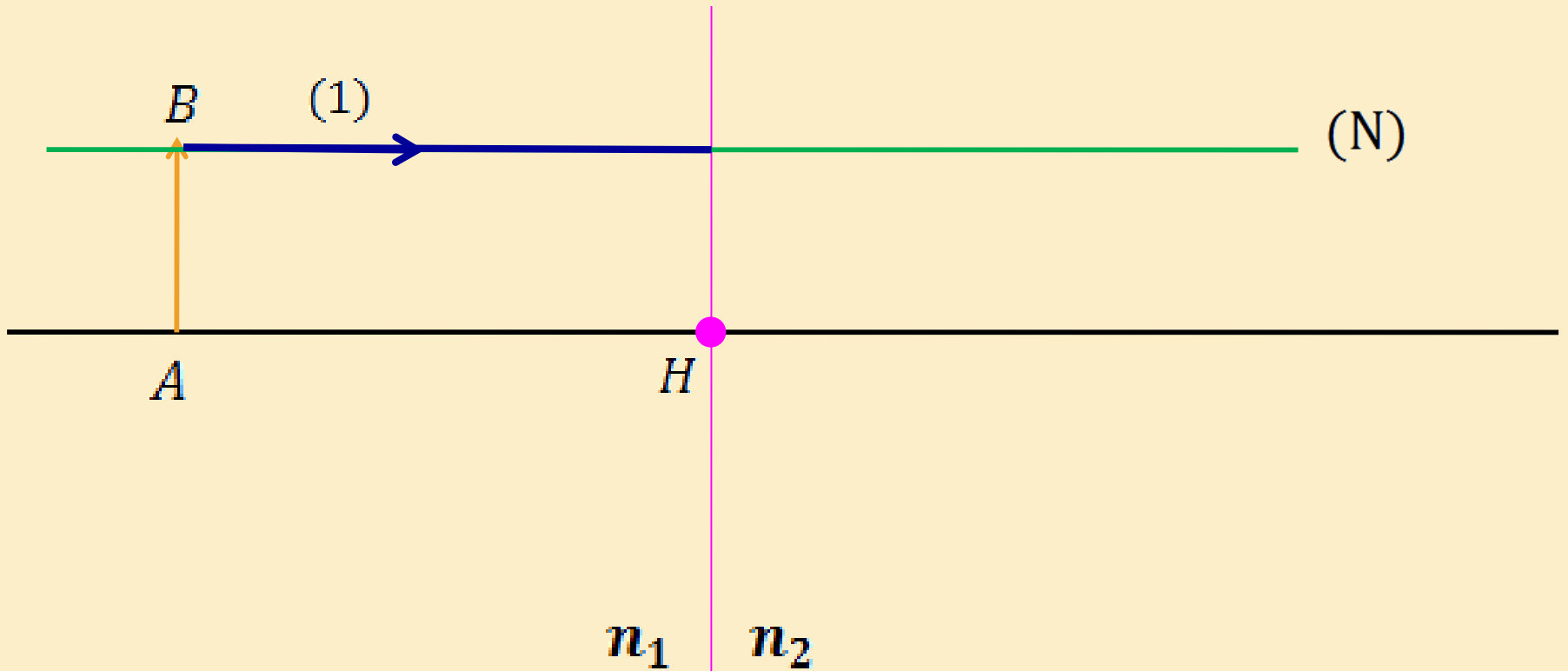


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$

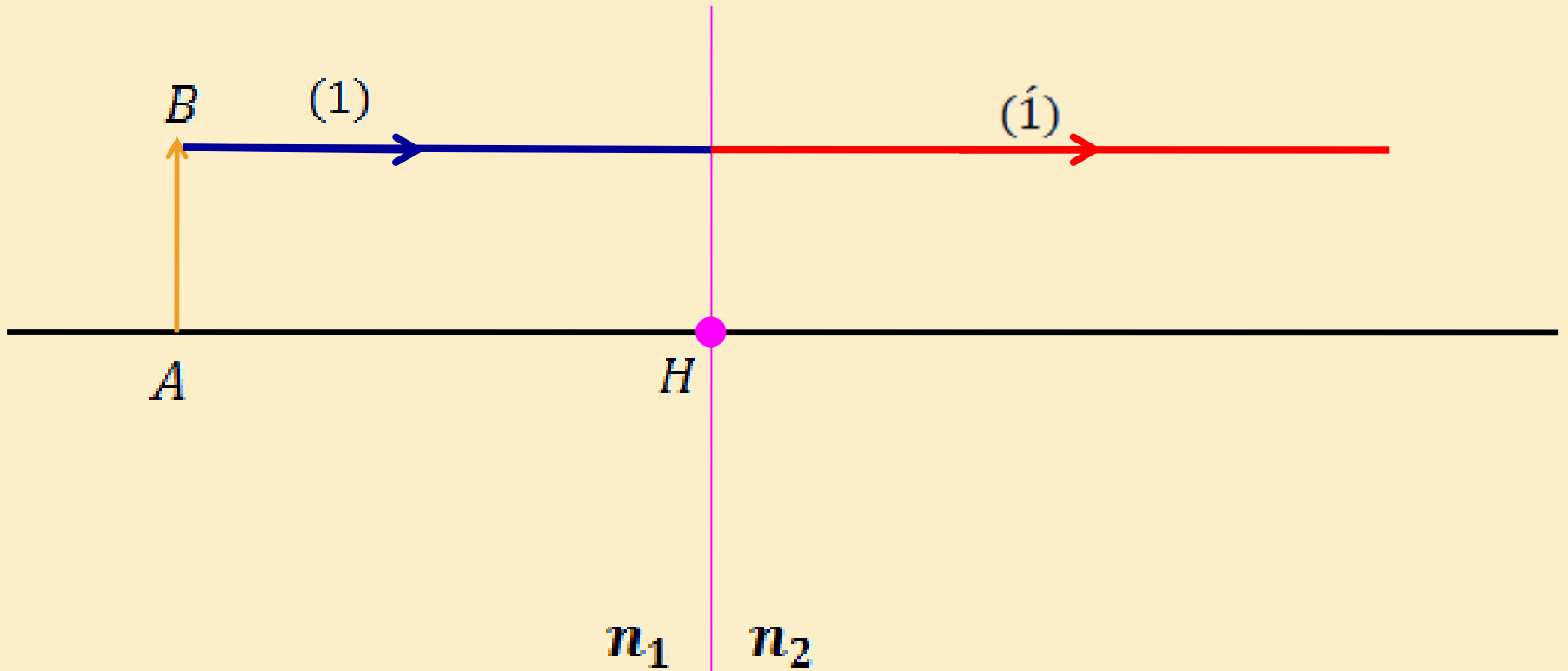


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$

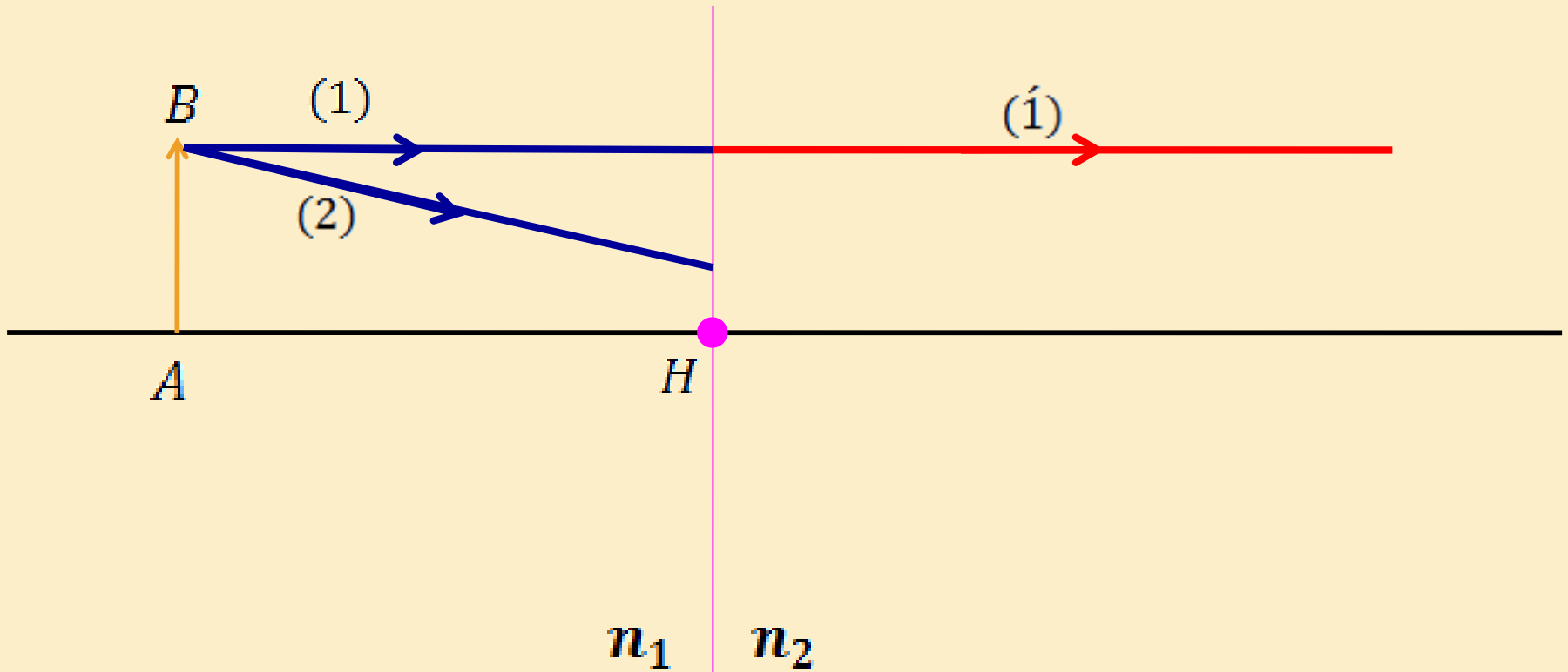


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$



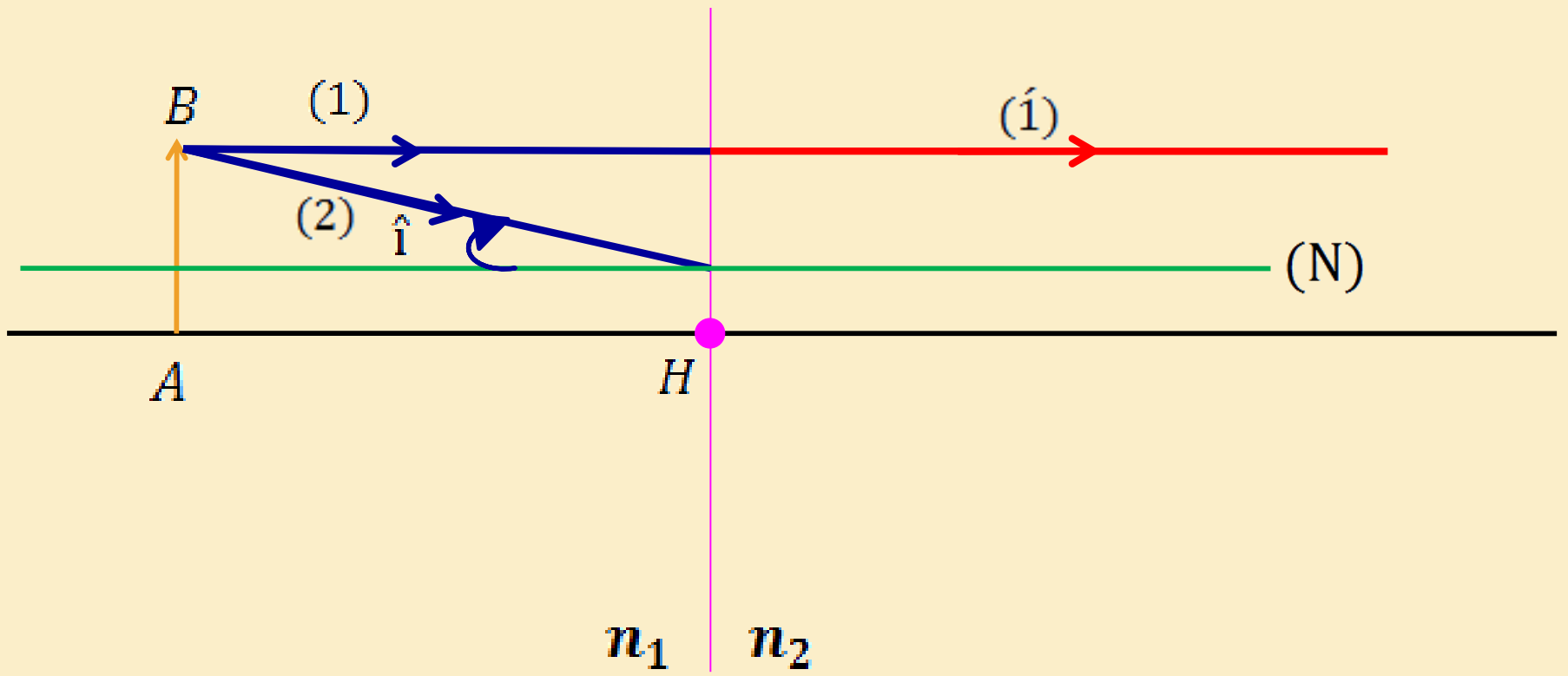
Phénomène de réfraction





# 1. Dioptre Plan

$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$

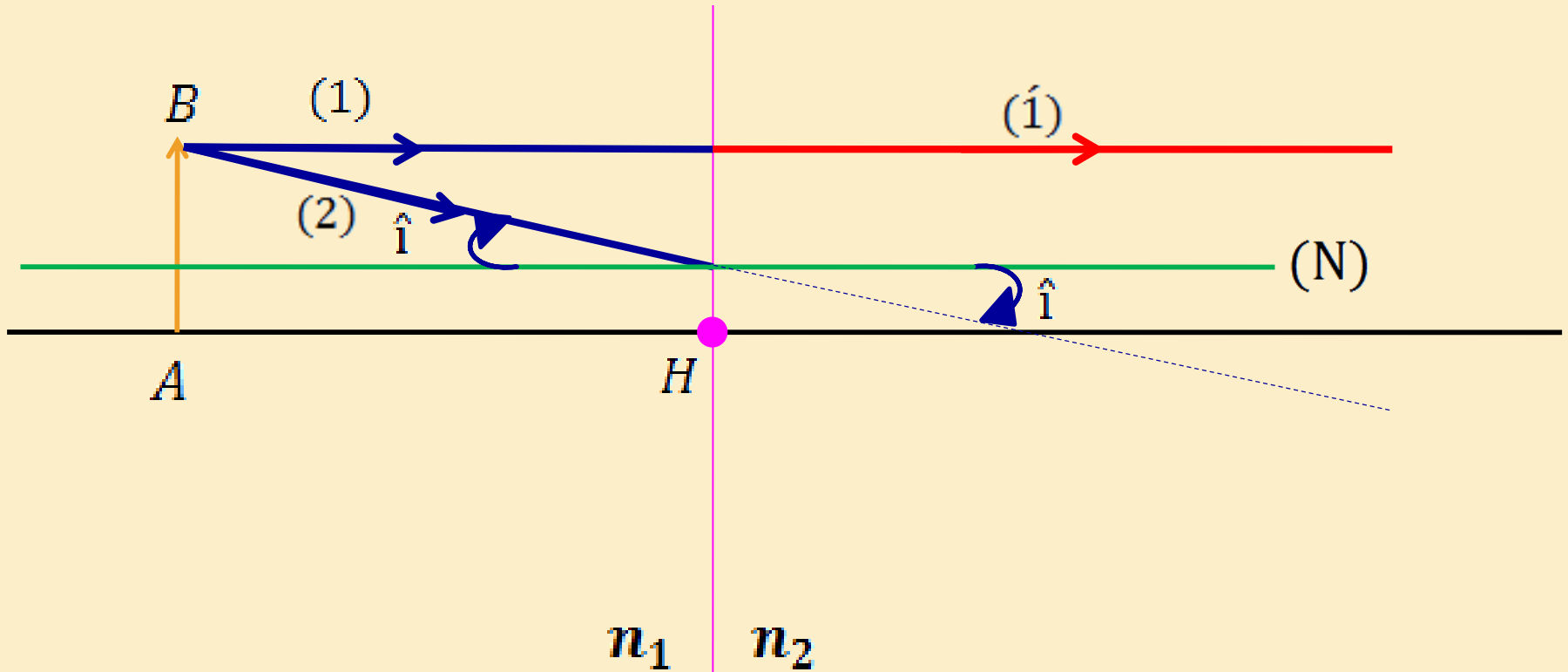


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$

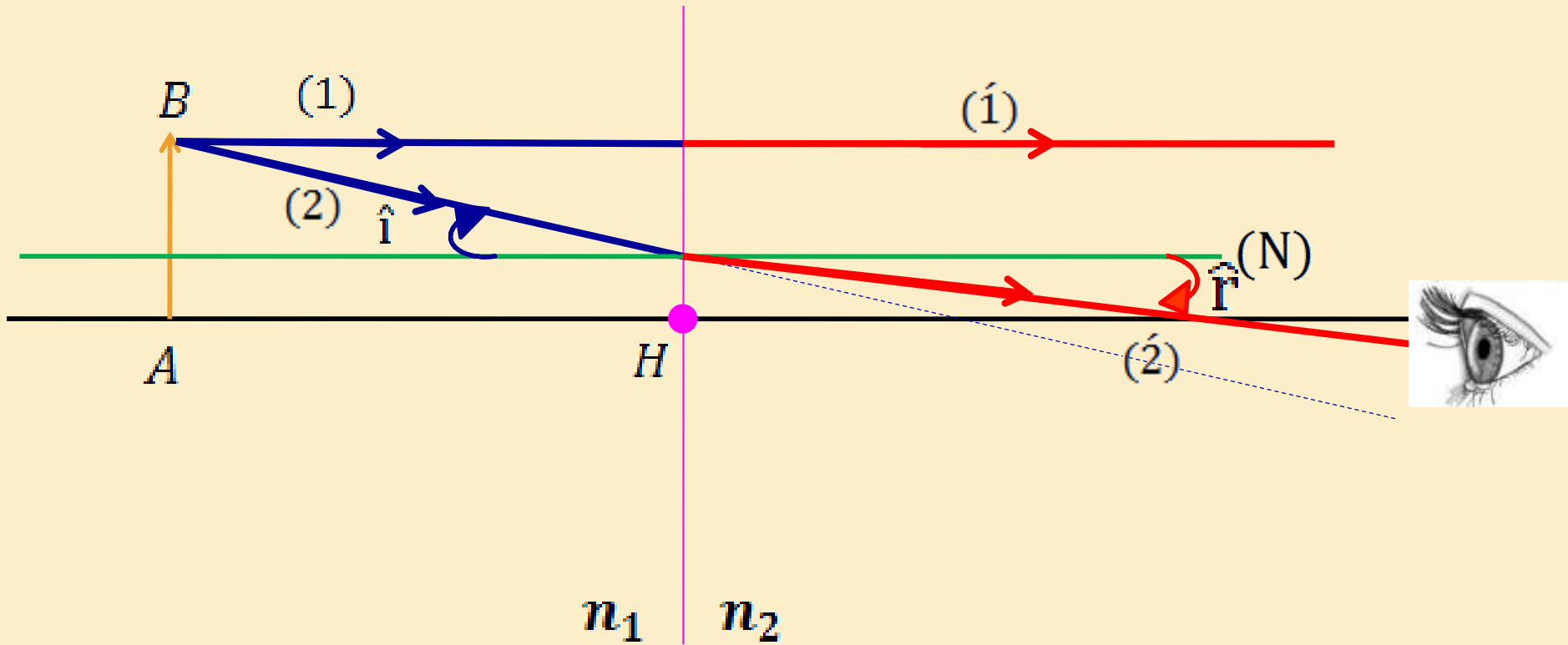


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

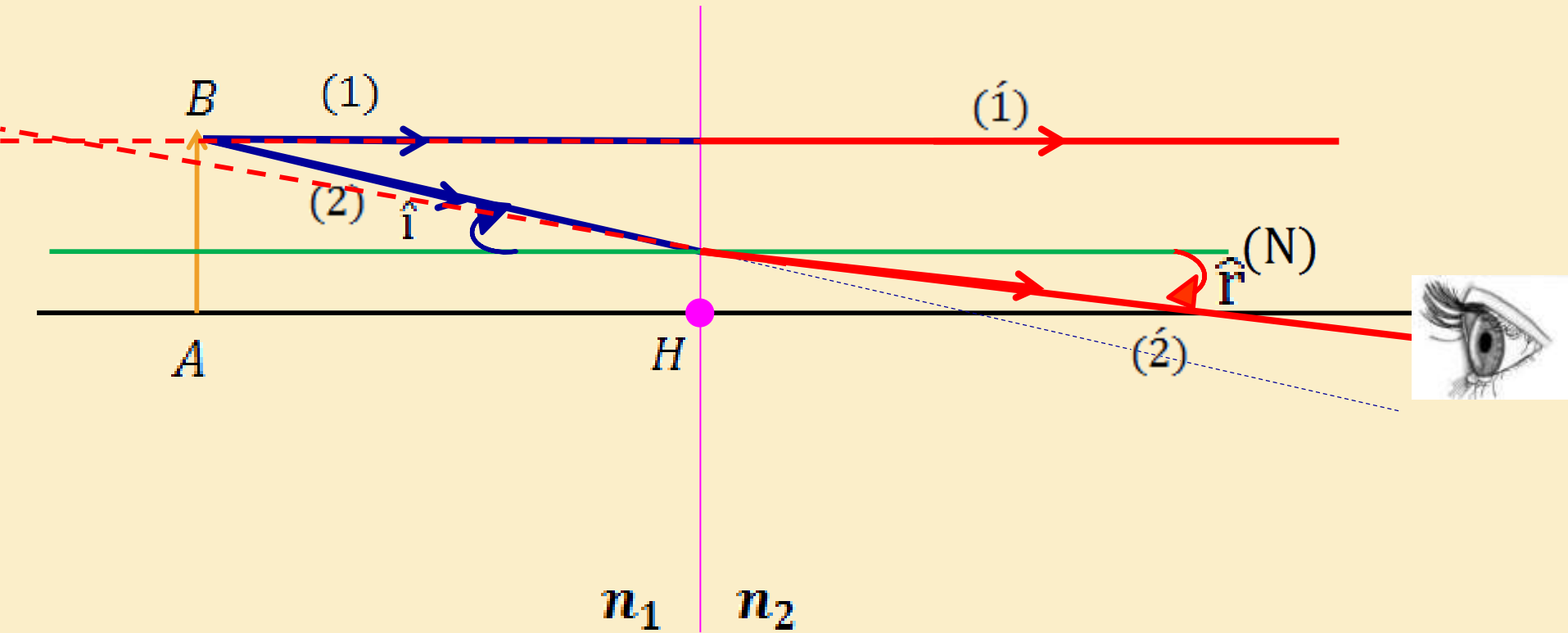
$$n_1 < n_2 \longrightarrow \hat{i} > \hat{r}$$



Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

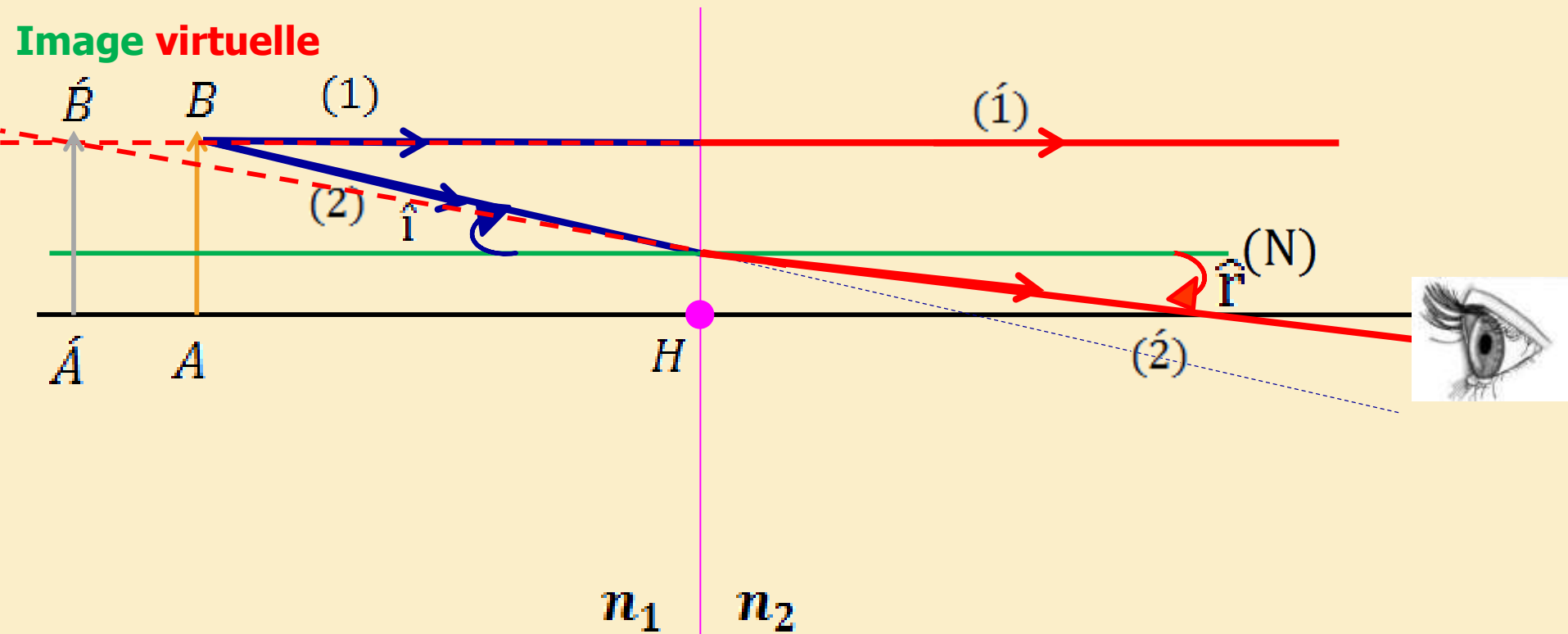


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptré Plan

➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  est le produit de l'intersection des **prolongements** des **rayons réfractés**.

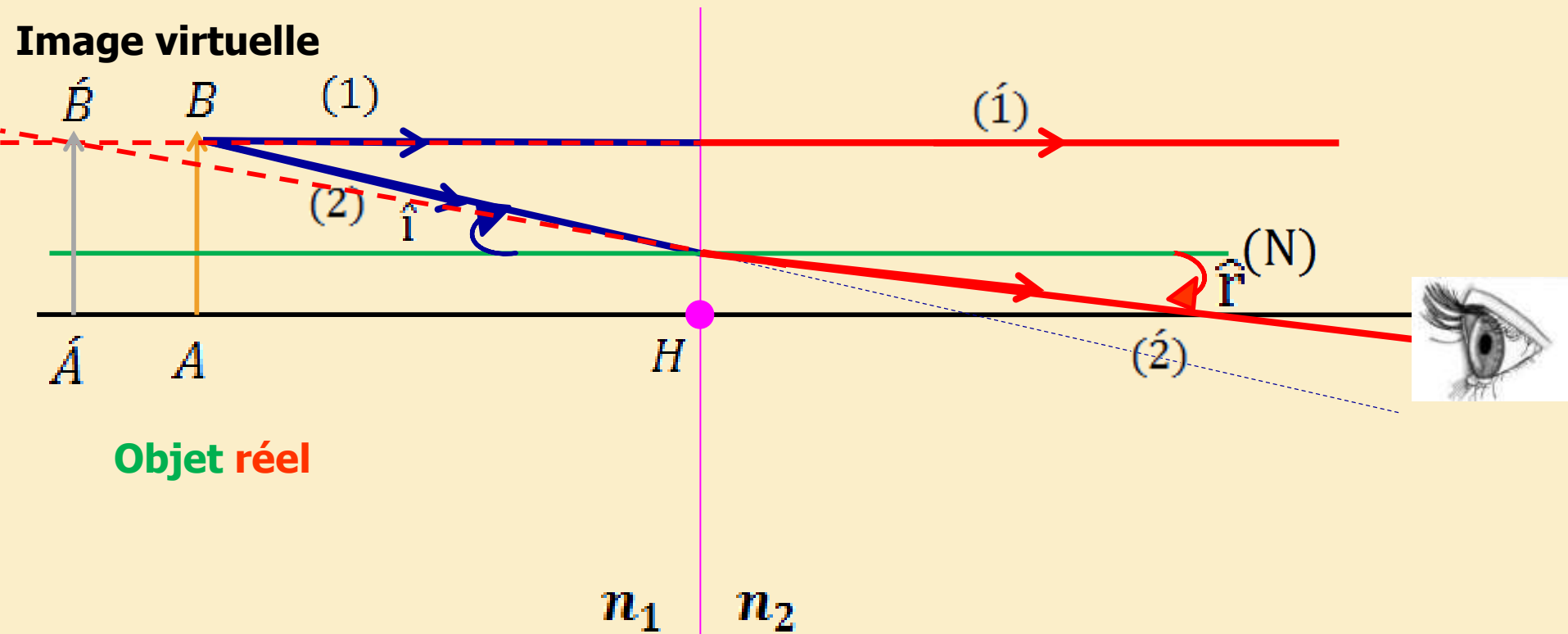


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

➤ L'objet  $AB$  est le produit de l'intersection des rayons incidents.



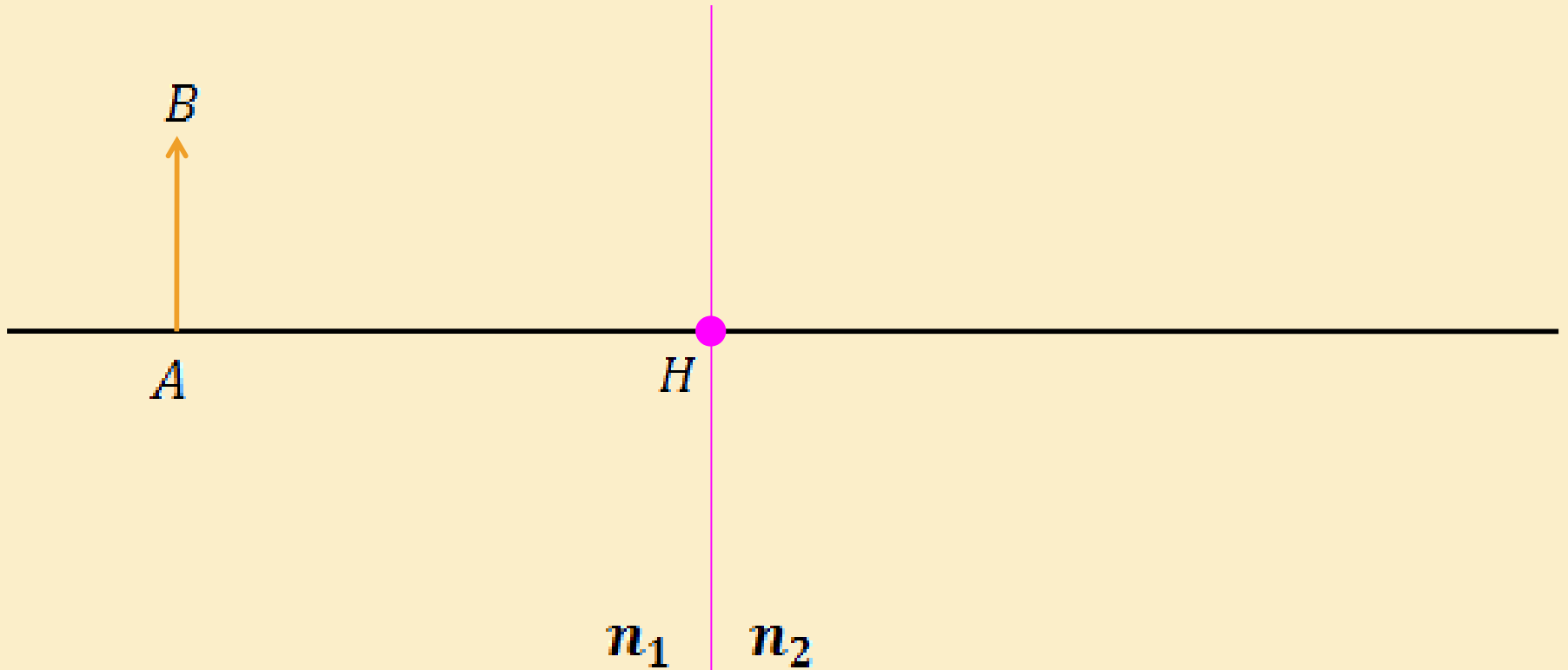
Objet réel

Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 > n_2$$

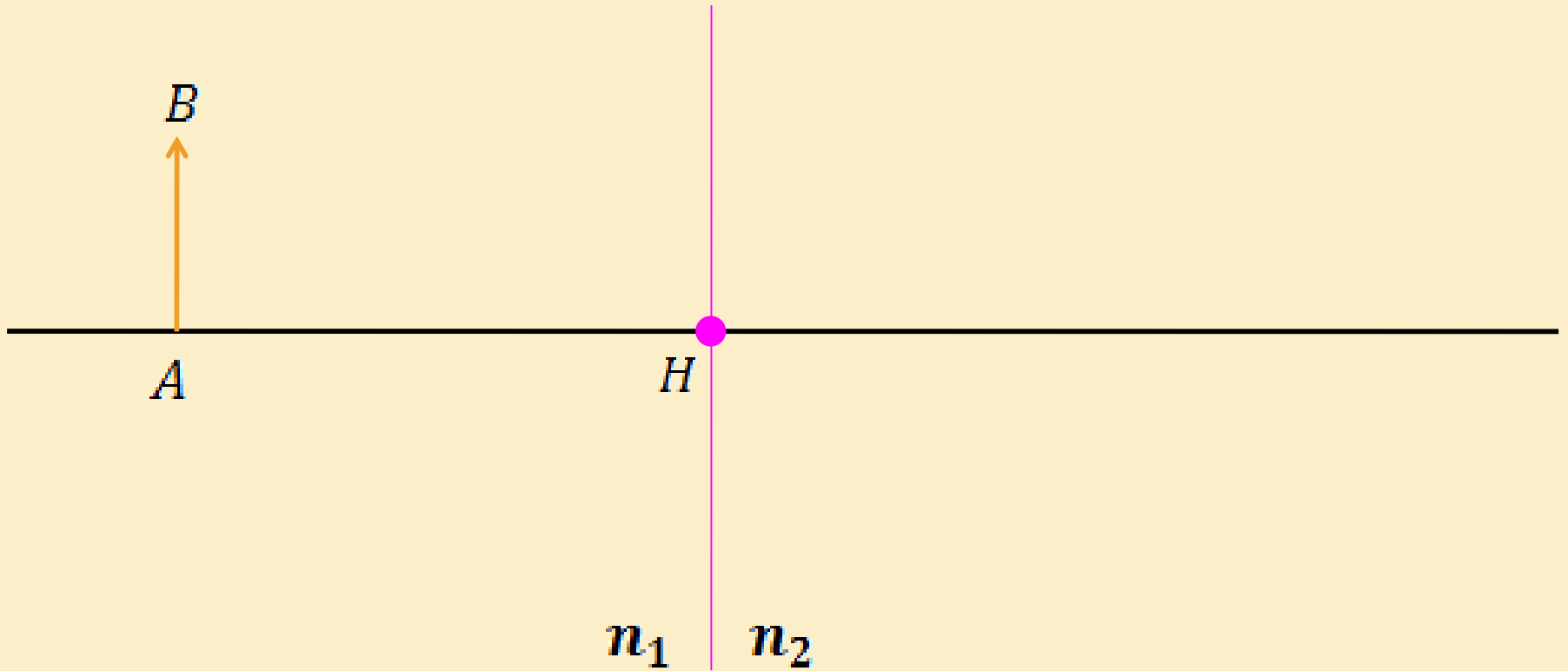


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$$



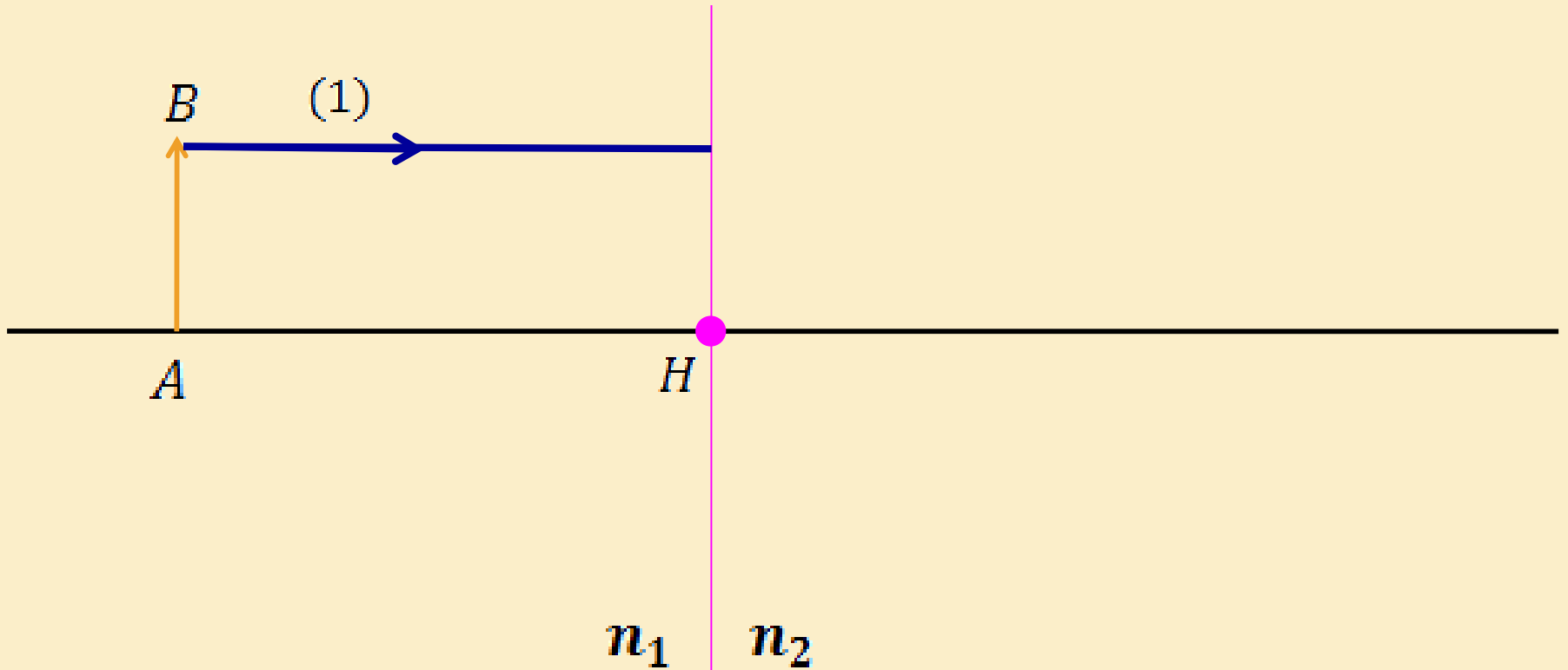
Phénomène de réfraction





# 1. Dioptre Plan

$$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$$

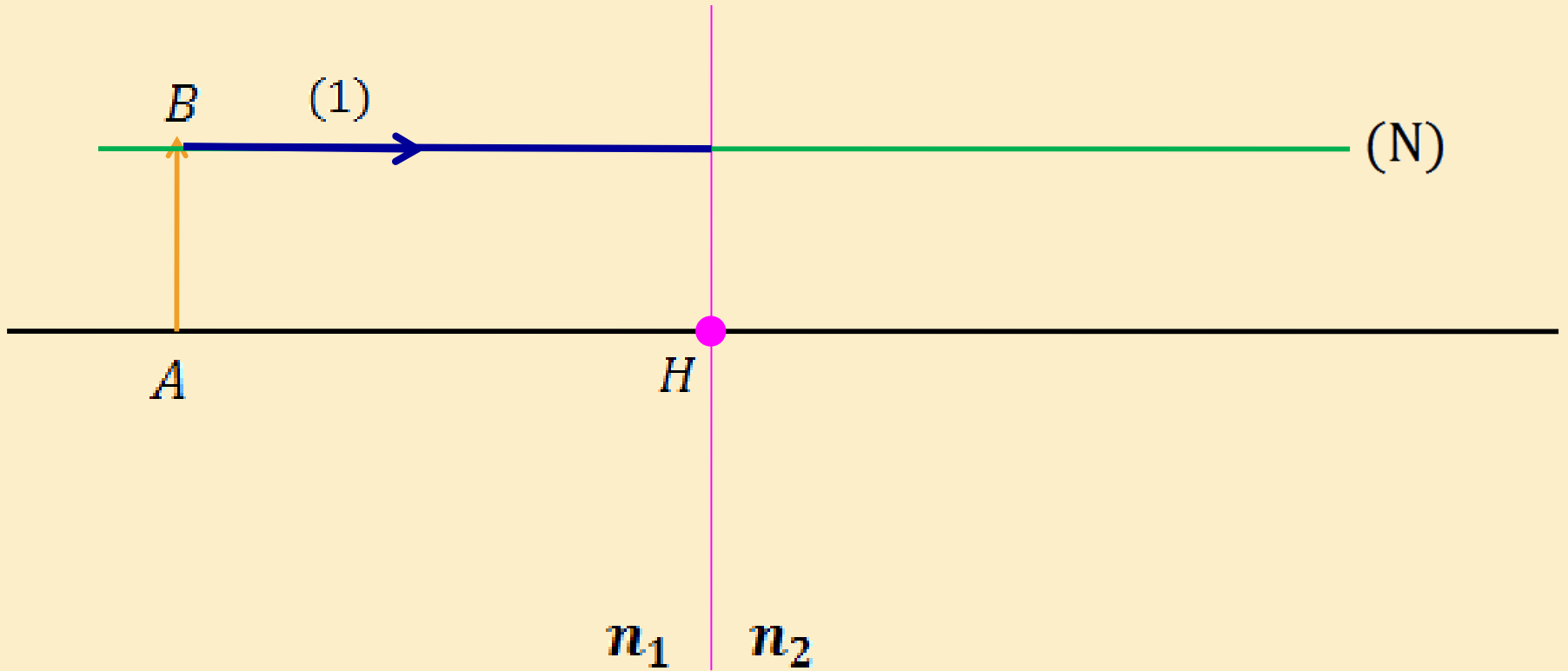


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$$

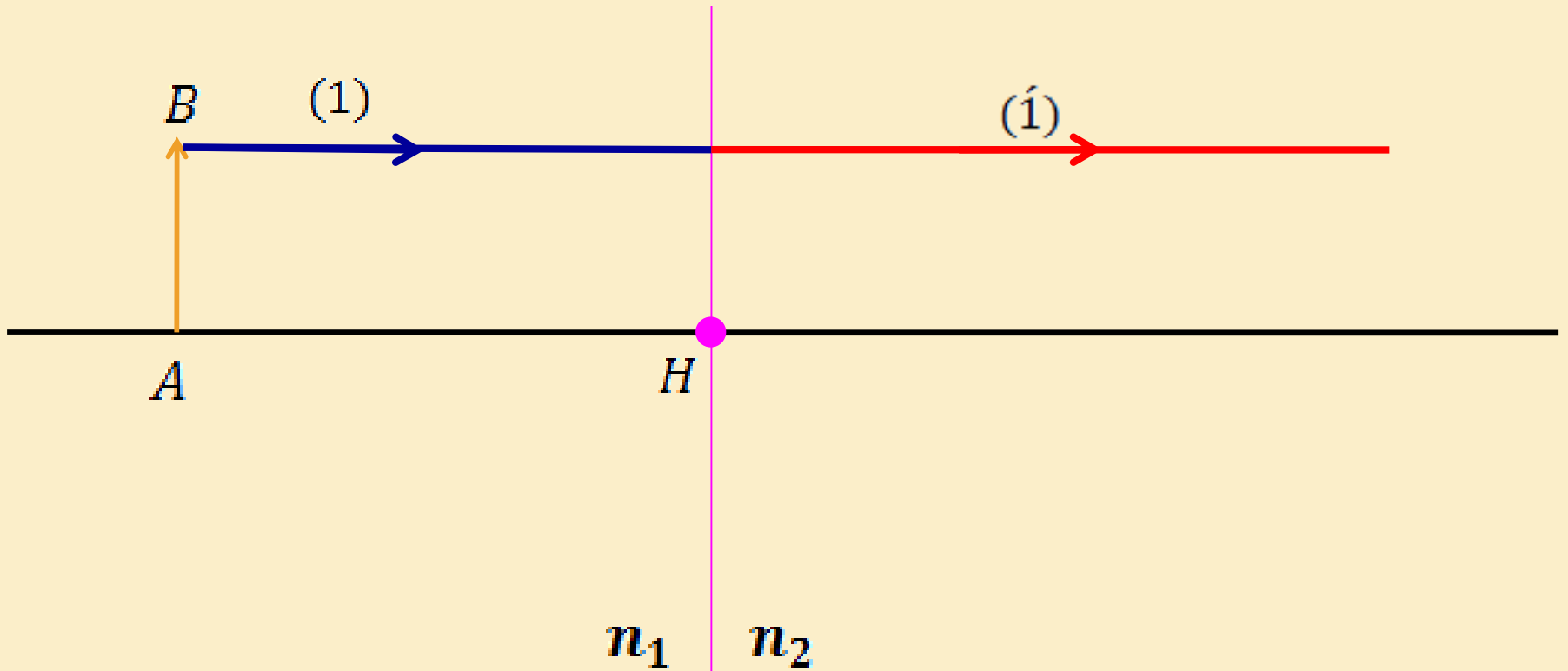


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$$

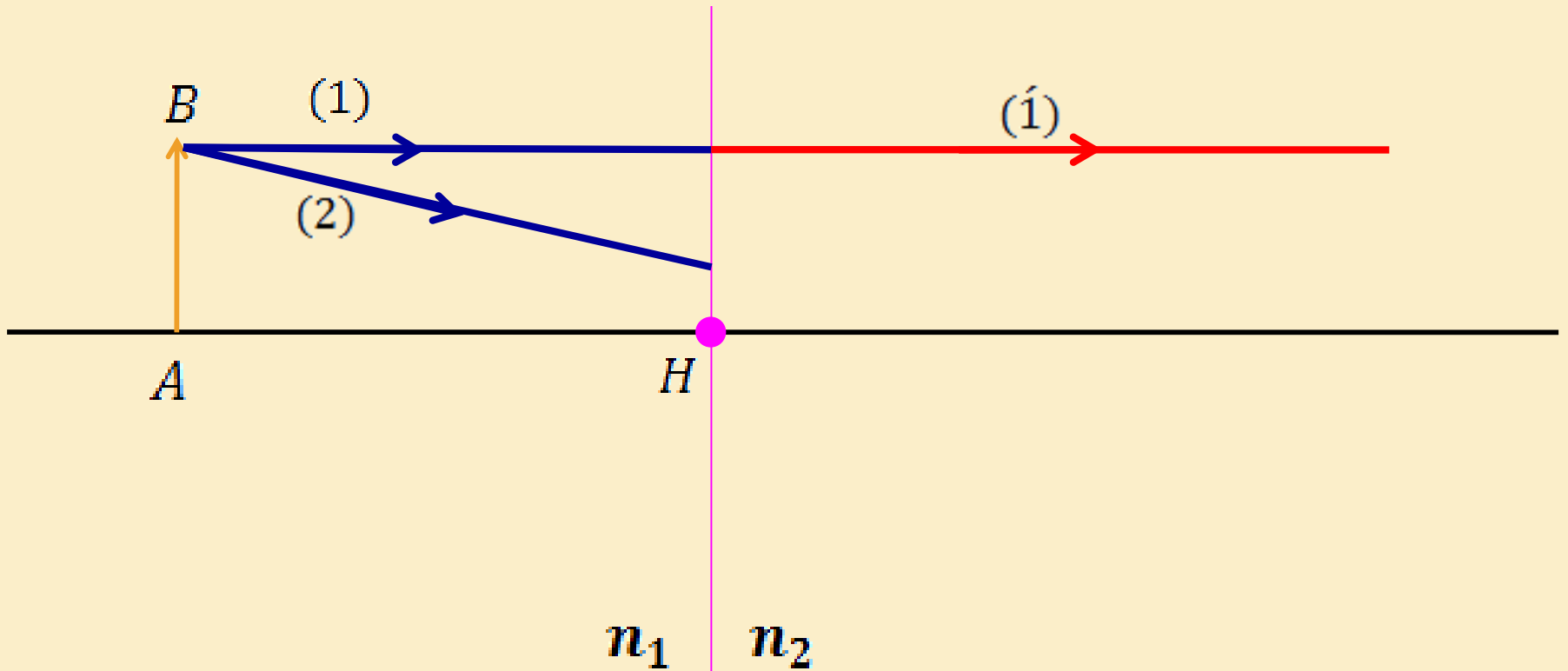


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$$

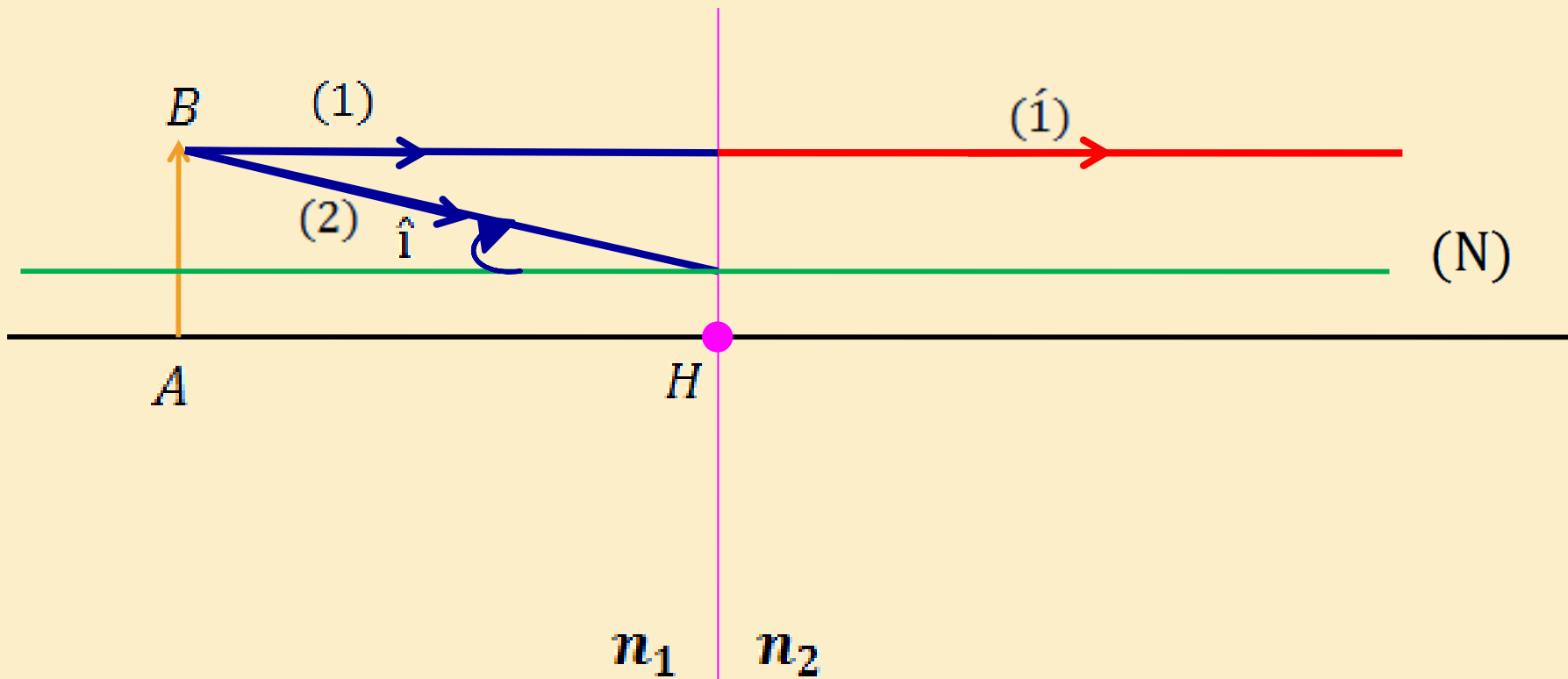


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$$

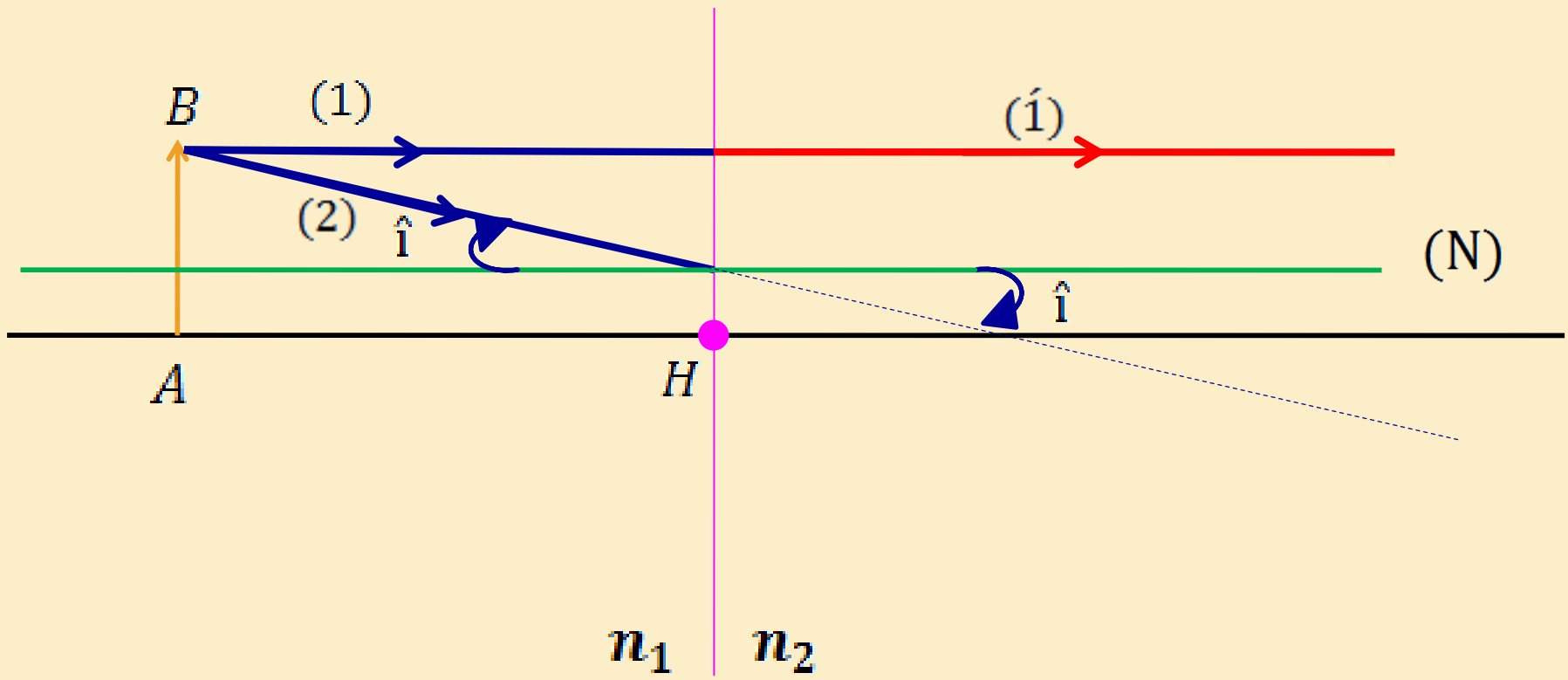


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

$$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$$

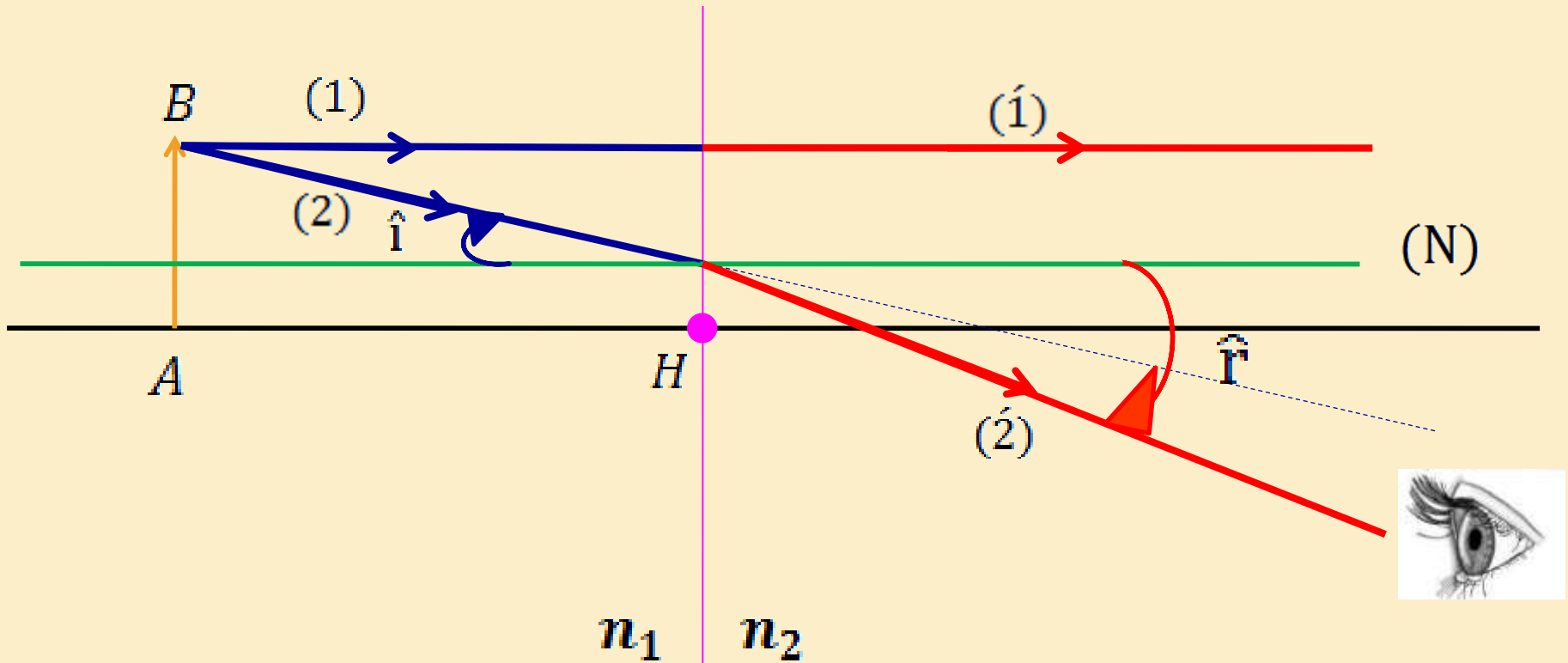


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptré Plan

$$n_1 > n_2 \longrightarrow \hat{i} < \hat{r}$$

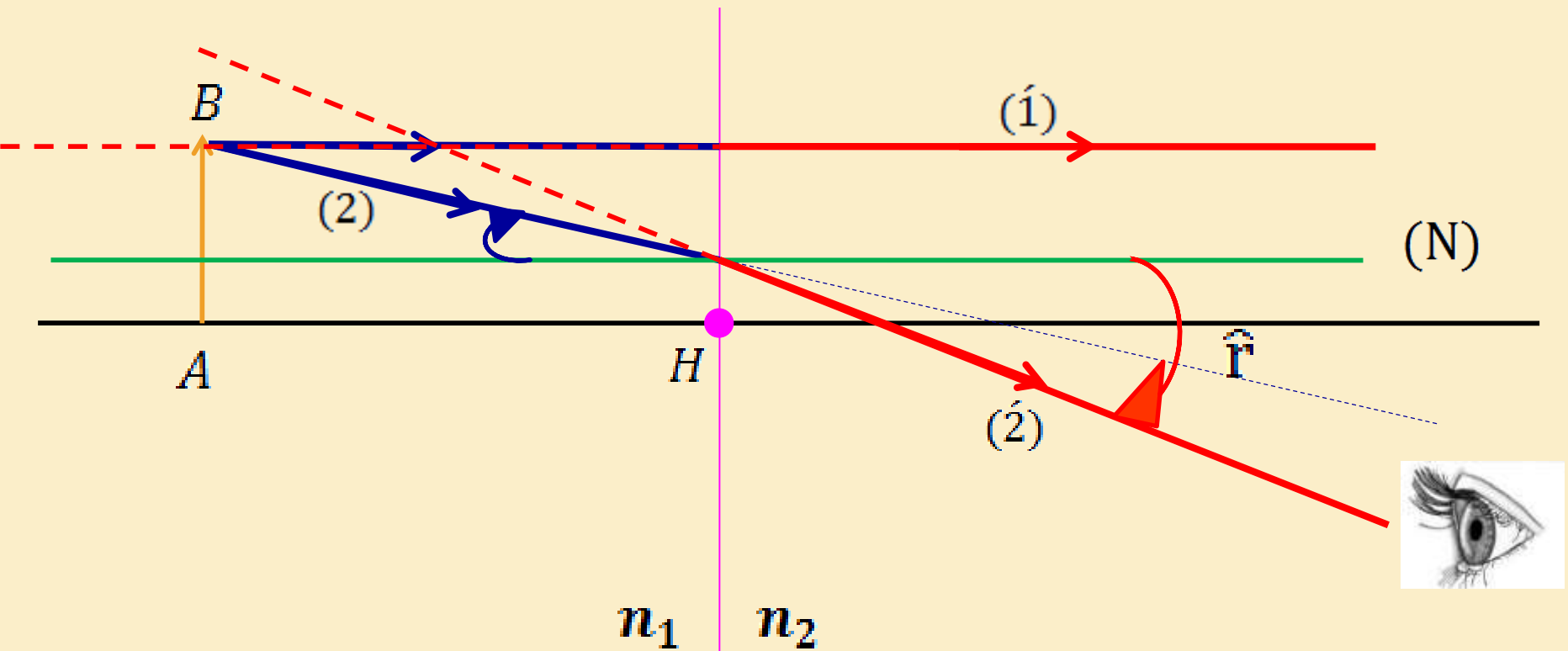


Phénomène de réfraction



# 1. Dioptré Plan

➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  est le produit de l'intersection des **prolongements** des **rayons réfractés**.



Phénomène de réfraction





# 1. Dioptré Plan

- L' image  $\hat{A}\hat{B}$  est le produit de l'intersection des **prolongements** des **rayons réfractés**.

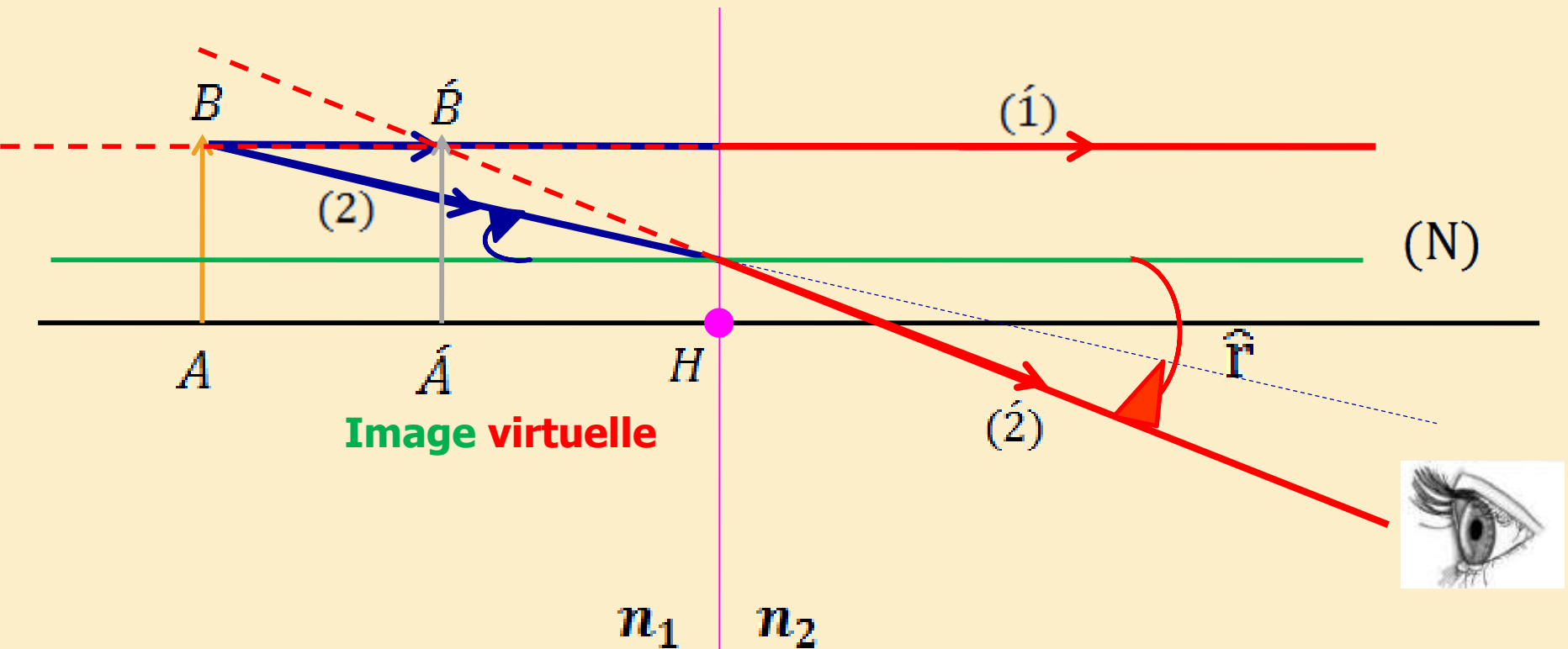


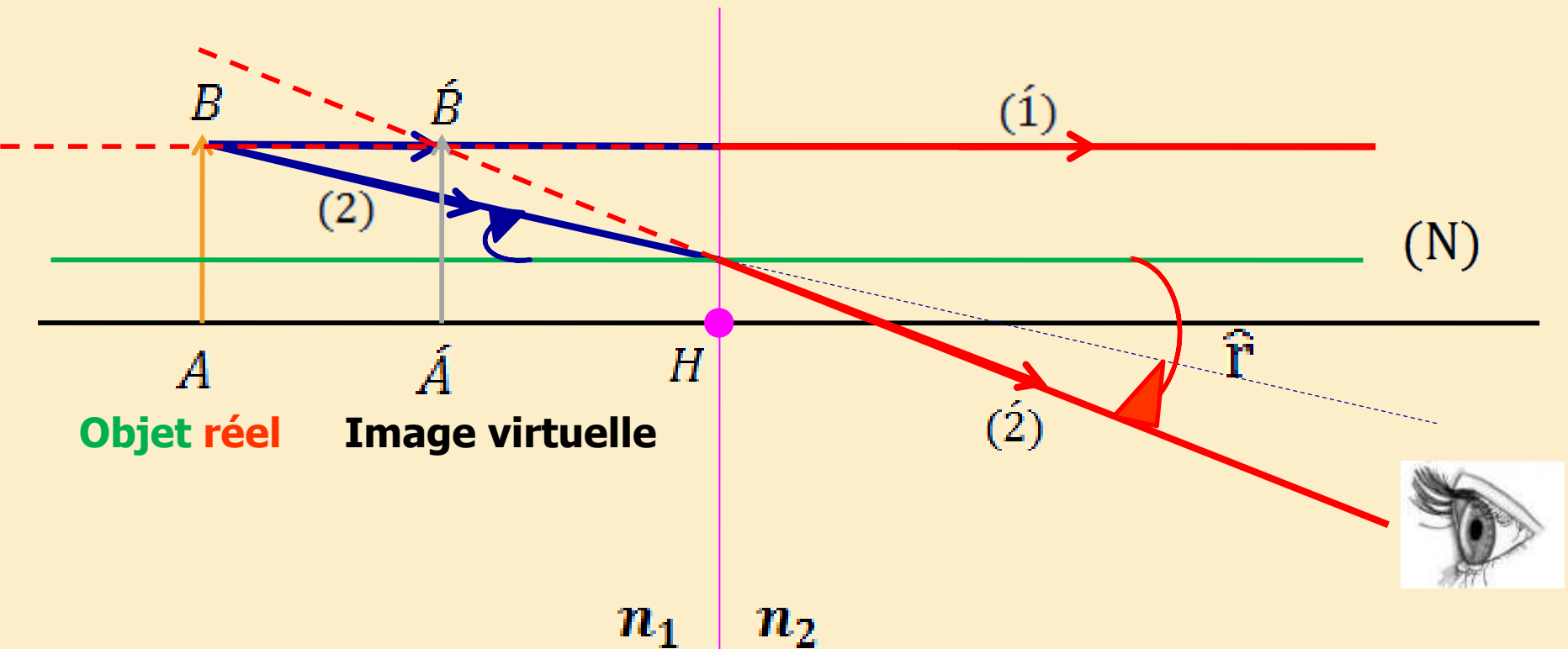
Image virtuelle

Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

➤ L'objet  $AB$  est le produit de l'intersection des rayons incidents.



Phénomène de réfraction



# 1. Dioptre Plan

## ❖ La formule de conjugaison

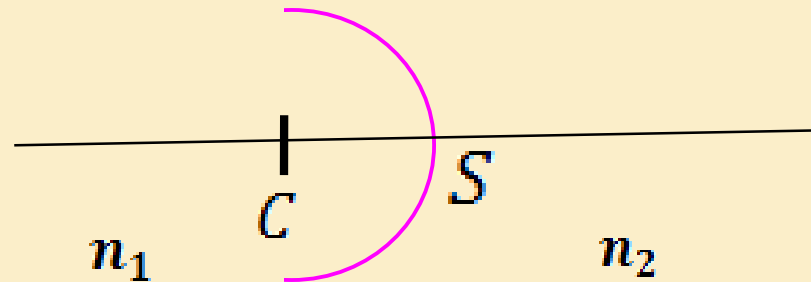
C'est la relation entre la **position de l'objet**, **position de l'image** et les **caractéristiques de l'instruction optique**.

$$\frac{\overline{HA}}{n_1} = \frac{\overline{H\hat{A}}}{n_2}$$

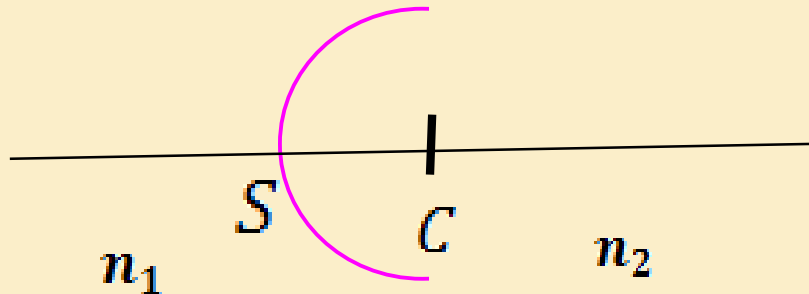
## 2. Dioptré Sphérique

- Un dioptré sphérique est caractérisé par son centre  $C$  et le sommet  $S$ . Le rayon de courbure est  $R = \overline{SC}$

- **Dioptré concave** :  $\overline{SC} < 0$



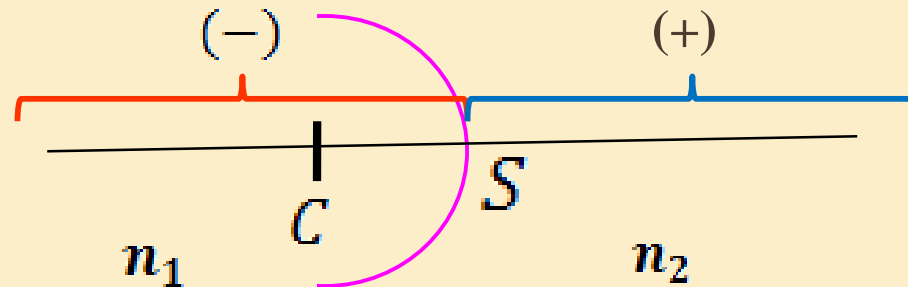
- **Dioptré convexe** :  $\overline{SC} > 0$



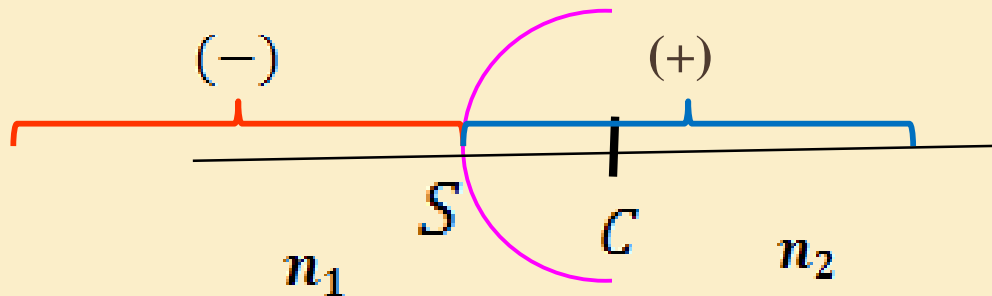
## 2. Dioptre Sphérique

➤ On considère  $S \equiv 0$

▪ Dioptre concave :  $\overline{SC} < 0$



▪ Dioptre convexe :  $\overline{SC} > 0$



## 2. Dioptre Sphérique

### ❖ La formule de conjugaison

$$\frac{n_1}{\overline{SA}} - \frac{n_2}{\overline{S'A'}} = \frac{(n_1 - n_2)}{\overline{SC}}$$

(\*)

$\overline{SA}$ : Position de l'objet

$\overline{S'A'}$ : Position de l'image

## 2. Dioptre Sphérique

### ❖ La formule de conjugaison

$$\frac{n_1}{\overline{SA}} - \frac{n_2}{\overline{S'A'}} = \frac{(n_1 - n_2)}{\overline{SC}}$$

(\*)

$\overline{SA}$ : Position de l'objet

$\overline{S'A'}$ : Position de l'image

### ❖ Le grandissement $\gamma$

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{n_1 \cdot \overline{S'A'}}{n_2 \cdot \overline{SA}}$$

$\overline{AB}$ : Taille de l'objet

$\overline{A'B'}$ : Taille de l'image

- $\gamma > 0$ : image droite
- $\gamma < 0$ : image renversée
- $|\gamma| < 1$ : image réduite
- $|\gamma| > 1$ : image agrandie

## 2. Dioptre Sphérique

### ❖ La formule de conjugaison

$$\frac{n_1}{\overline{SA}} - \frac{n_2}{\overline{S'A'}} = \frac{(n_1 - n_2)}{\overline{SC}}$$

(\*)

$\overline{SA}$ : Position de l'objet

$\overline{S'A'}$ : Position de l'image

### ❖ Le grandissement $\gamma$

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{n_1 \cdot \overline{S'A'}}{n_2 \cdot \overline{SA}}$$

$\overline{AB}$ : Taille de l'objet

$\overline{A'B'}$ : Taille de l'image

- $\gamma > 0$ : image droite
- $\gamma < 0$ : image renversée
- $|\gamma| < 1$ : image réduite
- $|\gamma| > 1$ : image agrandie



## 2. Dioptre Sphérique

❖ **Foyer Objet** : c'est la position de l'objet pour que l'image soit à  $\infty$

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{SA} \longrightarrow \overline{SF} \\ \overline{SA'} \longrightarrow \infty \end{array} \right.$$

Remplaçant dans (\*)



$$\overline{SF} = \frac{n_1}{(n_1 - n_2)} \overline{SC}$$

## 2. Dioptre Sphérique

❖ **Foyer Objet** : c'est la position de l'objet pour que l'image soit à  $\infty$

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{SA} \longrightarrow \overline{SF} \\ \overline{SA'} \longrightarrow \infty \end{array} \right. \xrightarrow{\text{Remplaçant dans (*)}} \boxed{\overline{SF} = \frac{n_1}{(n_1 - n_2)} \overline{SC}}$$

❖ **Foyer image** : c'est la position de l'image lorsque que l'objet est à  $\infty$

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{SA'} \longrightarrow \overline{SF'} \\ \overline{SA} \longrightarrow \infty \end{array} \right. \xrightarrow{\text{Remplaçant dans (*)}} \boxed{\overline{SF'} = -\frac{n_2}{(n_1 - n_2)} \overline{SC}}$$

## 2. Dioptre Sphérique

❖ **Foyer Objet** : c'est la position de l'objet pour que l'image soit à  $\infty$

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{SA} \longrightarrow \overline{SF} \\ \overline{SA'} \longrightarrow \infty \end{array} \right. \xrightarrow{\text{Remplaçant dans (*)}} \boxed{\overline{SF} = \frac{n_1}{(n_1 - n_2)} \overline{SC}}$$

❖ **Foyer image** : c'est la position de l'image lorsque que l'objet est à  $\infty$

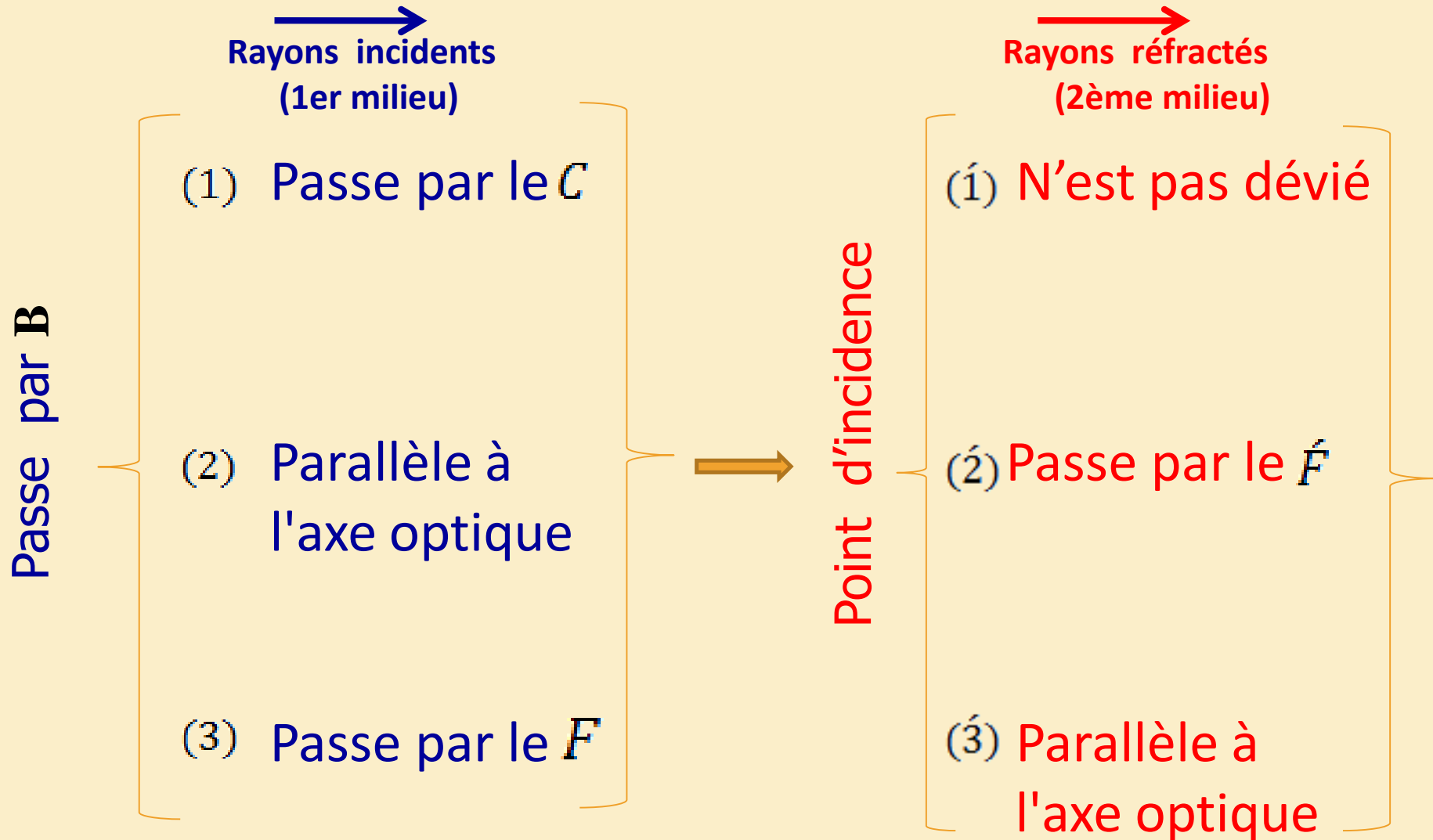
$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{SA} \longrightarrow \overline{S'F'} \\ \overline{SA'} \longrightarrow \infty \end{array} \right. \xrightarrow{\text{Remplaçant dans (*)}} \boxed{\overline{S'F'} = -\frac{n_2}{(n_1 - n_2)} \overline{SC}}$$

On déduit que

$$\boxed{\overline{SF} \neq \overline{S'F'}}$$

## 2. Dioptre Sphérique

❖ Pour construire l'image d'un objet on utilise les trois rayons



## 2. Dioptre Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

Objet linéaire

*B*



*A*

*C*

*S*

$n_1$

$n_2$

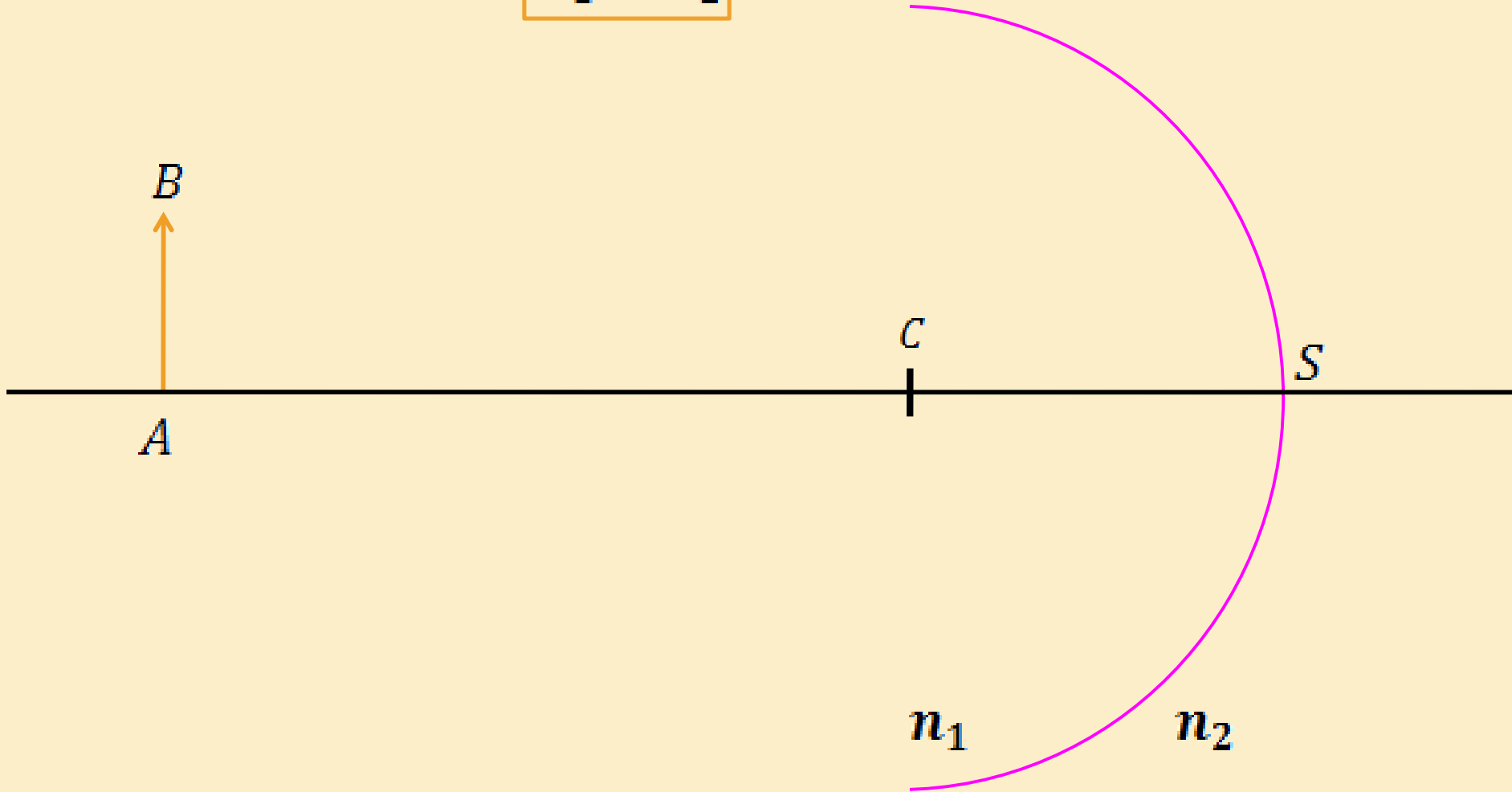


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 < n_2$$

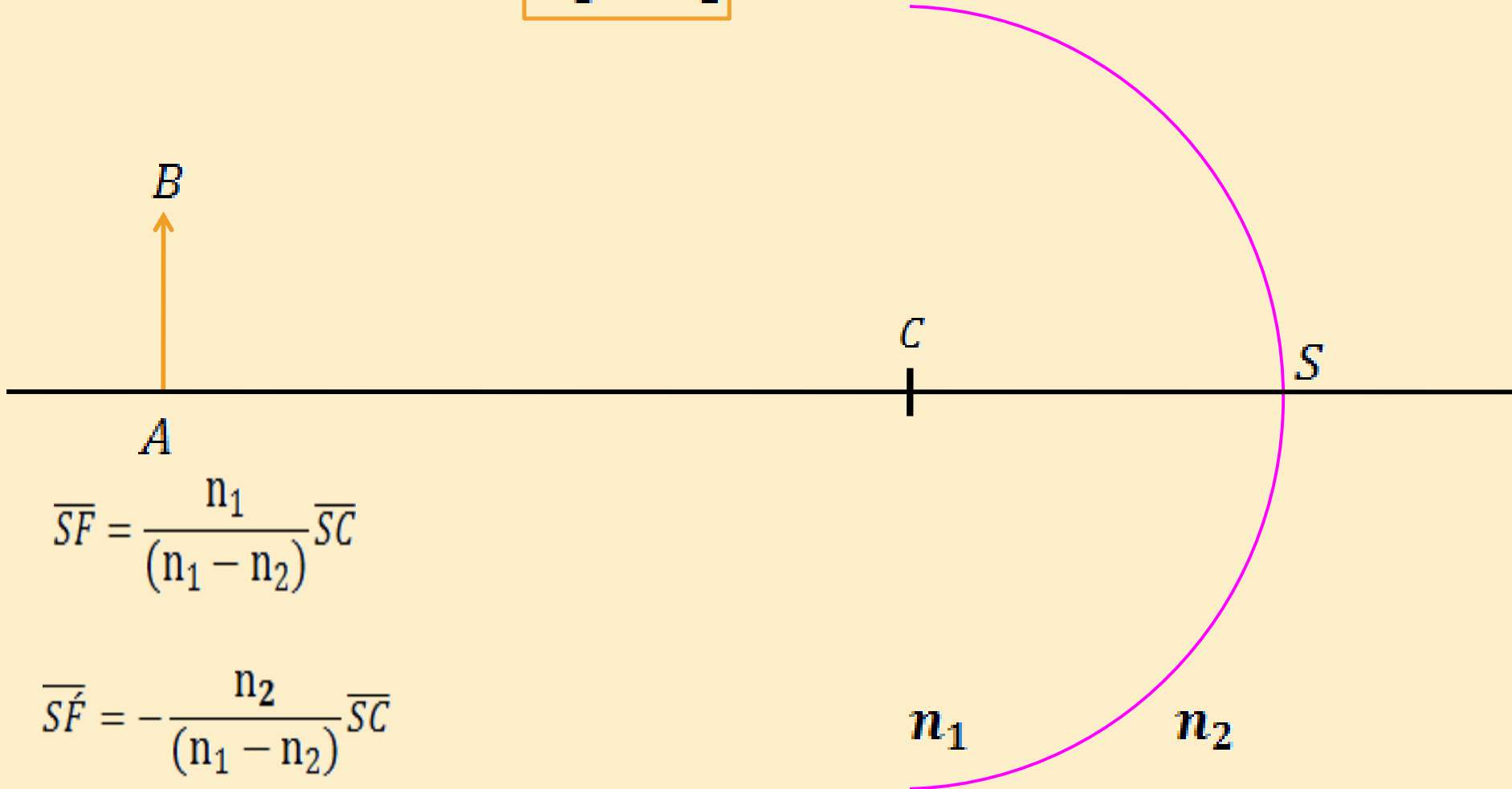


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 < n_2$$



$$\overline{SF} = \frac{n_1}{(n_1 - n_2)} \overline{SC}$$

$$\overline{S\acute{F}} = -\frac{n_2}{(n_1 - n_2)} \overline{SC}$$

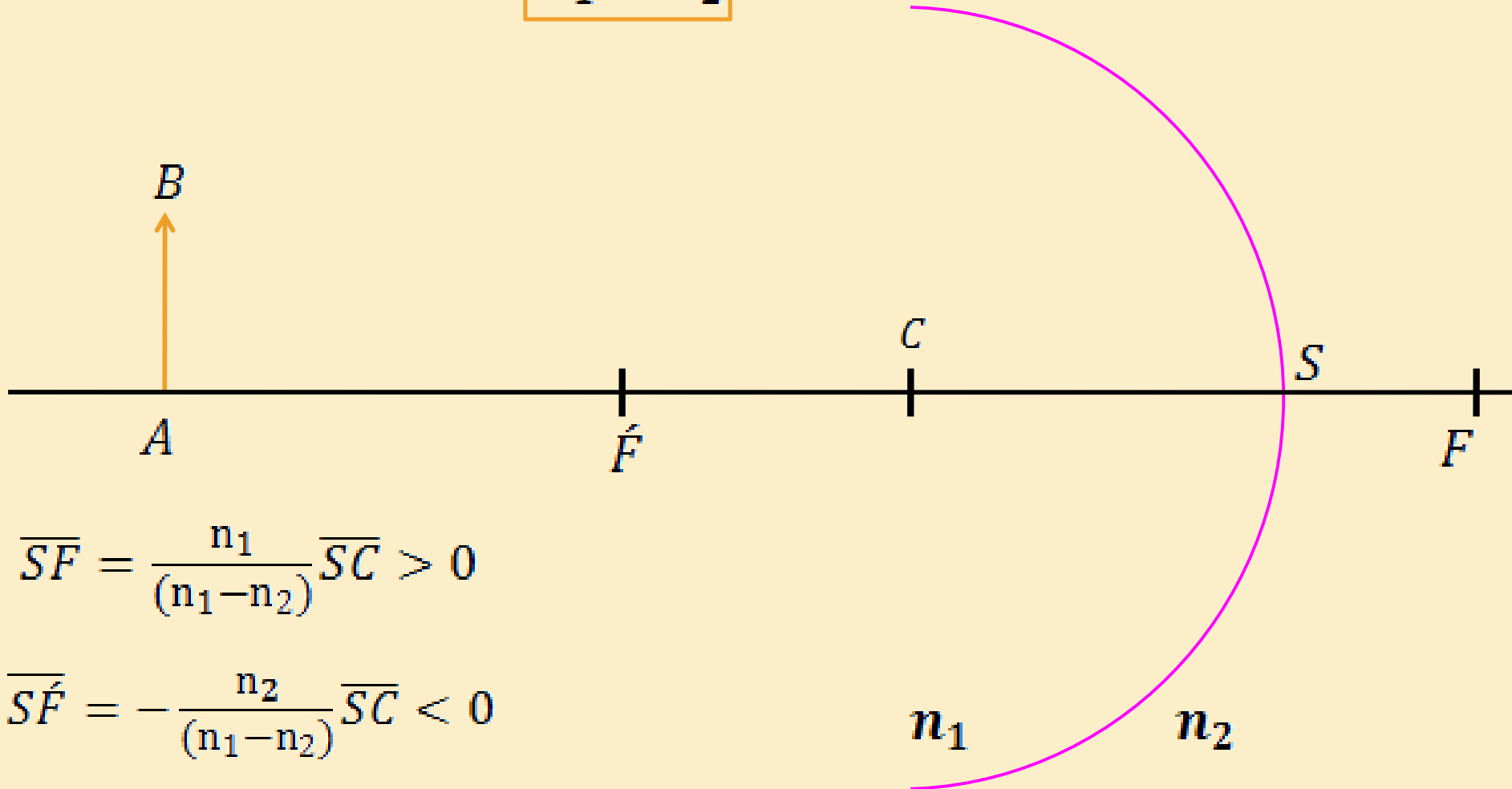


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 < n_2$$



$$\overline{SF} = \frac{n_1}{(n_1 - n_2)} \overline{SC} > 0$$

$$\overline{S\acute{F}} = -\frac{n_2}{(n_1 - n_2)} \overline{SC} < 0$$



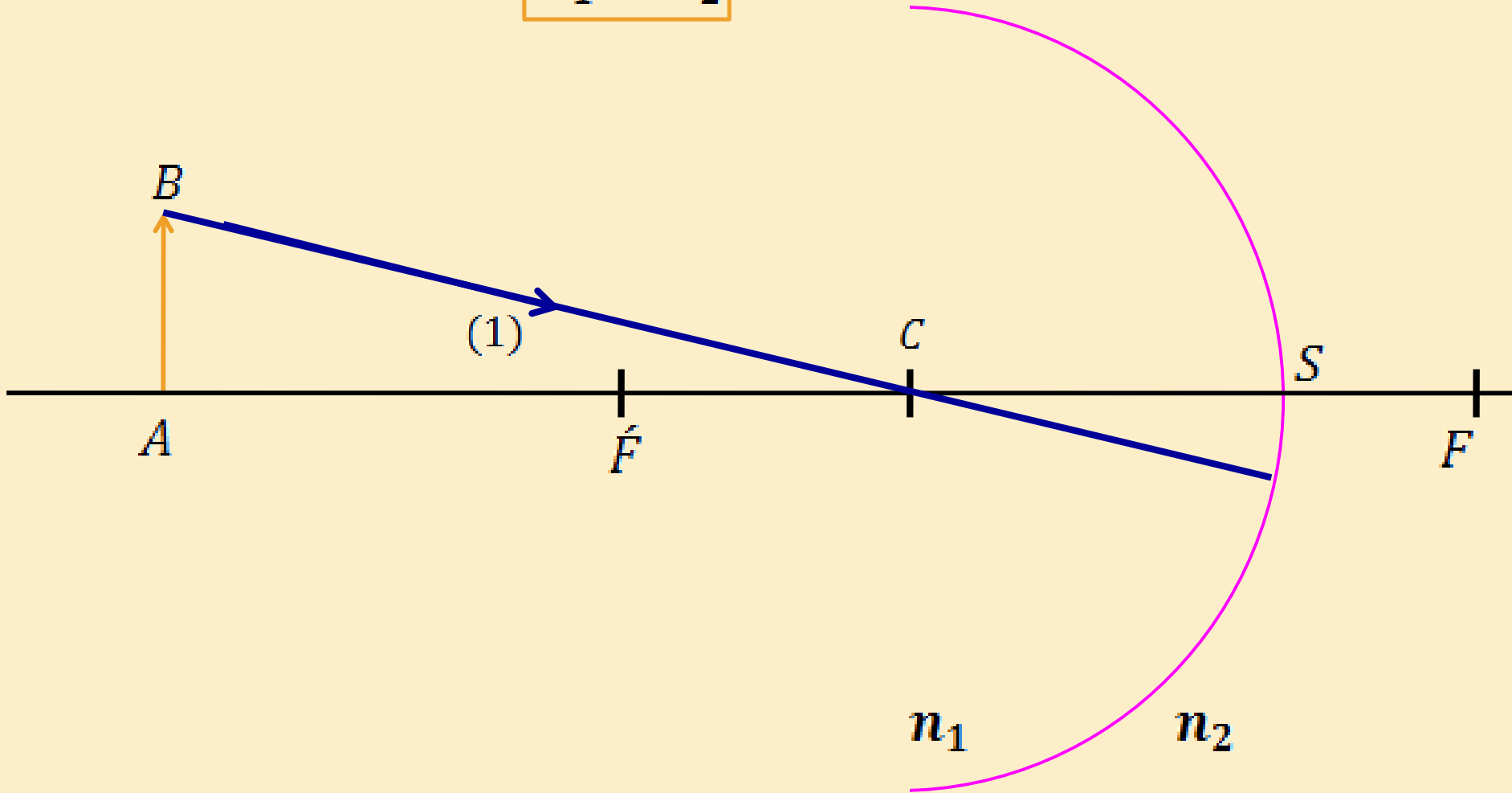
Phénomène de réfraction



## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 < n_2$$

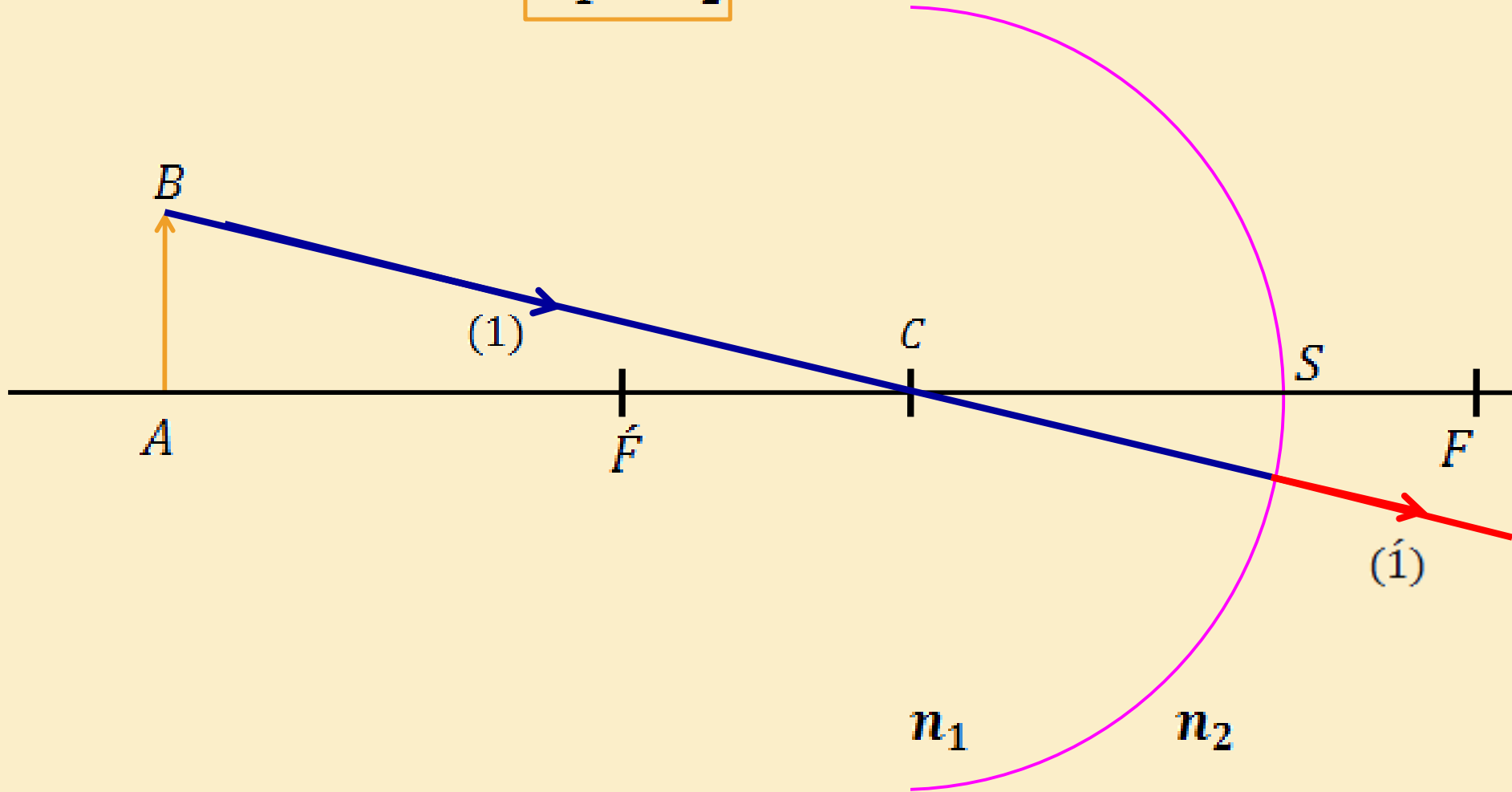


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 < n_2$$

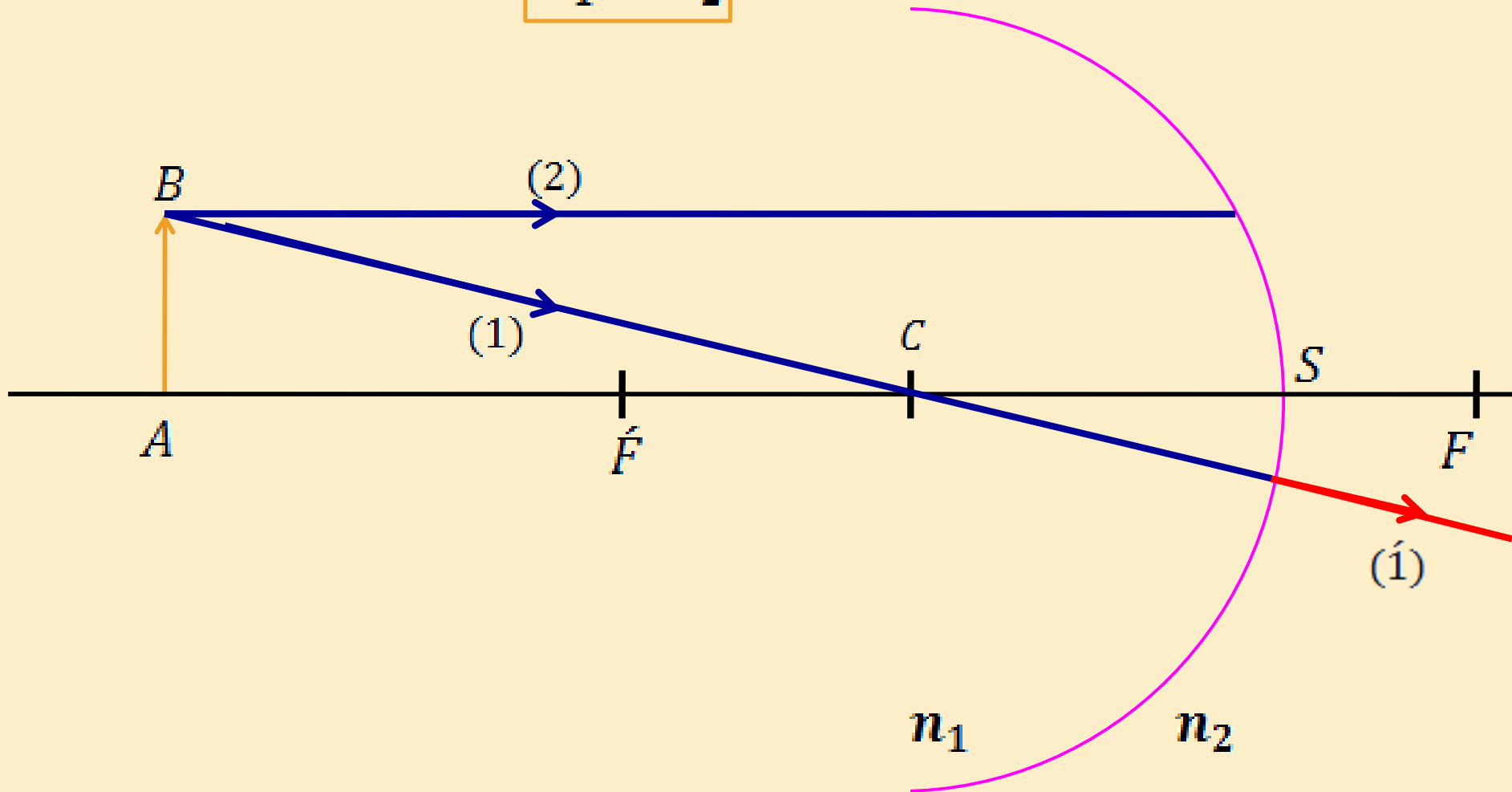


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 < n_2$$

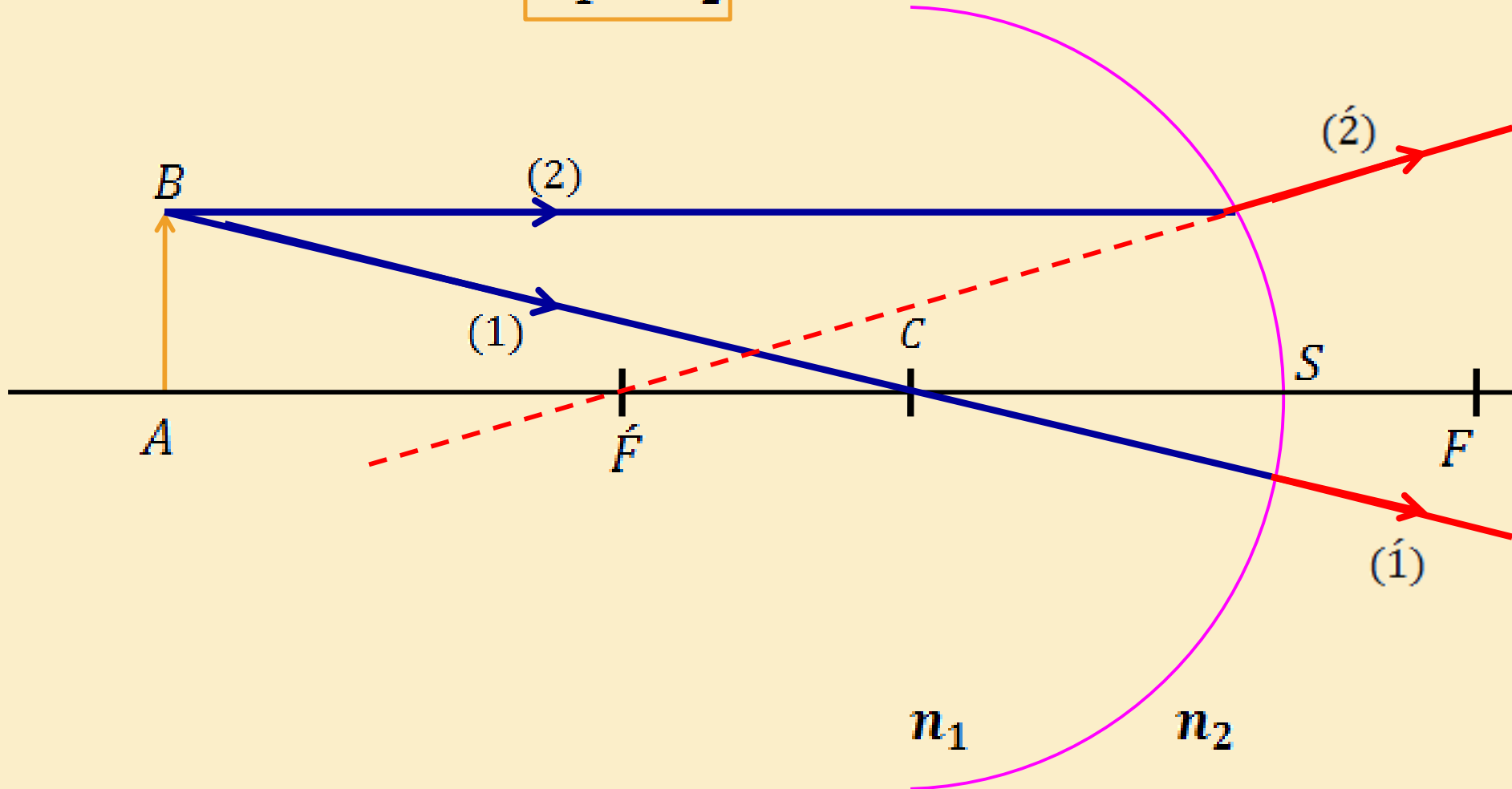


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 < n_2$$

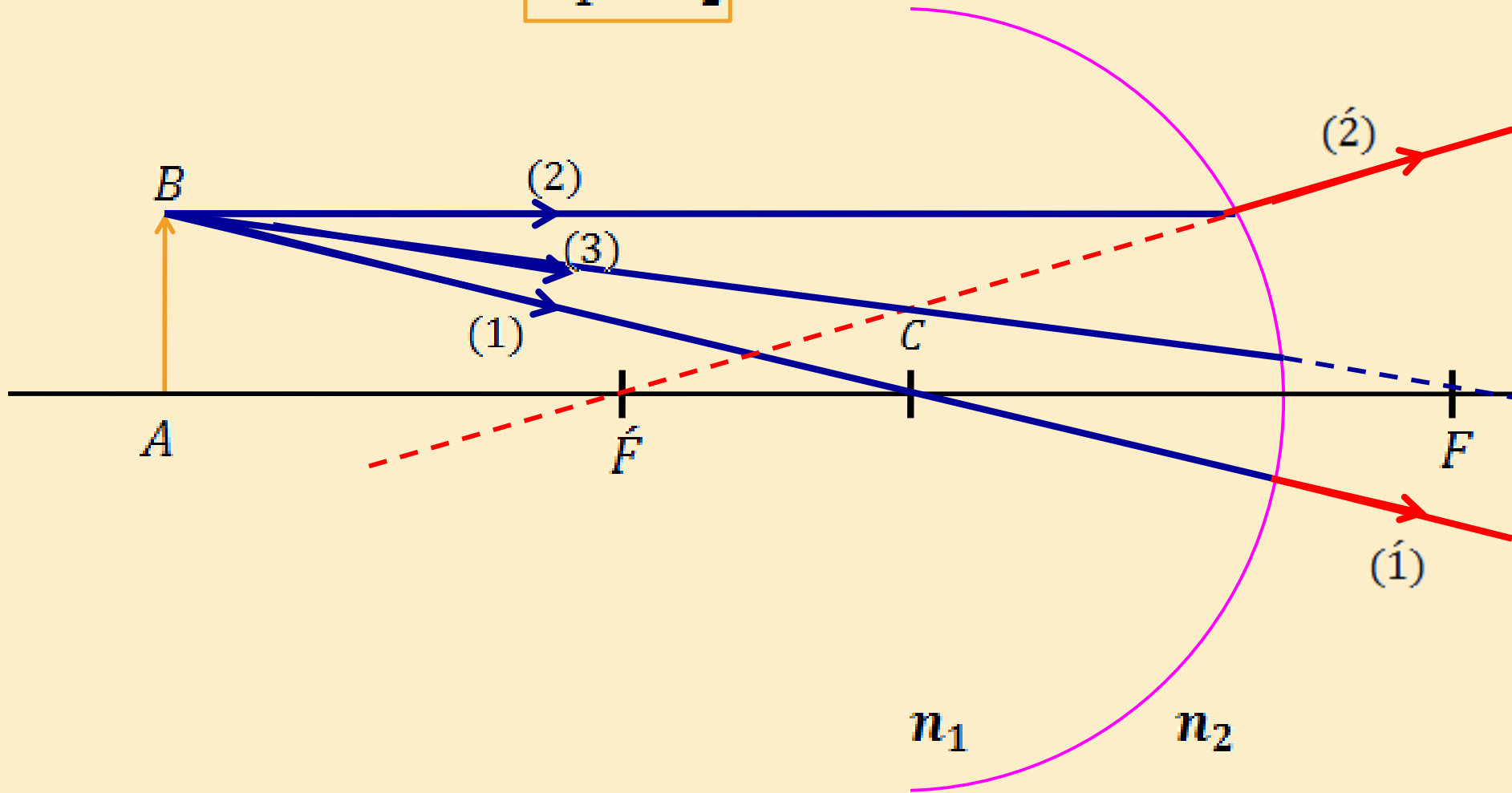


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 < n_2$$

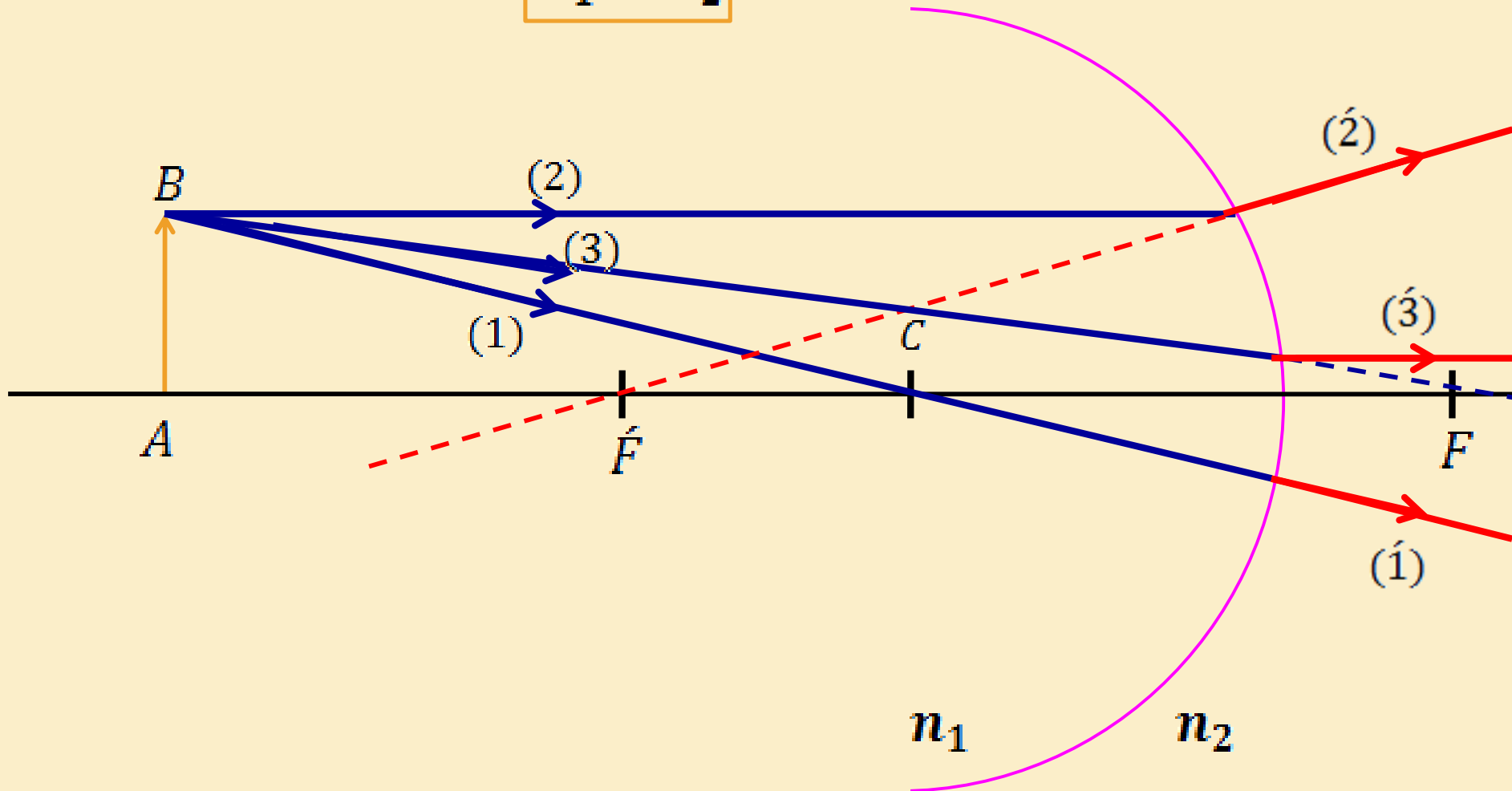


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 < n_2$$

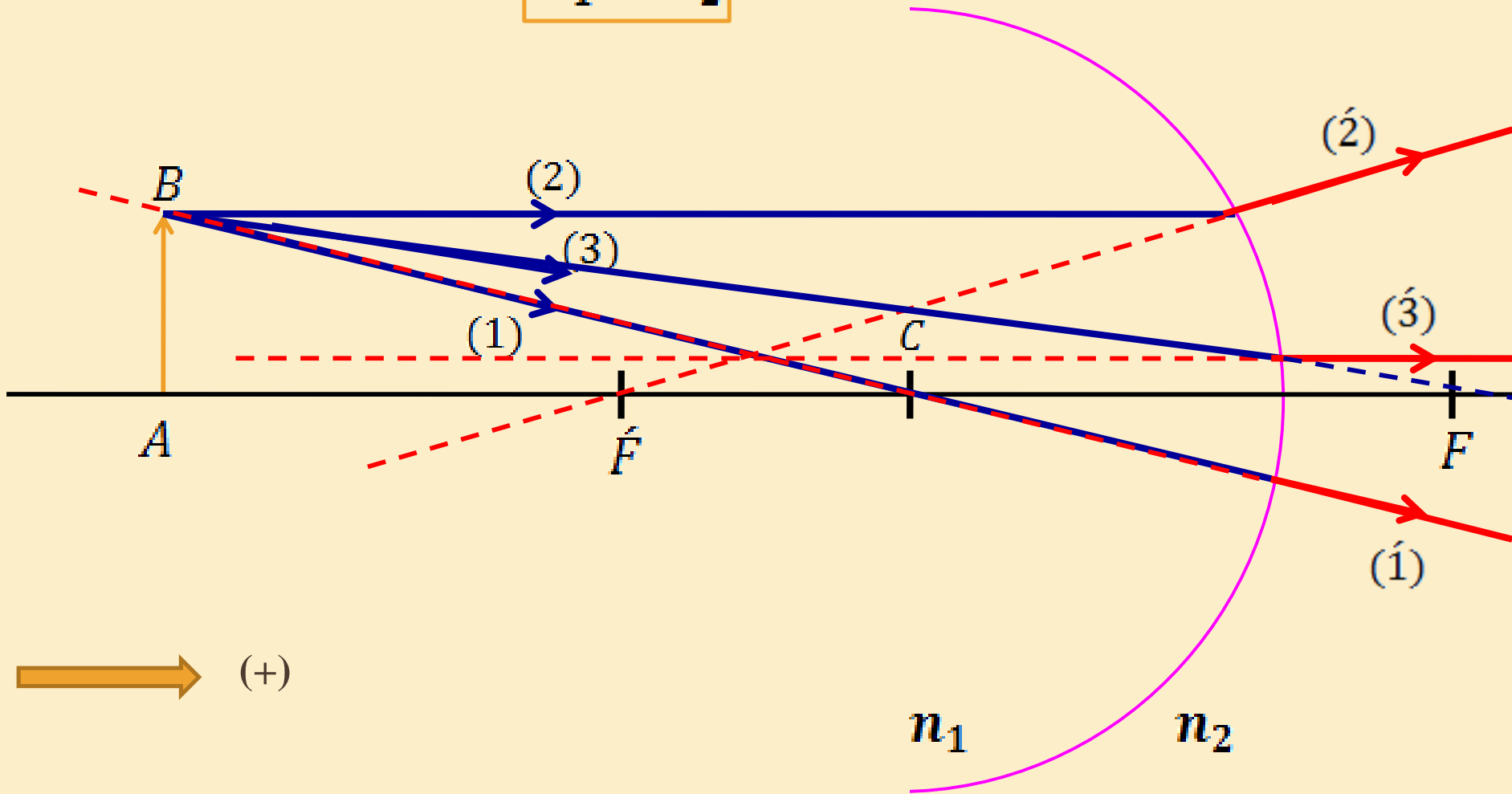


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 < n_2$$

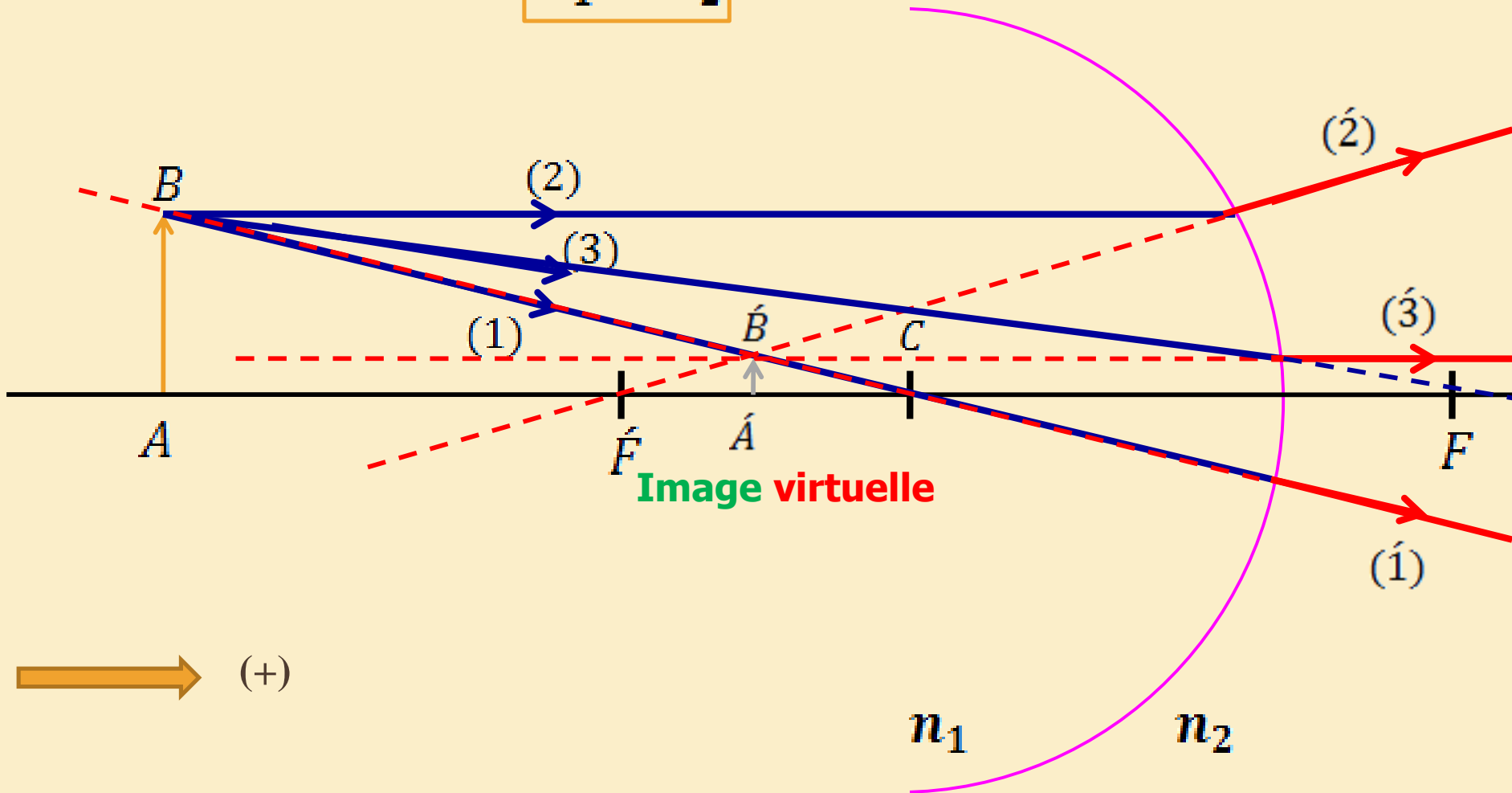


➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  est le produit de l'intersection des **prolongements** des rayons réfractés.

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 < n_2$$



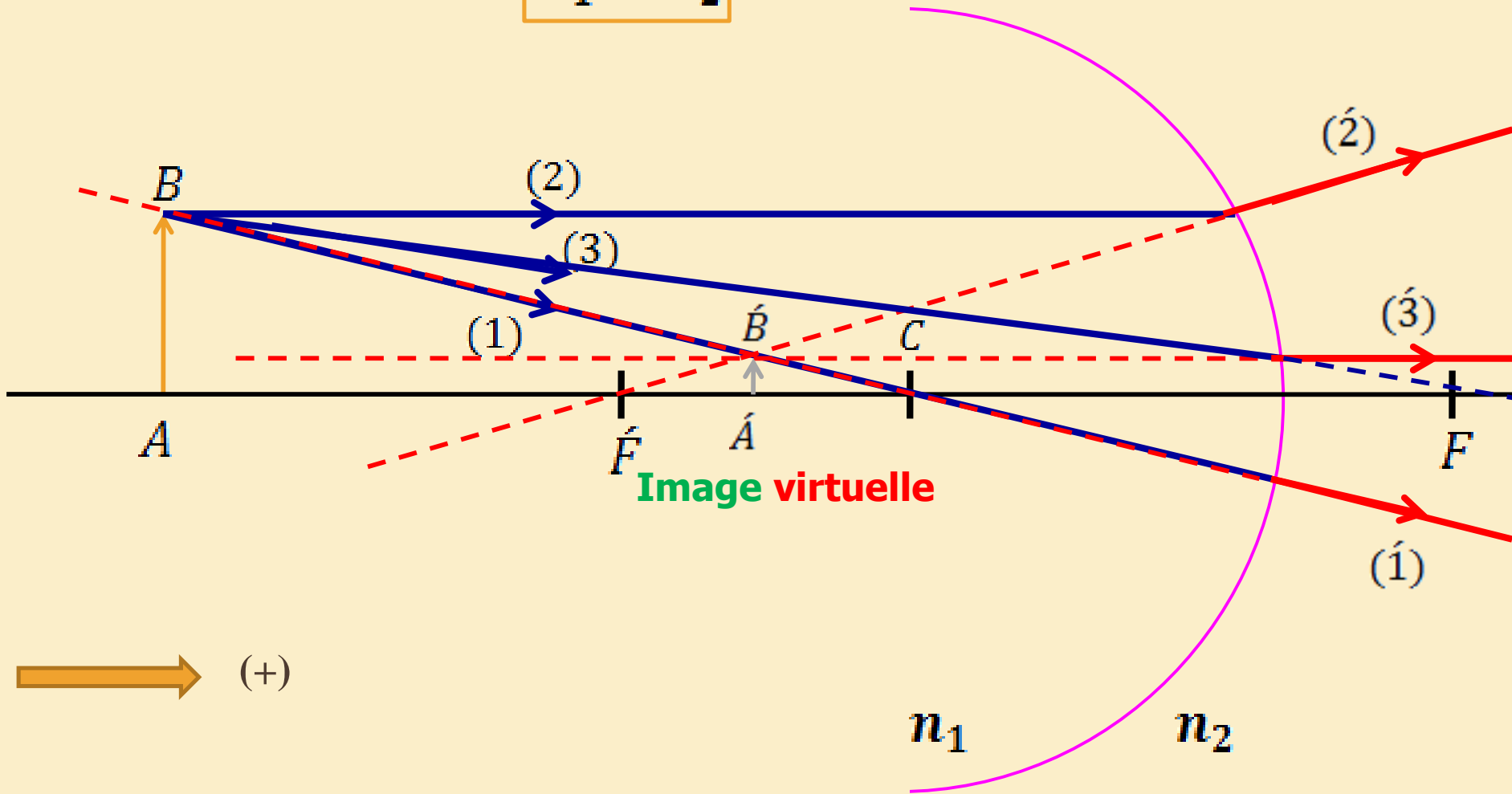
➤ L' image  $A'B'$  est le produit de l'intersection des **prolongements des rayons réfractés**.



## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 < n_2$$

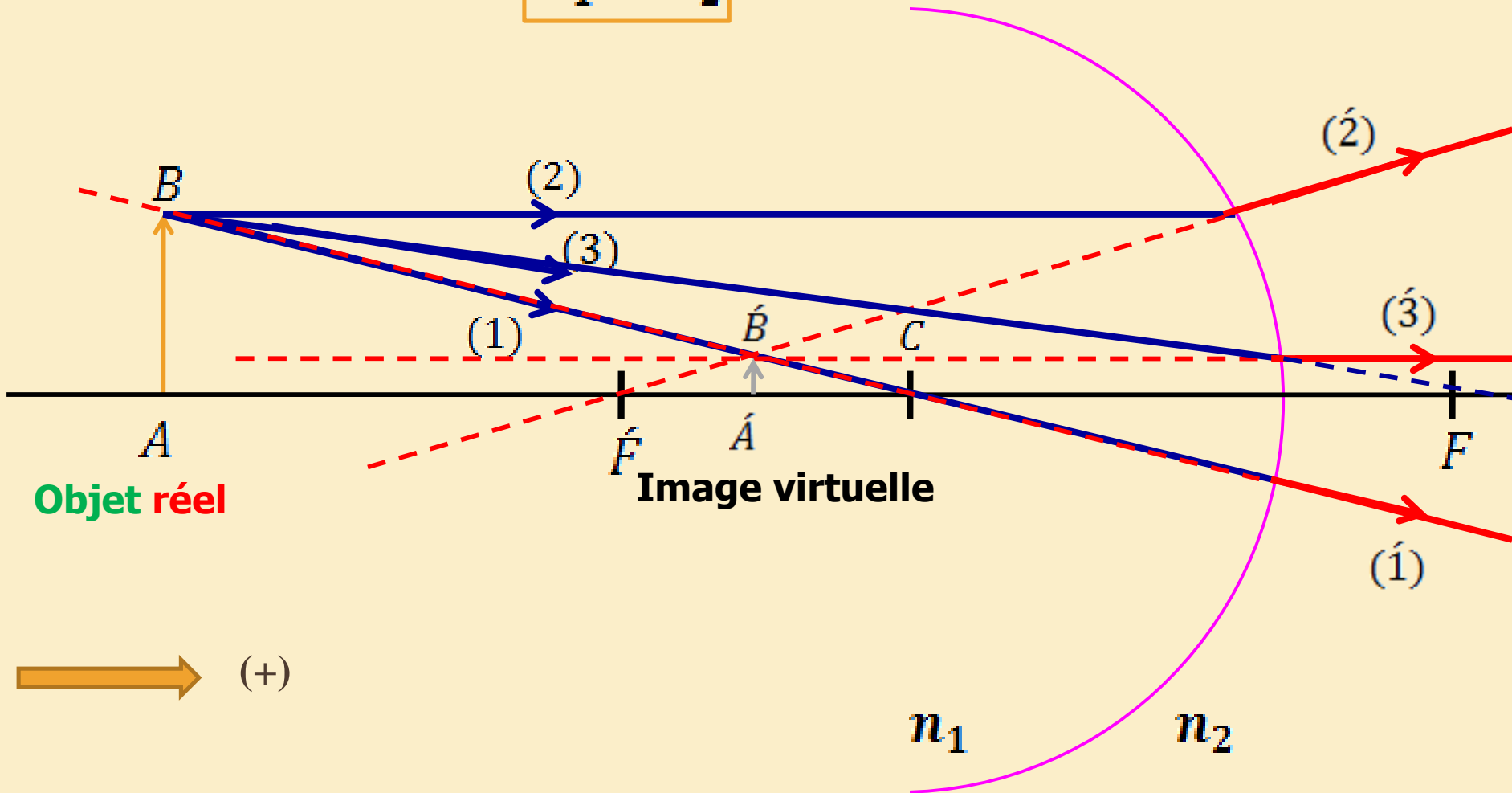


➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  virtuelle, droite et réduite.

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 < n_2$$

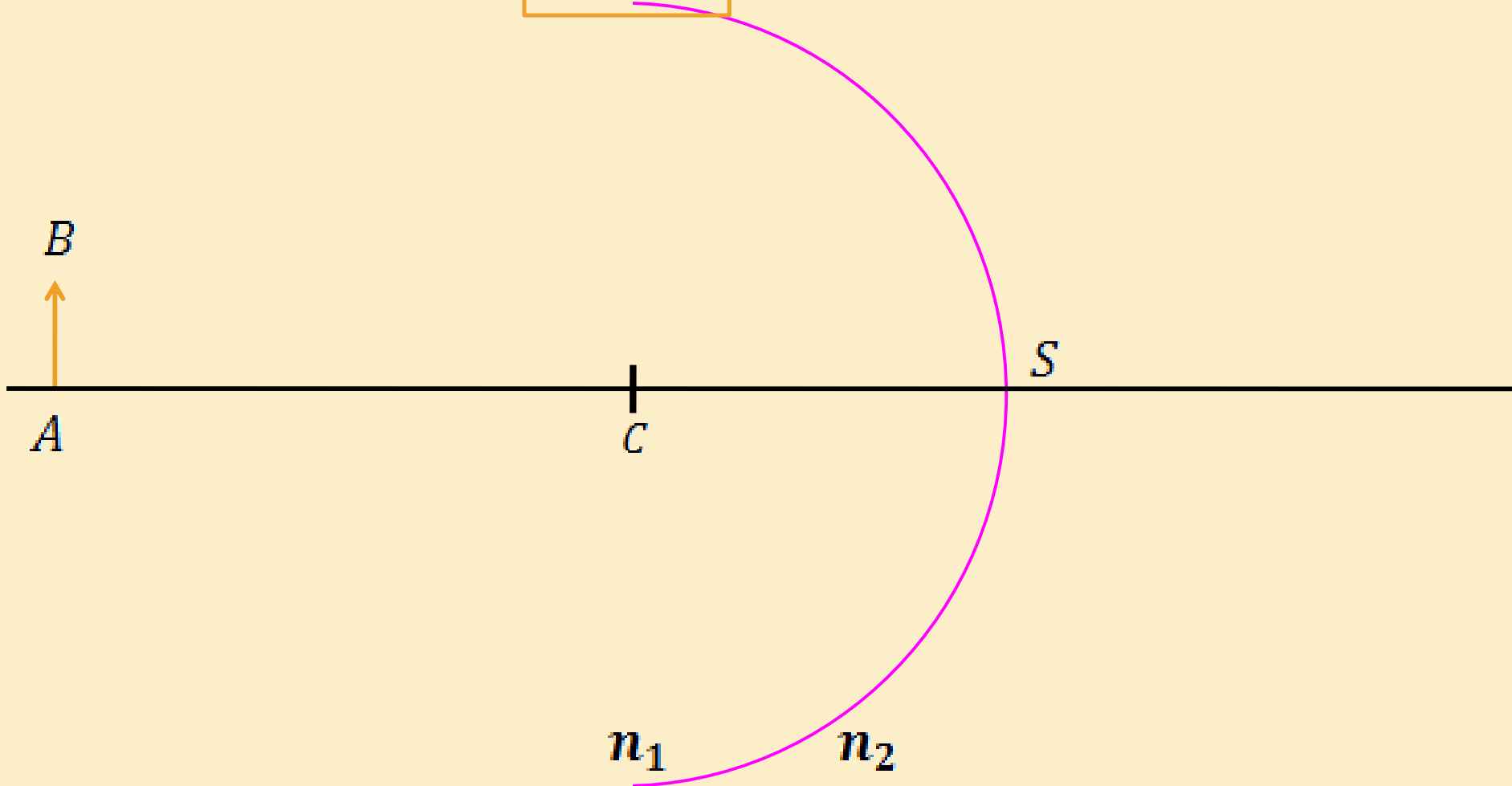


➤ L'objet  $AB$  est le produit de l'intersection des rayons incidents

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 > n_2$$

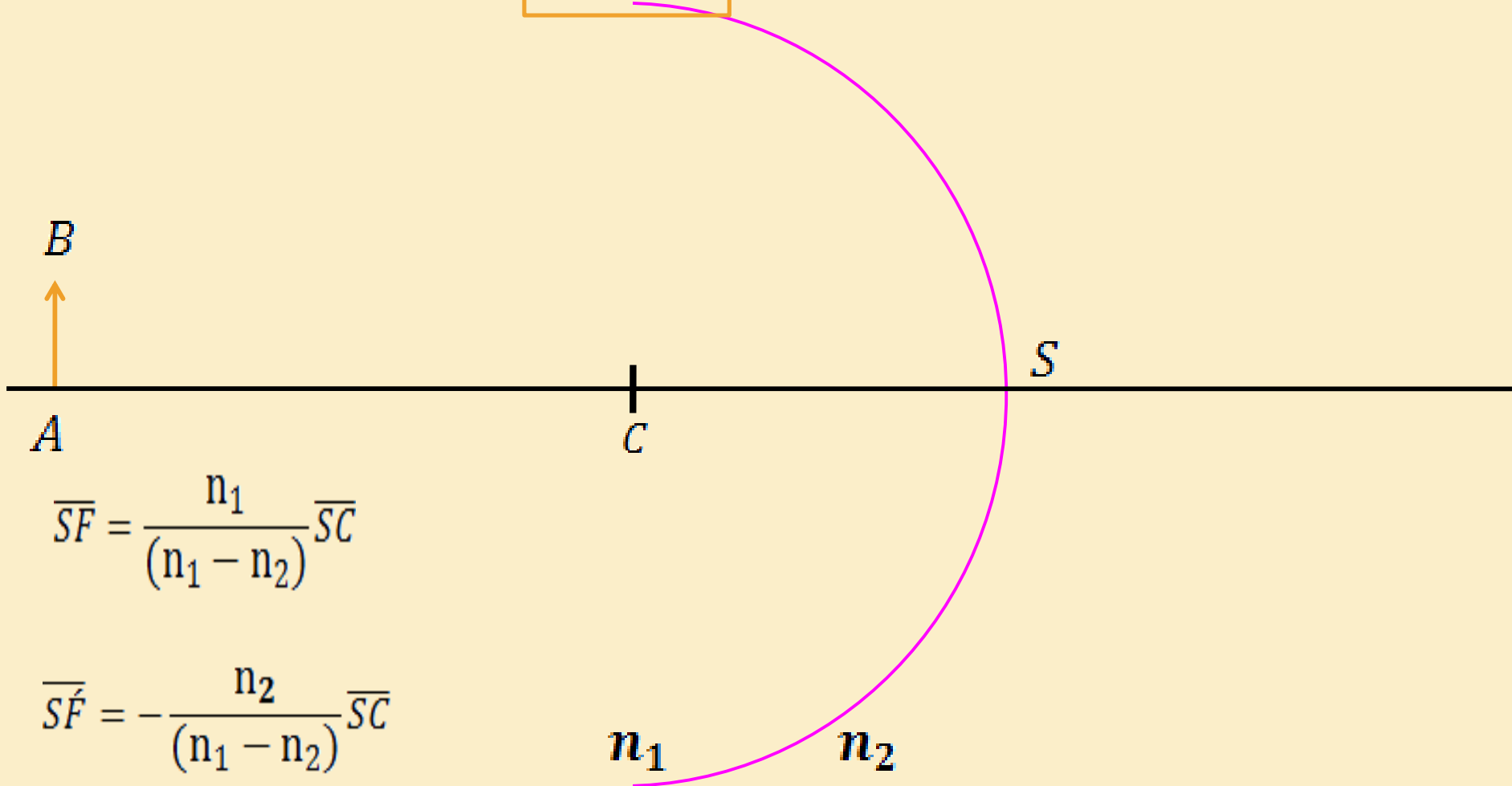


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 > n_2$$



$$\overline{SF} = \frac{n_1}{(n_1 - n_2)} \overline{SC}$$

$$\overline{S'F'} = -\frac{n_2}{(n_1 - n_2)} \overline{SC}$$

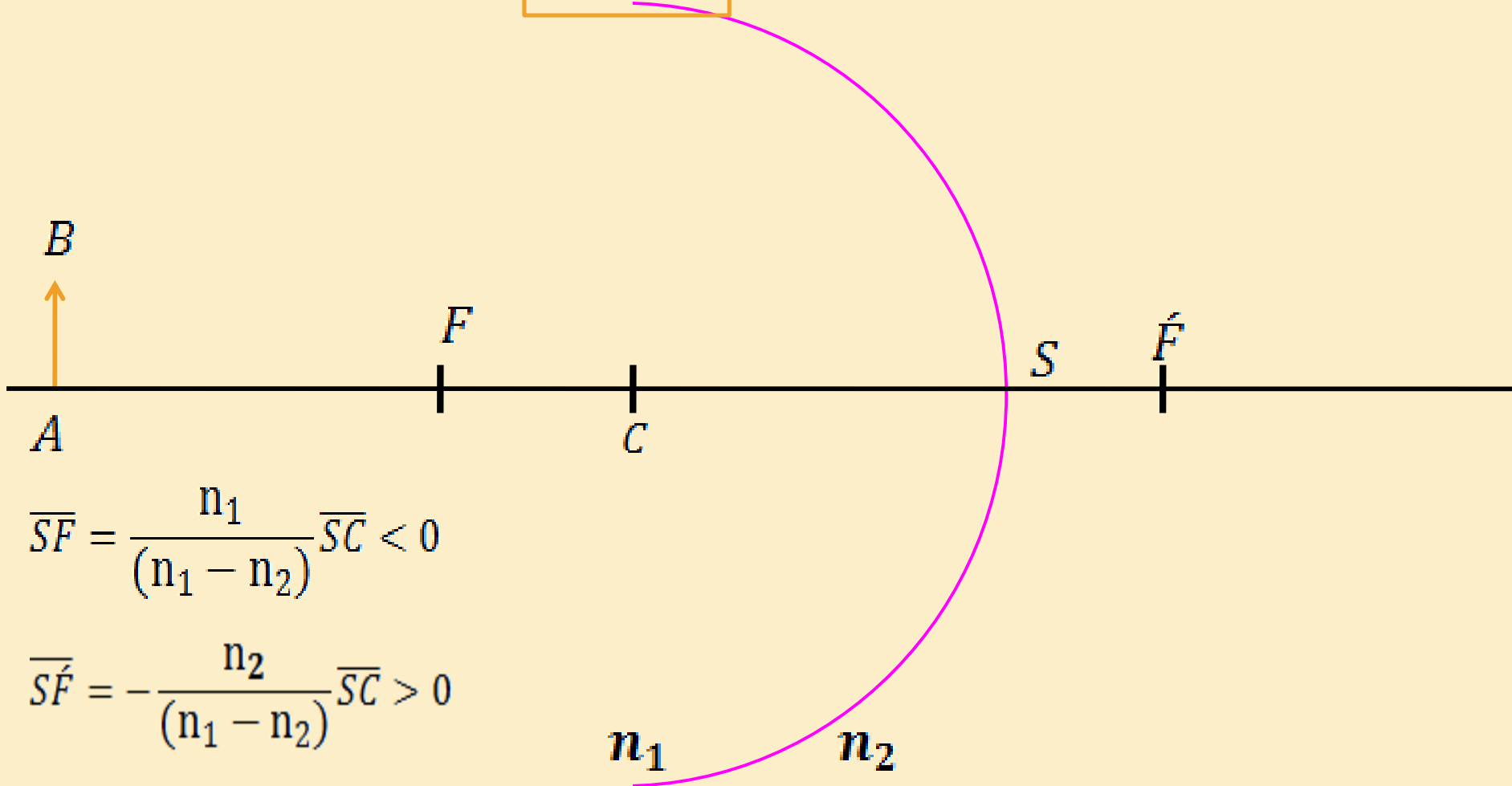


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 > n_2$$

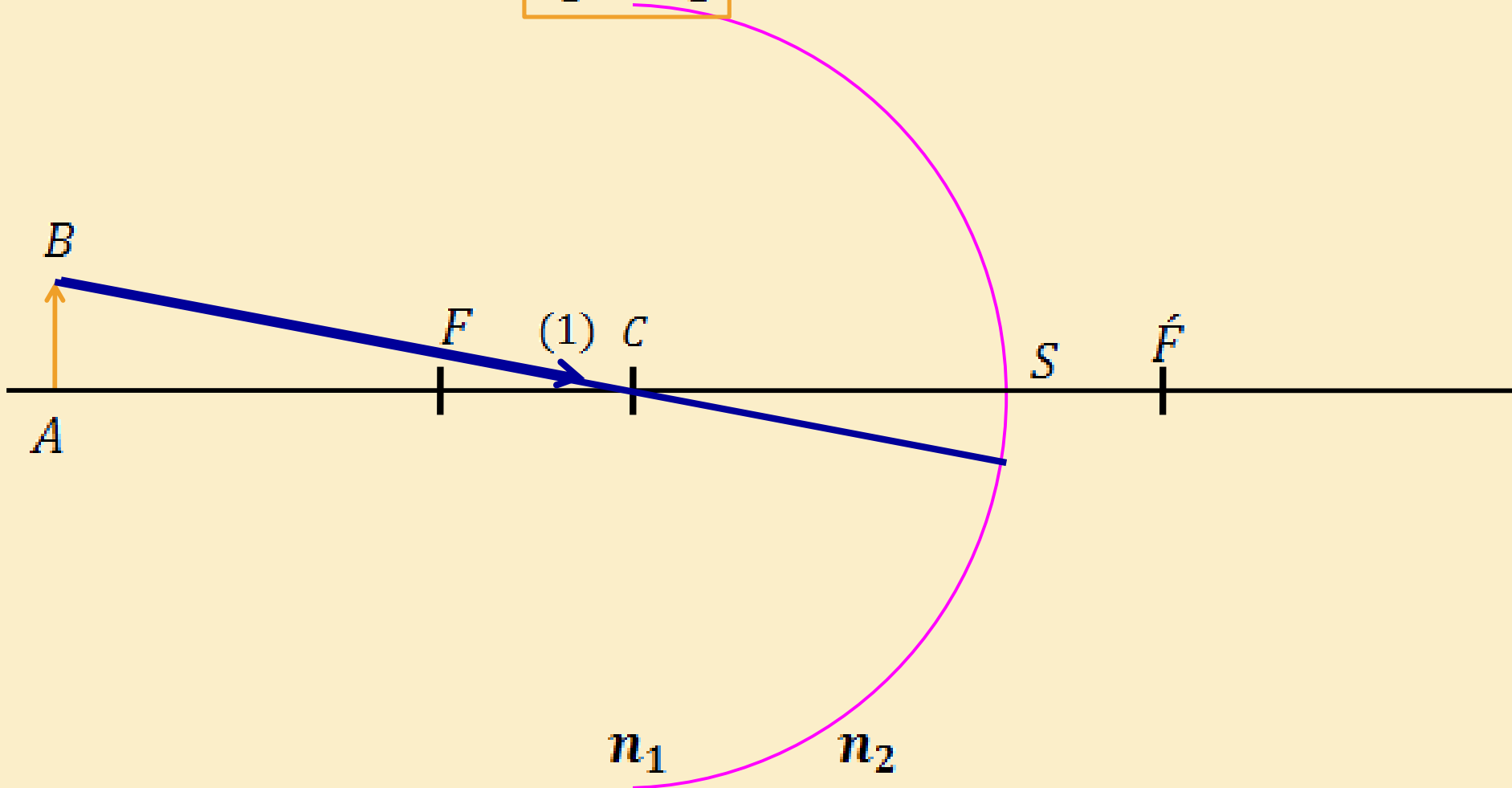


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 > n_2$$

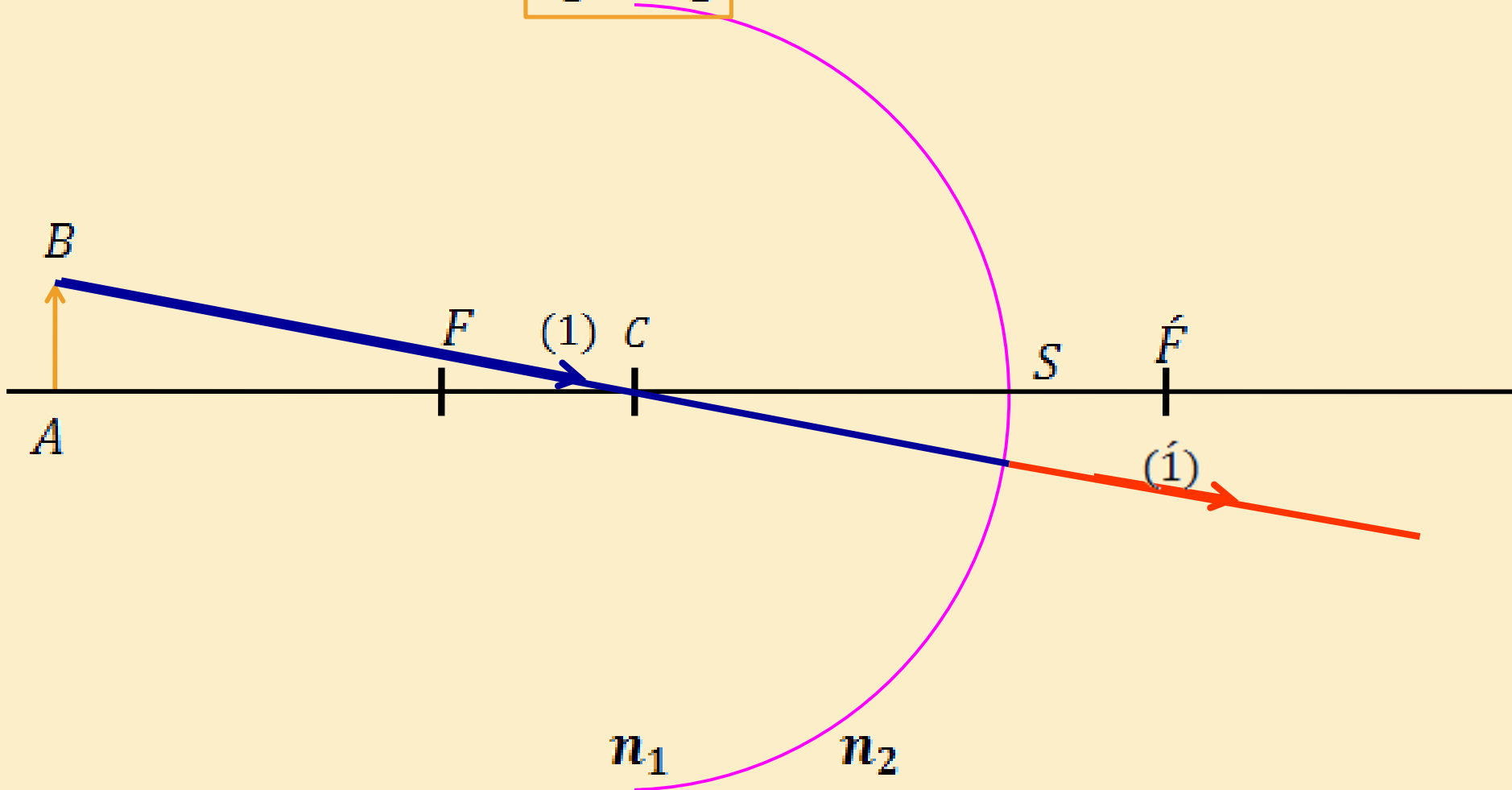


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 > n_2$$

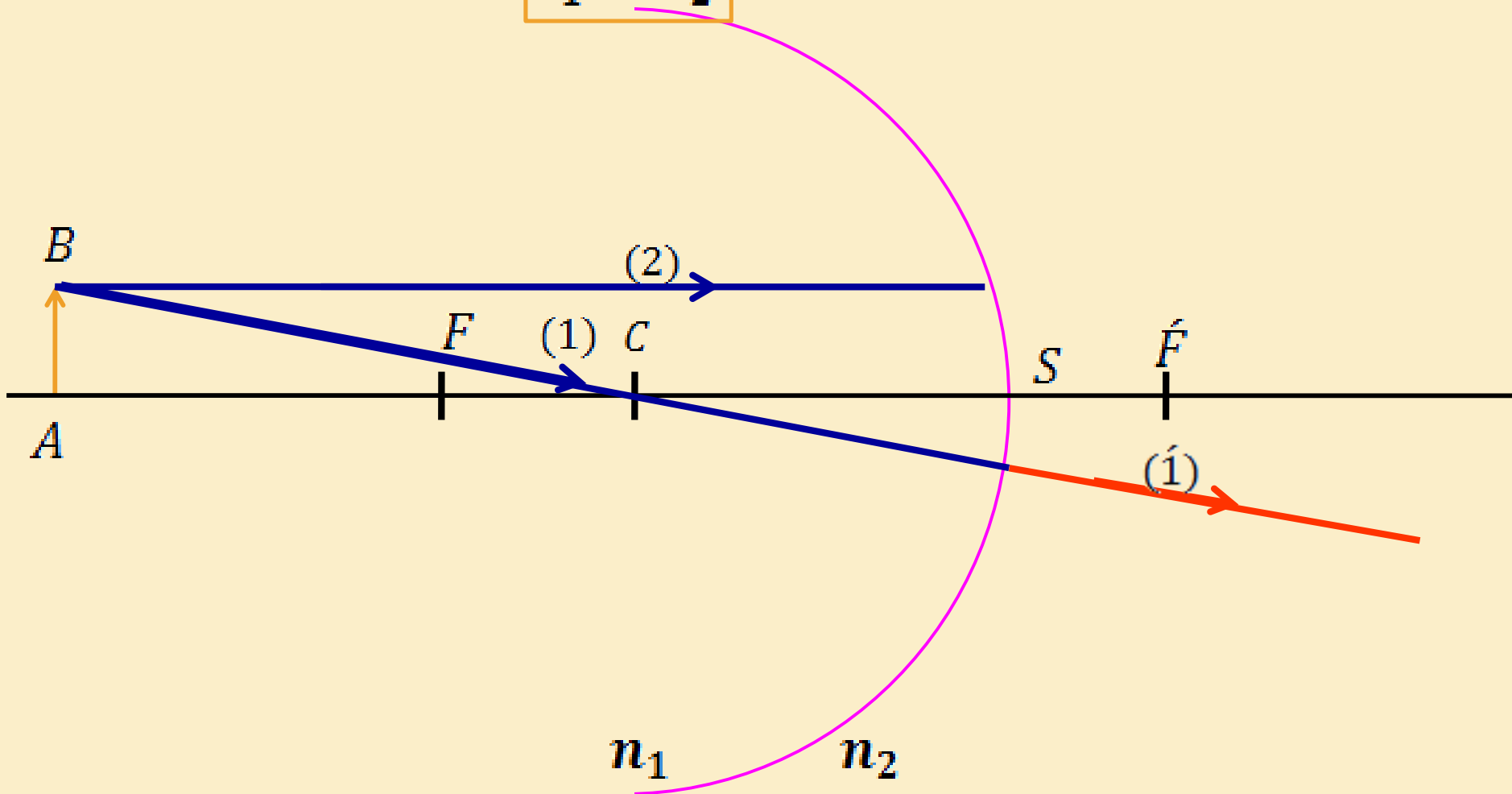


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 > n_2$$



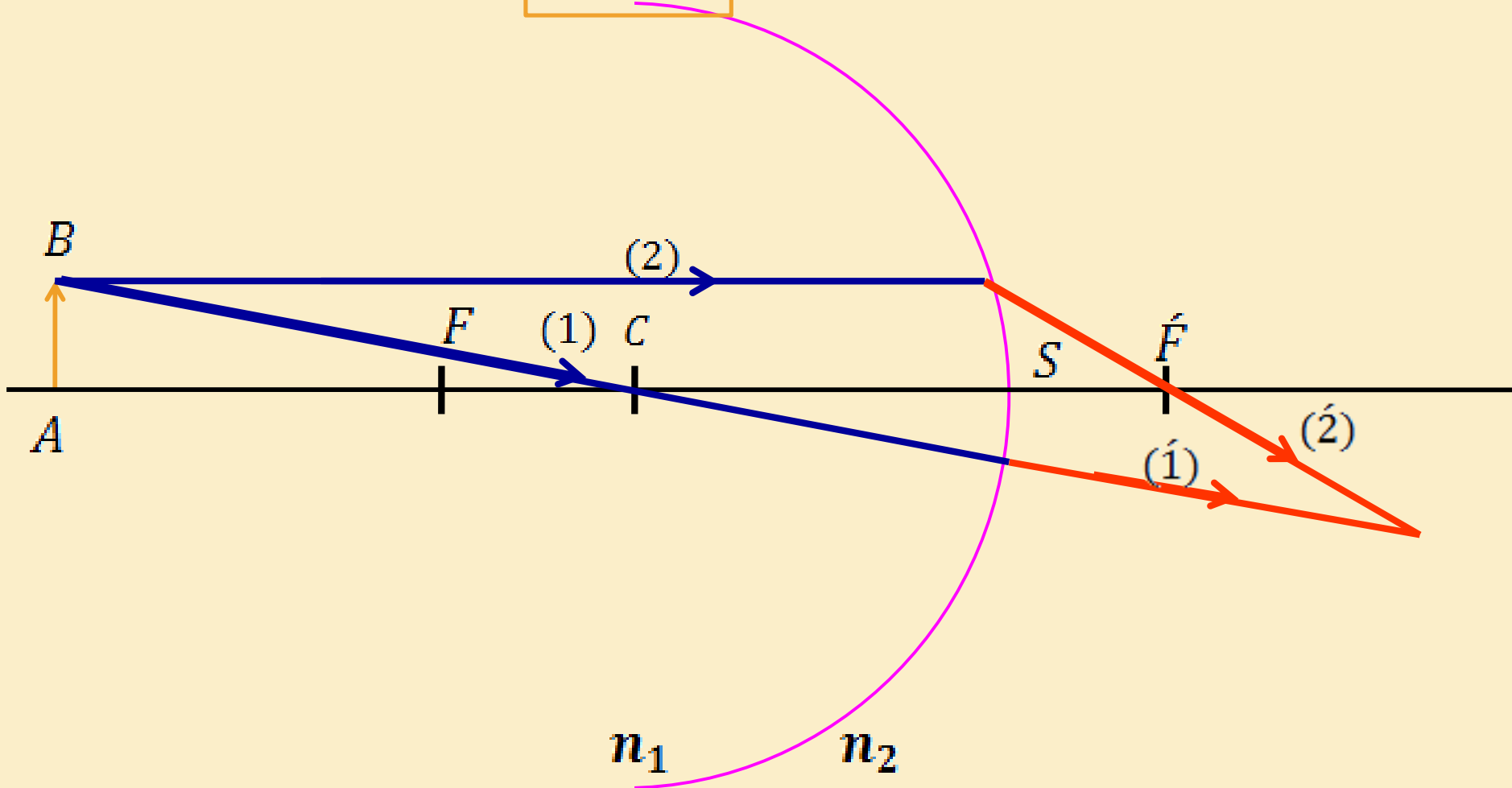
Phénomène de réfraction



## 2. Dioptre Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 > n_2$$

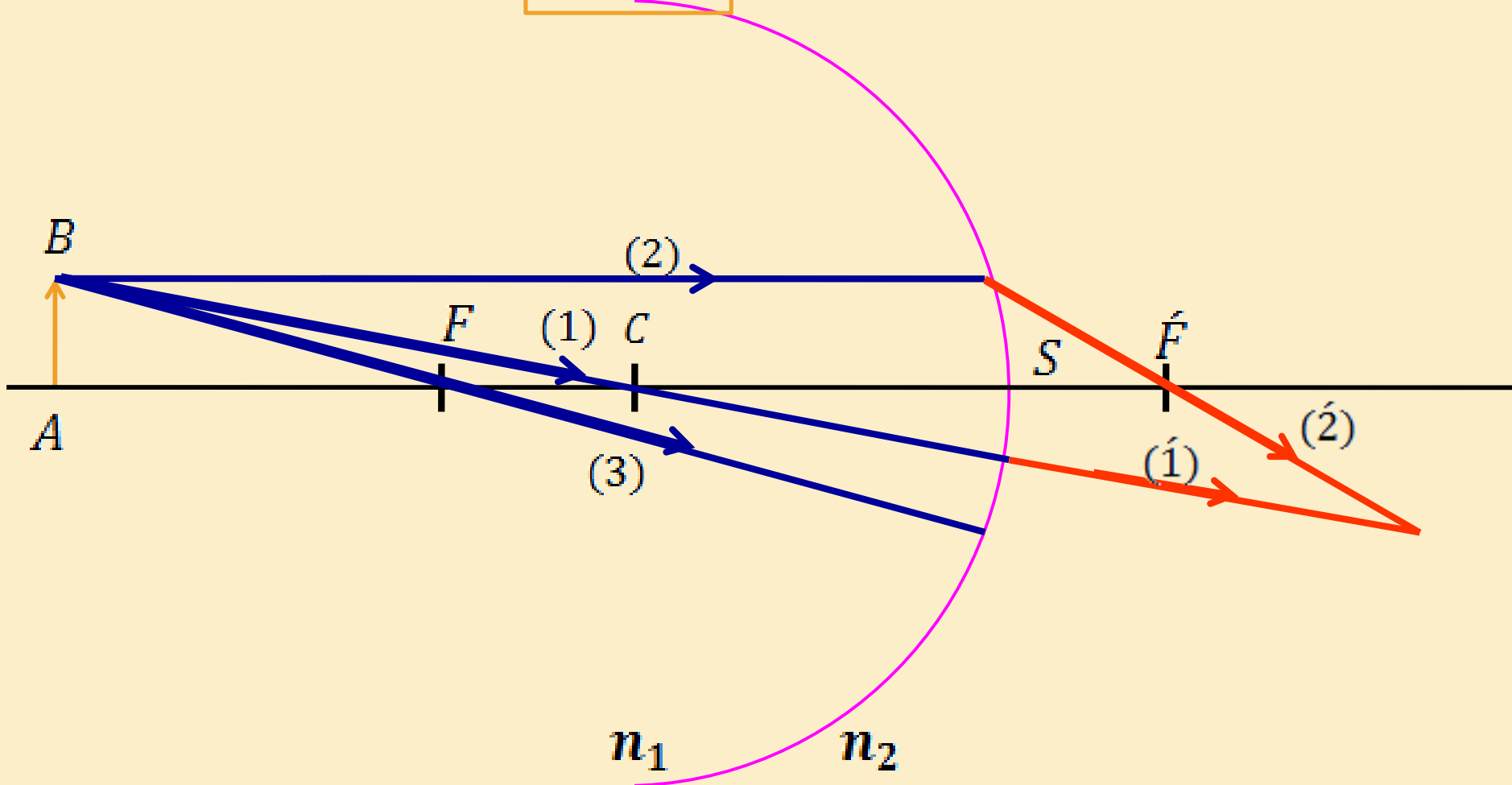


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 > n_2$$

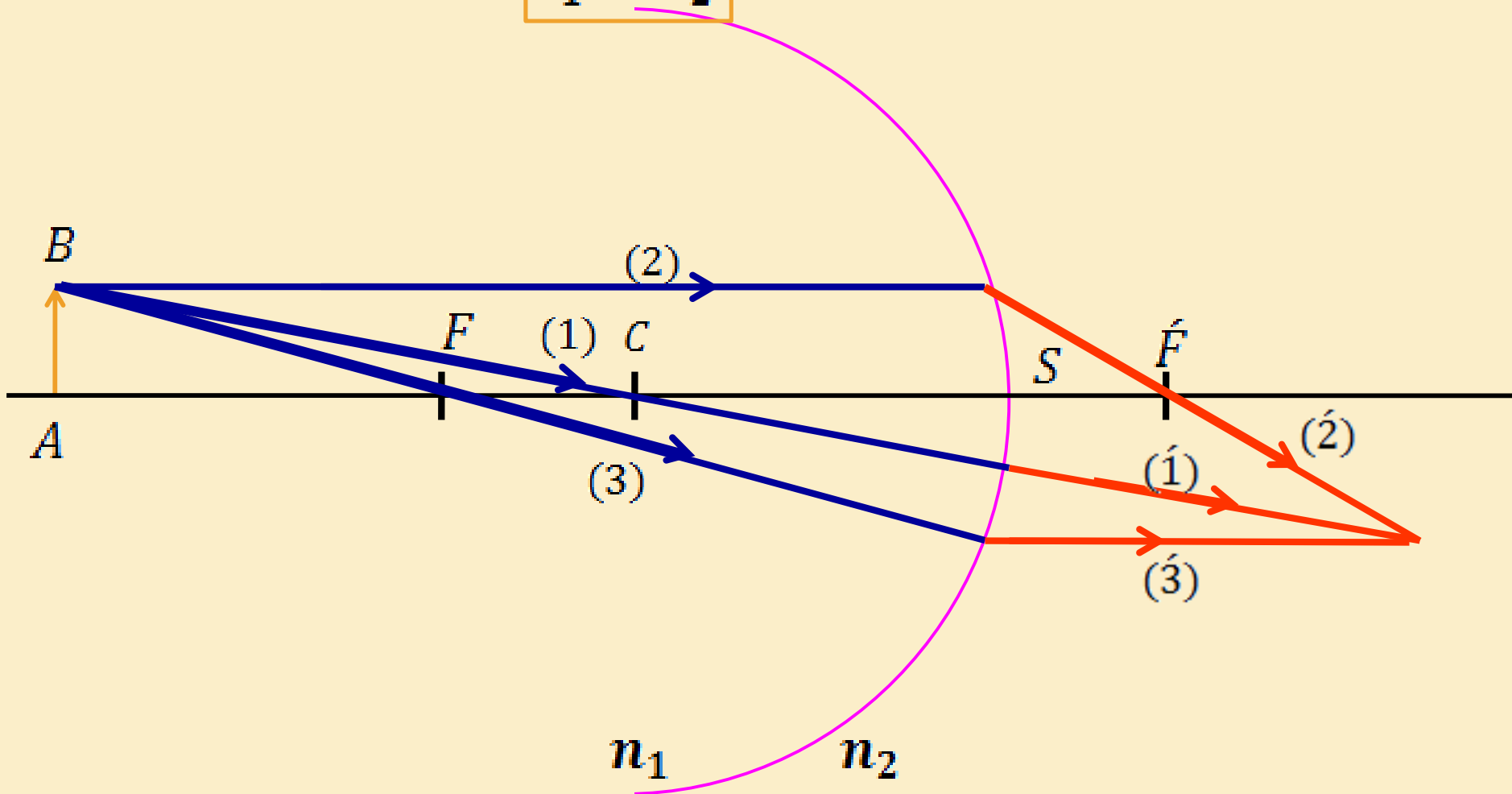


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 > n_2$$

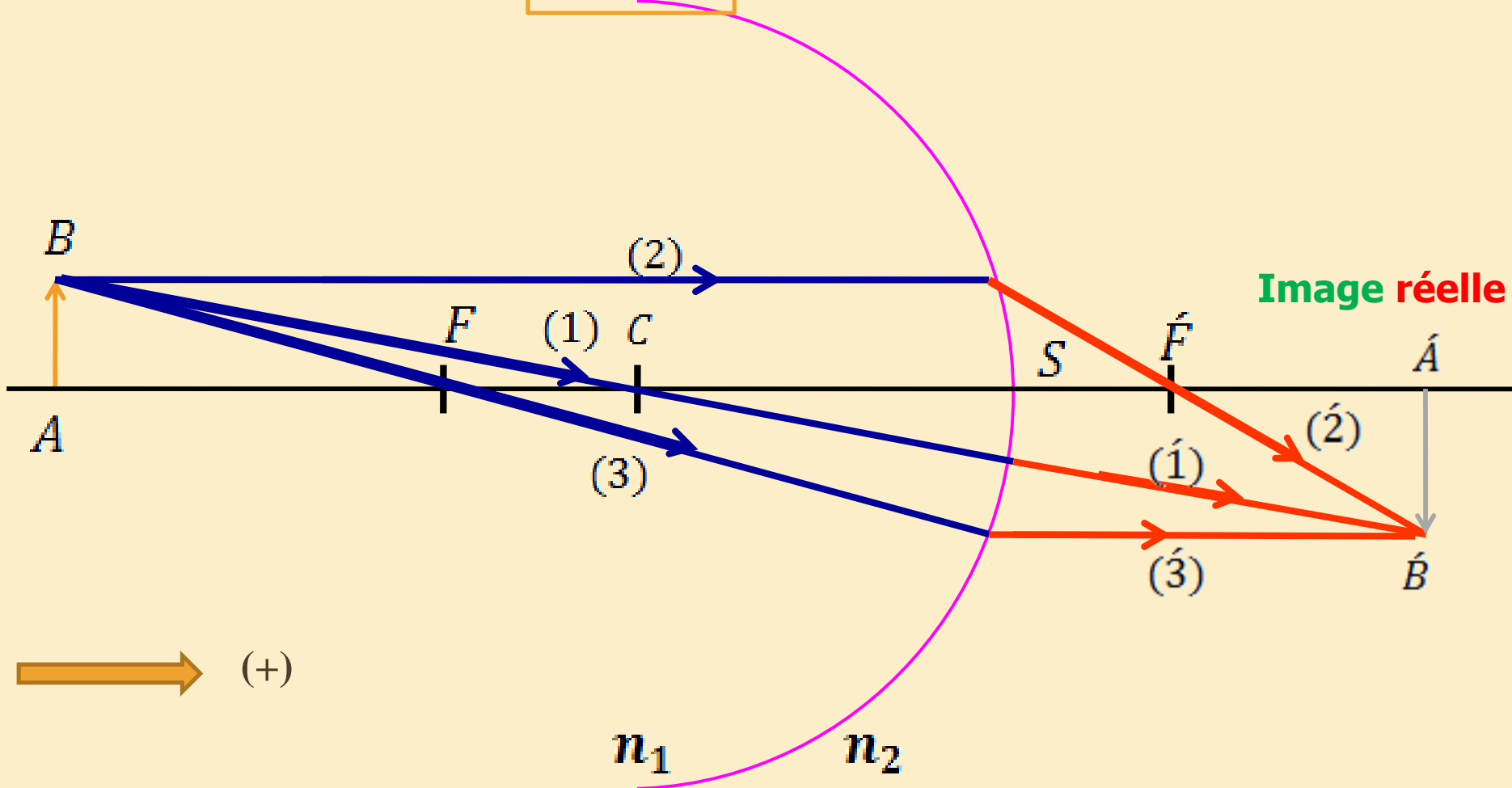


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptre Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 > n_2$$

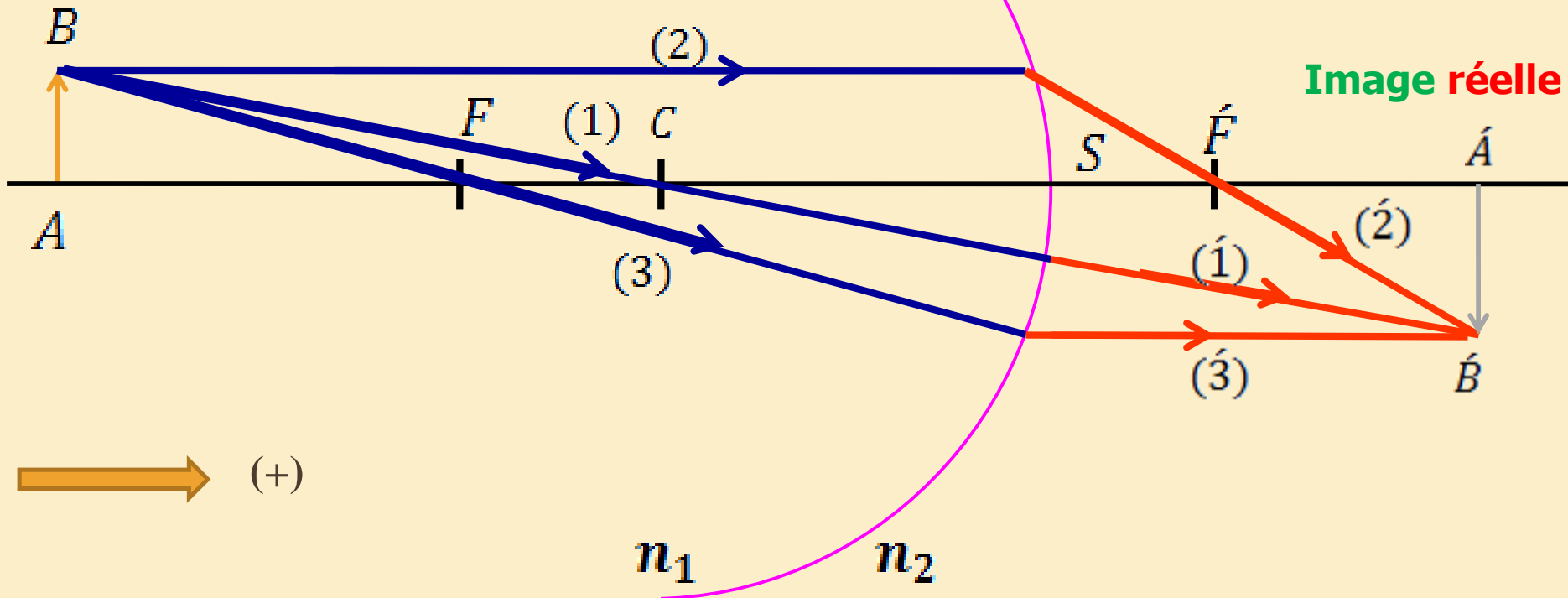


➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  est le produit de l'intersection des rayons réfractés.

## 2. Dioptre Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 > n_2$$

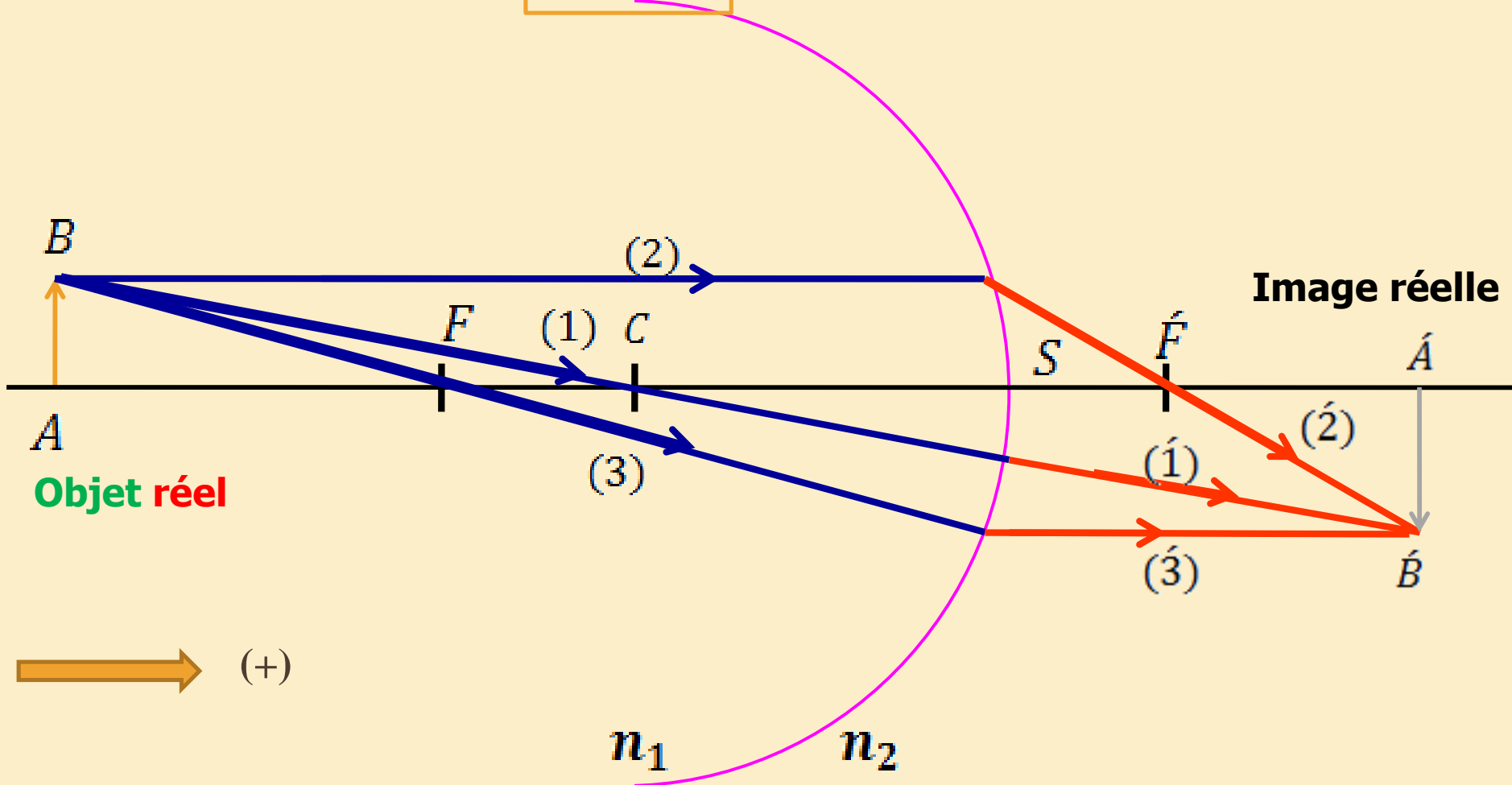


➤ L' image  $A'B'$  réelle, renversée et agrandie.

## 2. Dioptre Sphérique

❖ Concave:  $\overline{SC} < 0$

$$n_1 > n_2$$

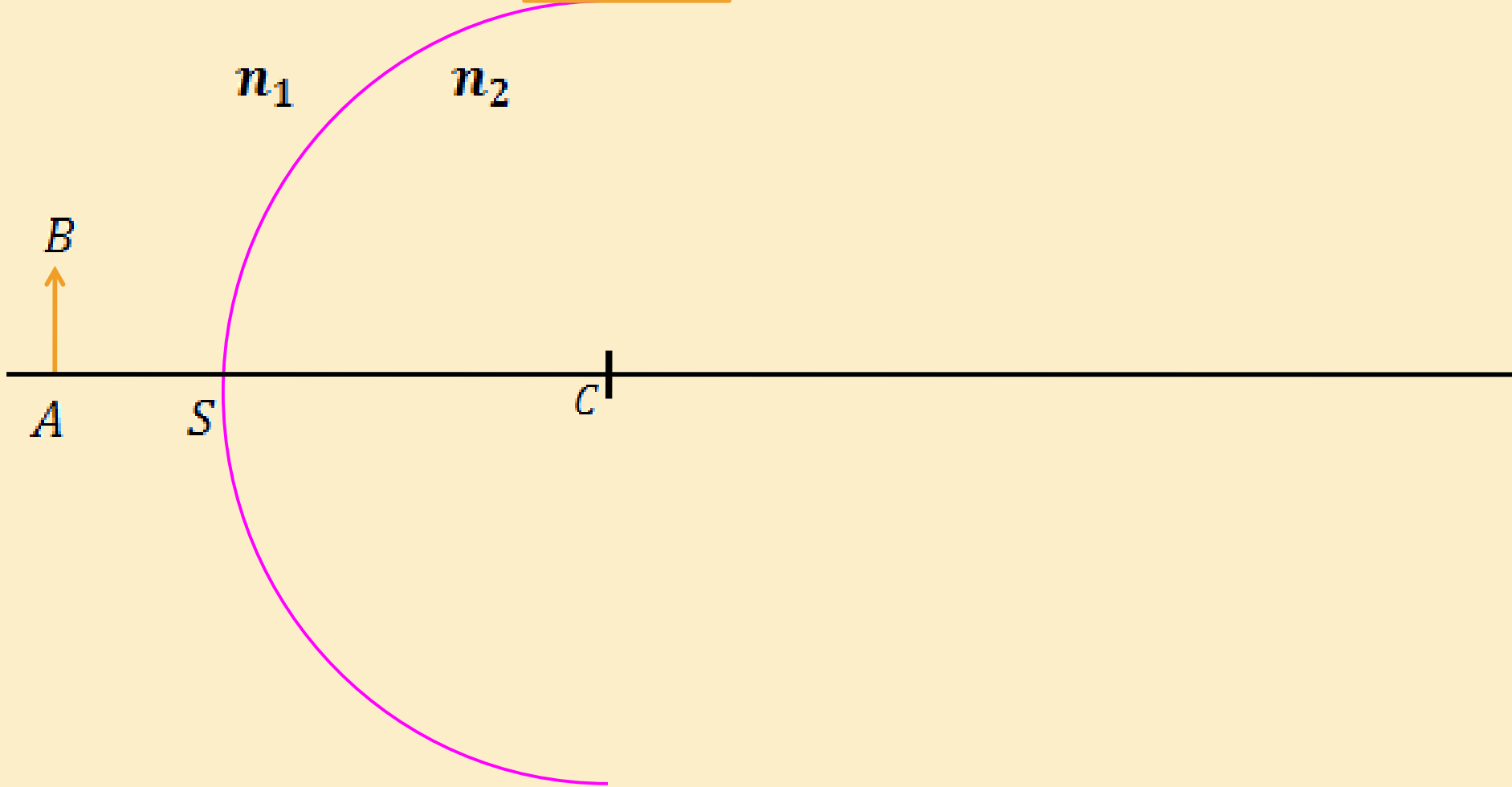


➤ L'objet  $AB$  est le produit de l'intersection des rayons incidents

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$

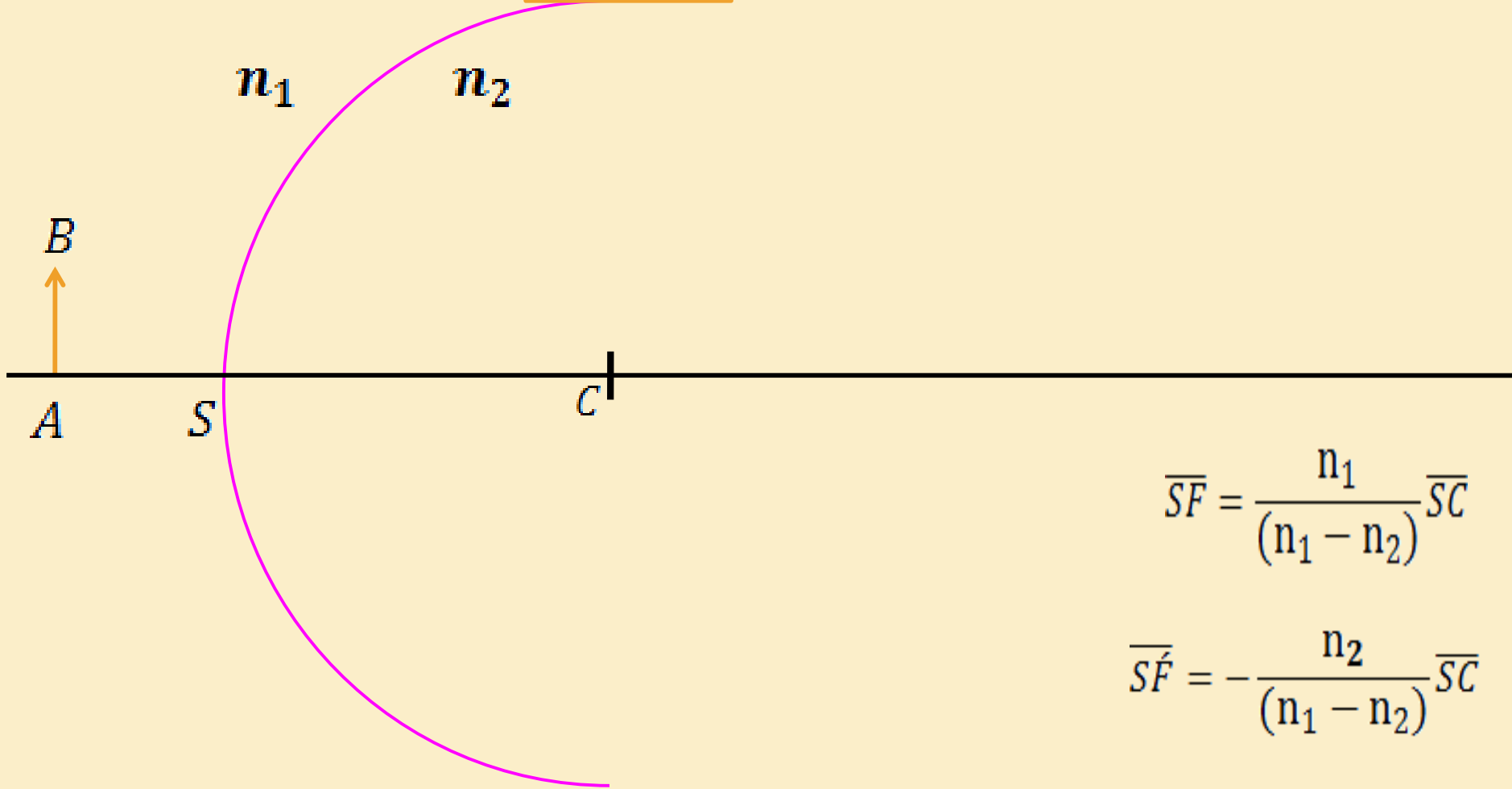
$$n_1 < n_2$$



Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 < n_2$

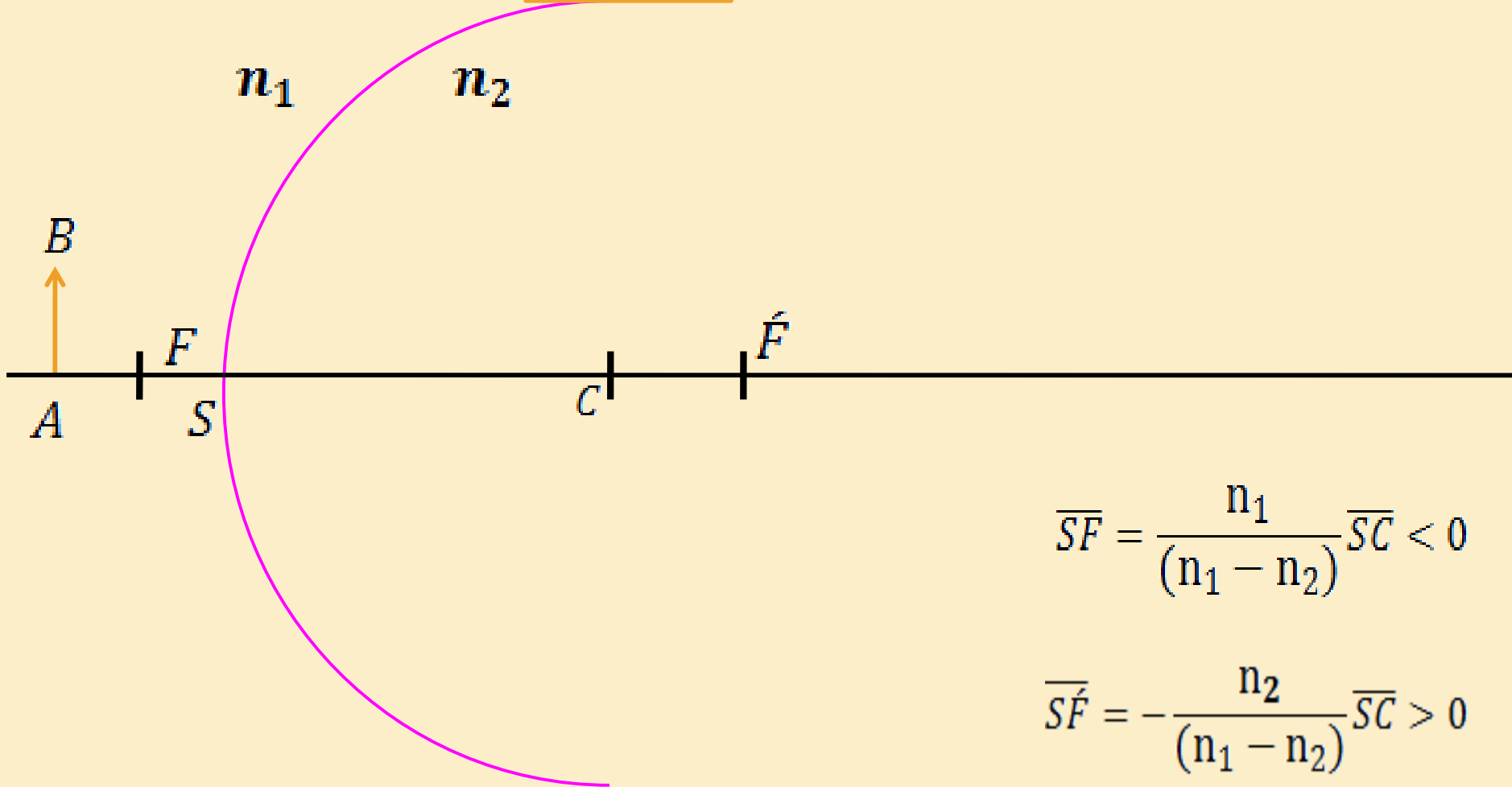


Phénomène de réfraction



## 2. Dioptre Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 < n_2$



$$\overline{SF} = \frac{n_1}{(n_1 - n_2)} \overline{SC} < 0$$

$$\overline{S\hat{F}} = -\frac{n_2}{(n_1 - n_2)} \overline{SC} > 0$$

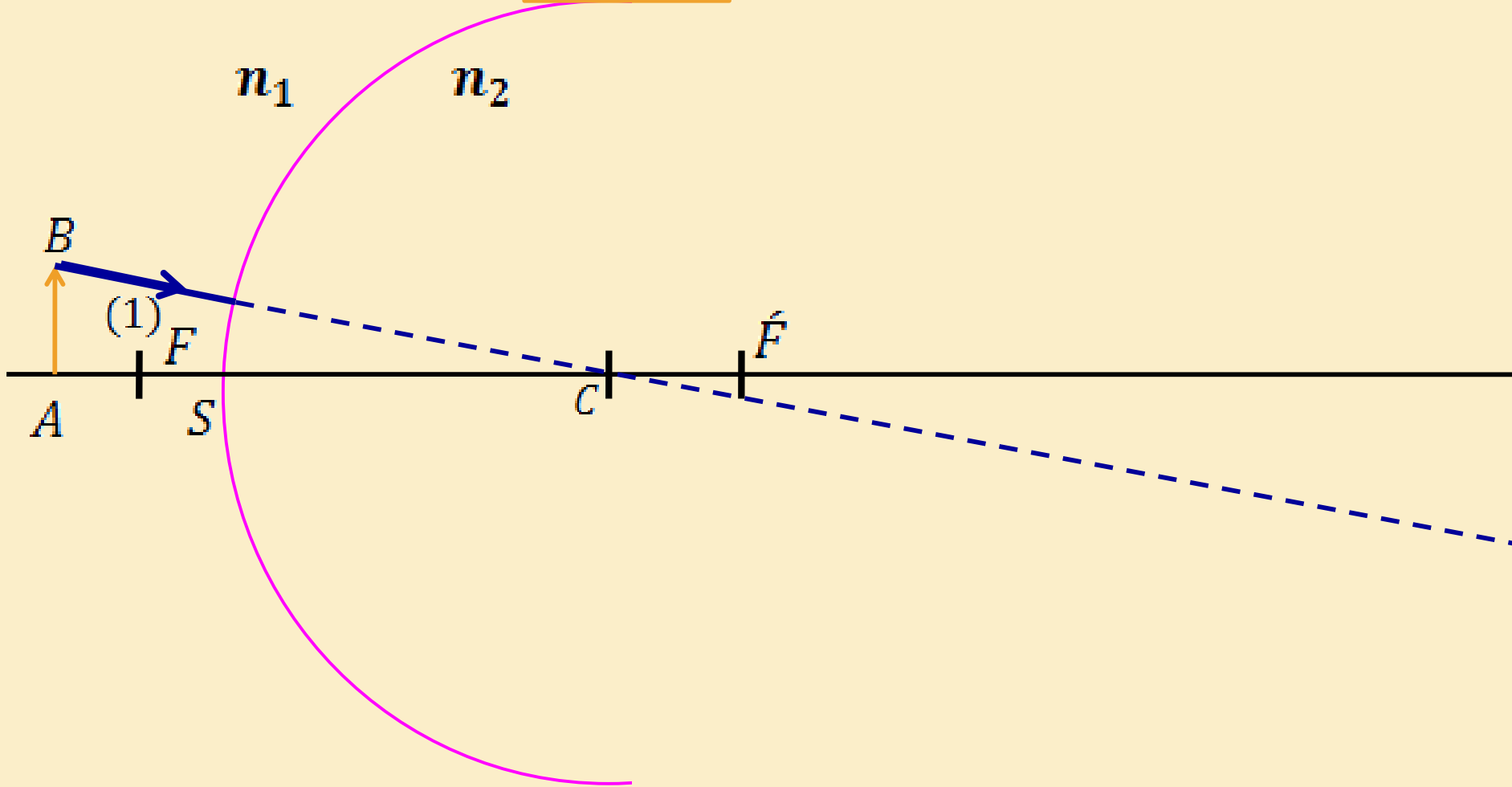


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$

$$n_1 < n_2$$

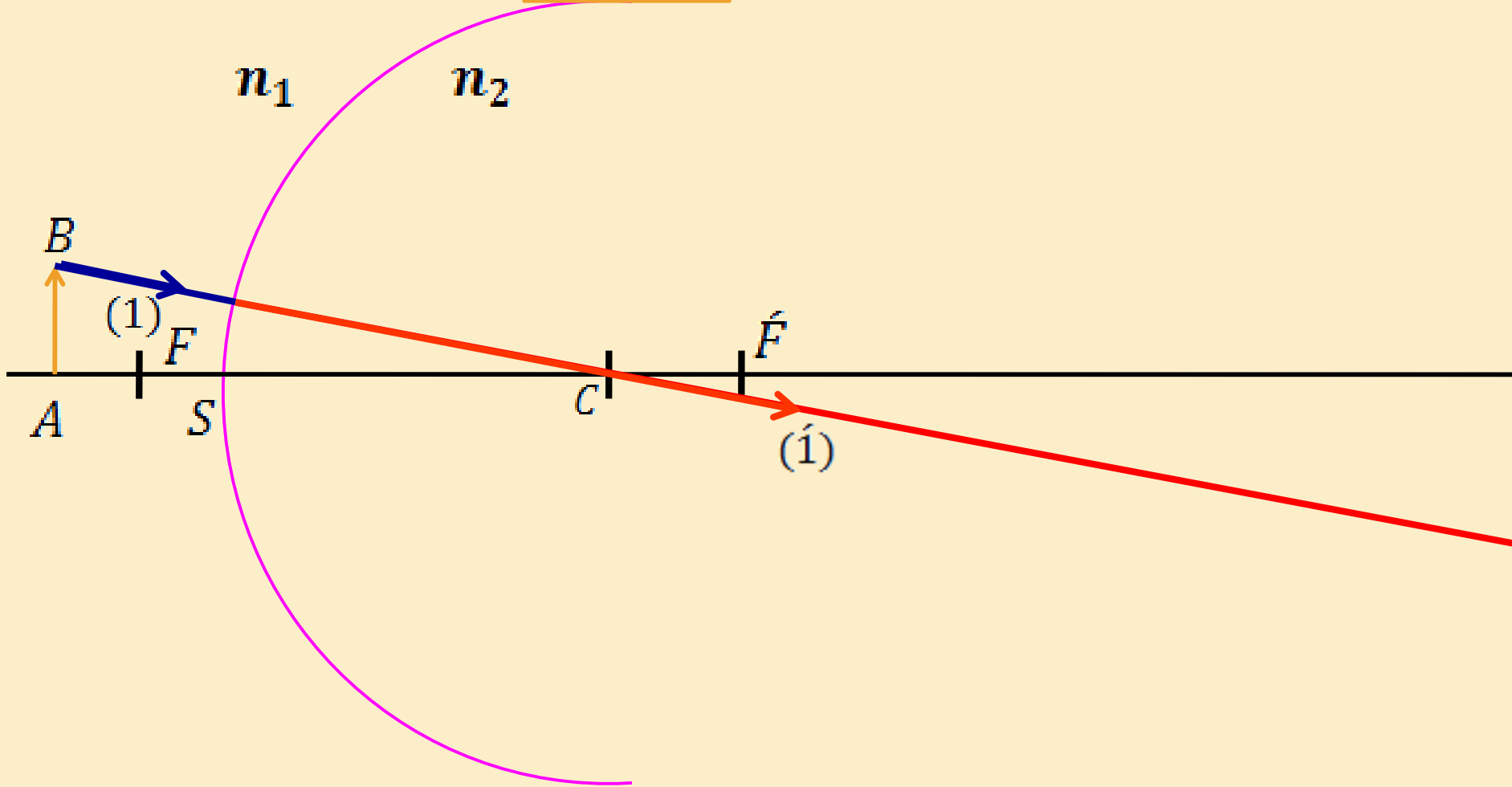


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$

$$n_1 < n_2$$

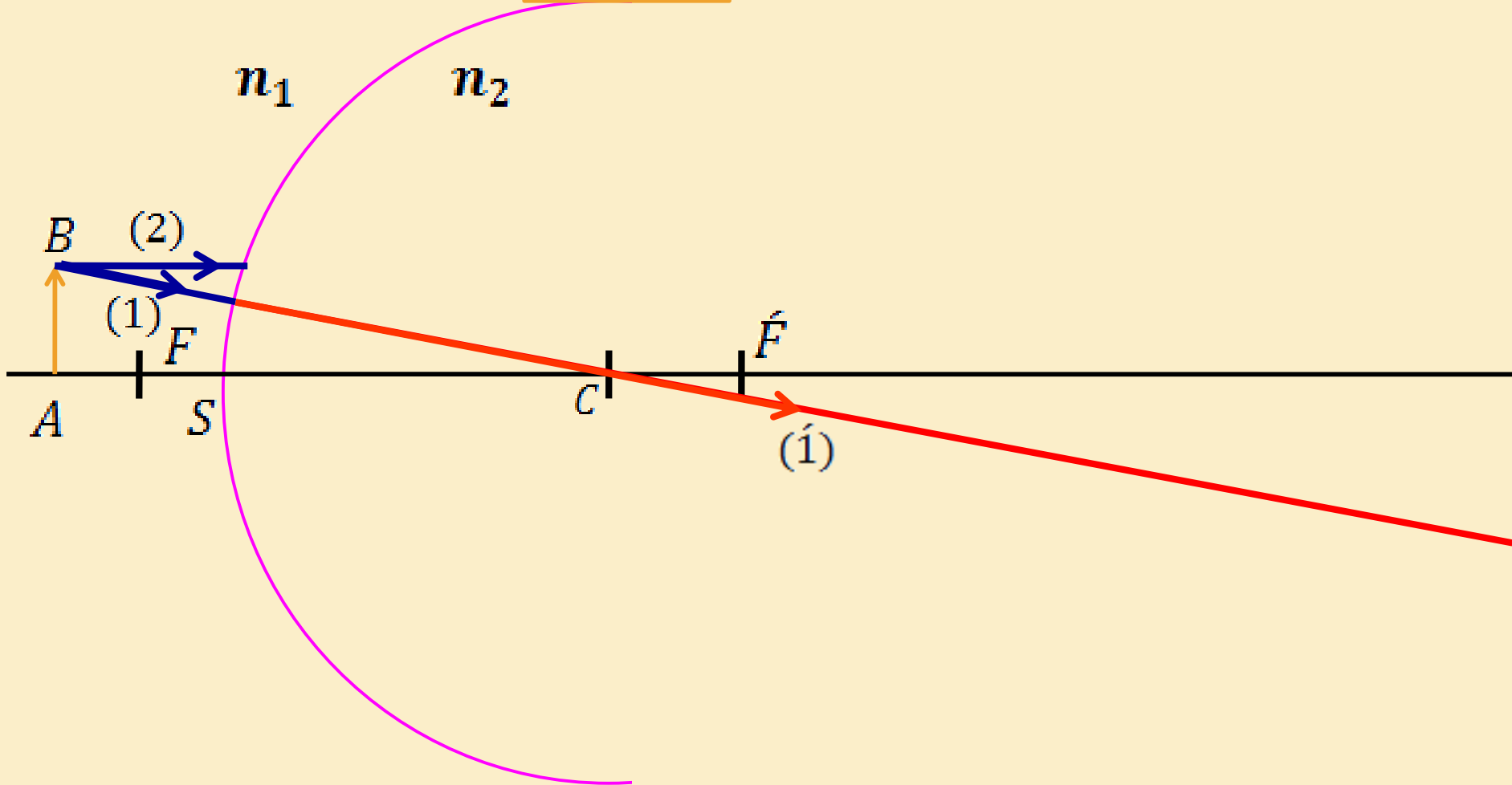


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$

$$n_1 < n_2$$

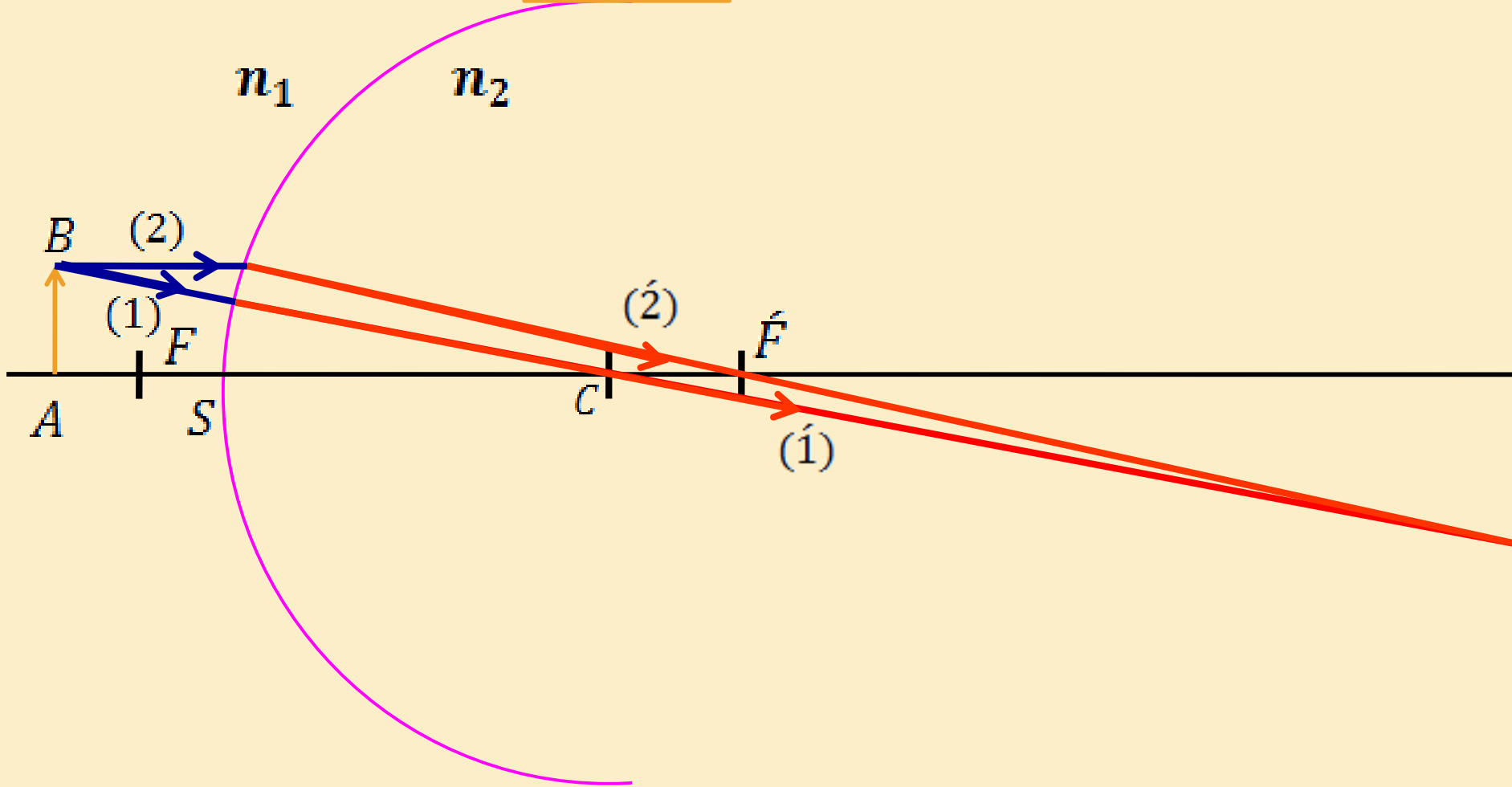


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$

$$n_1 < n_2$$

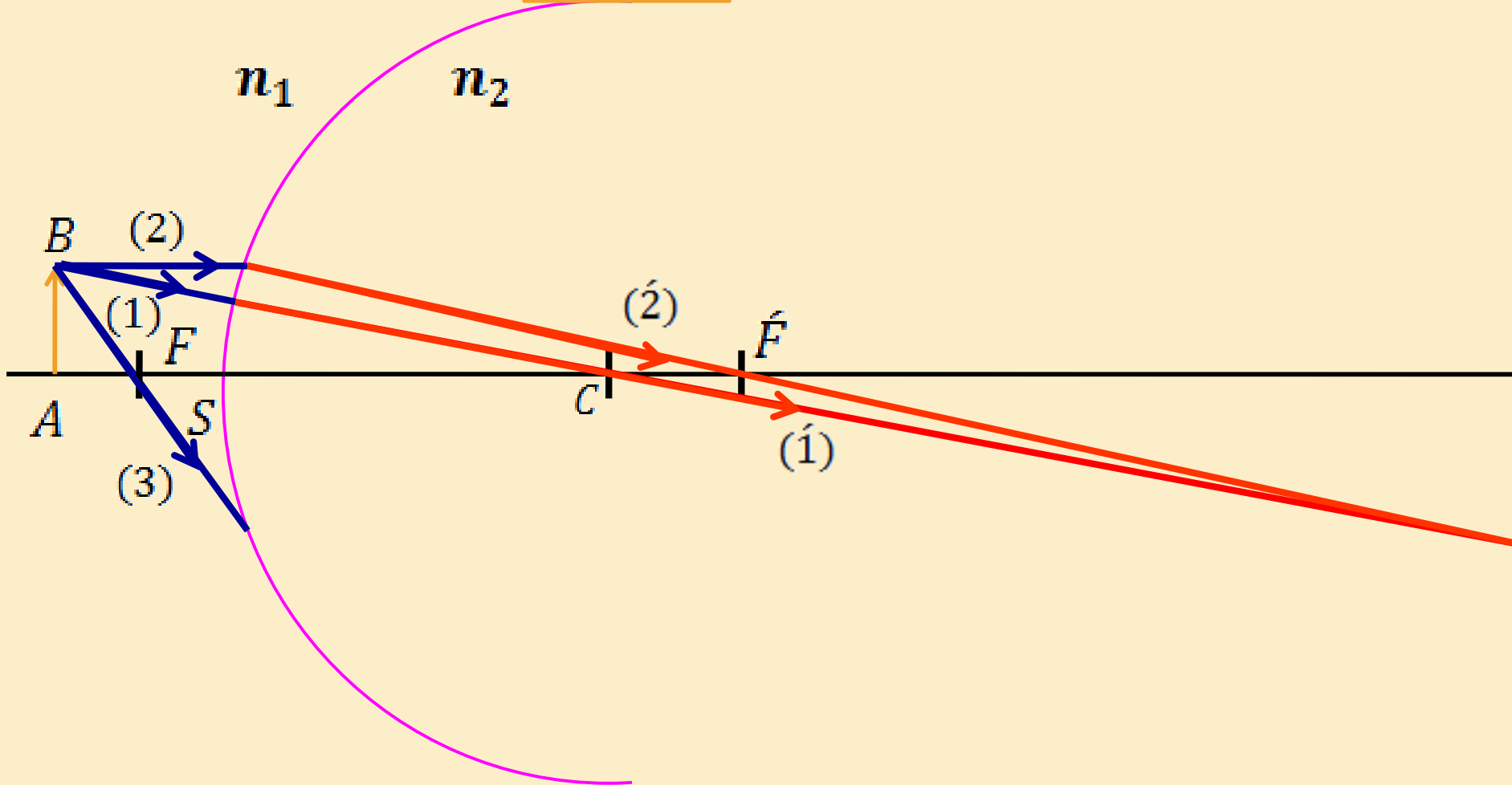


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$

$$n_1 < n_2$$

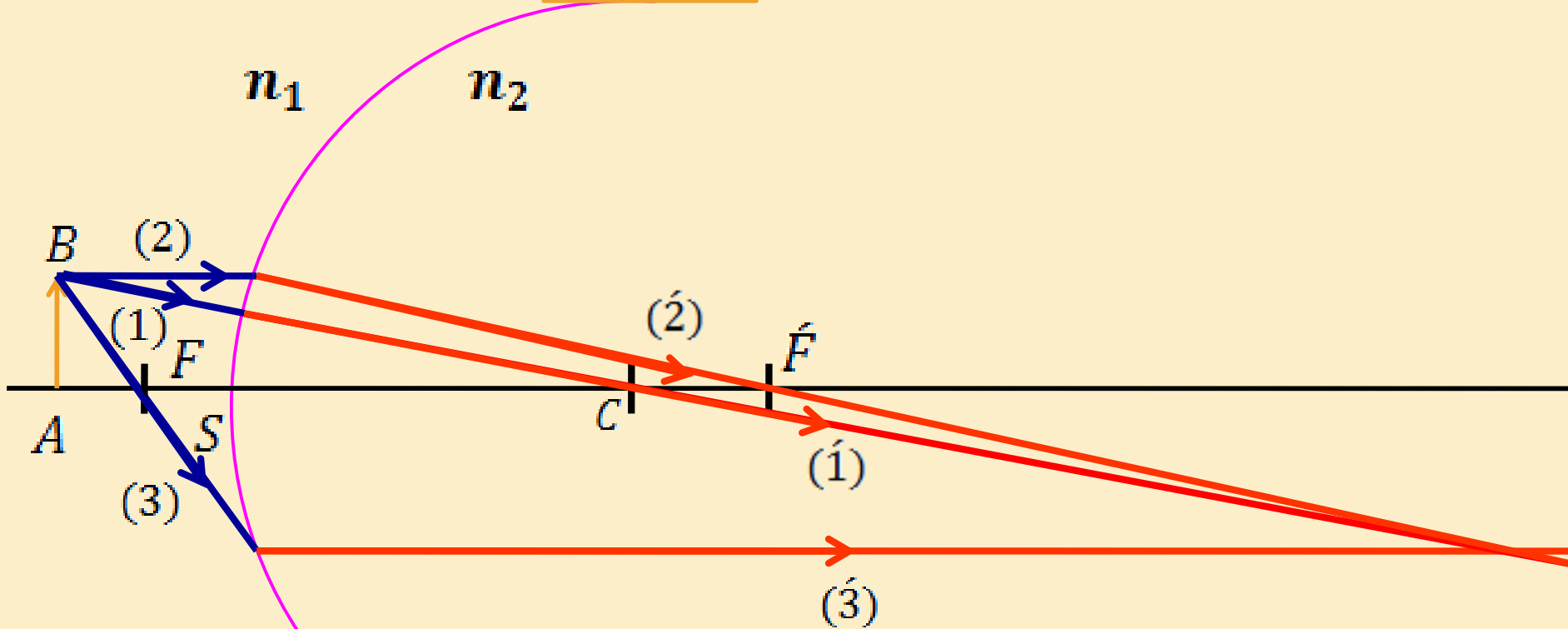


Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$

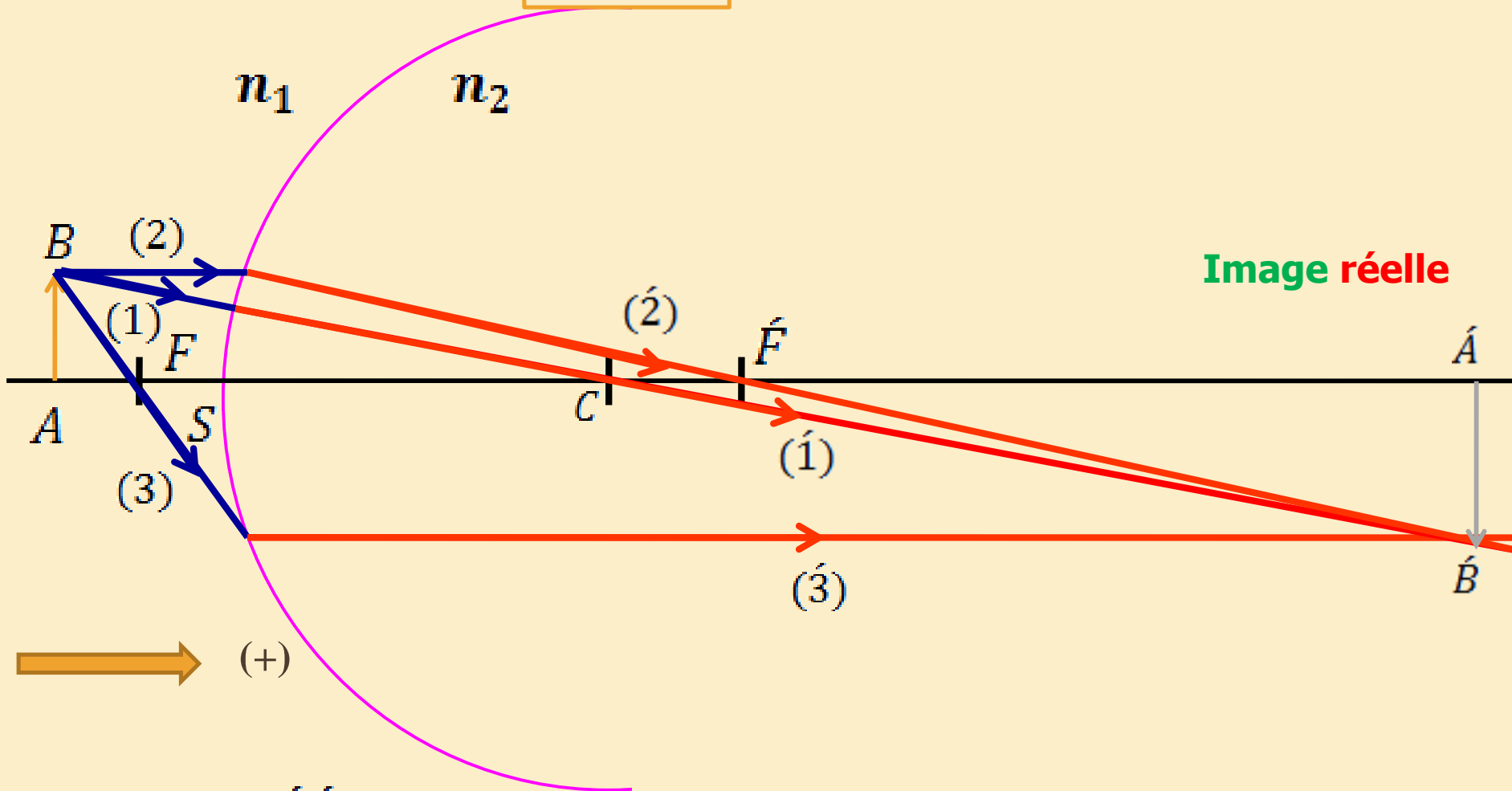
$$n_1 < n_2$$



Phénomène de réfraction

## 2. Dioptre Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 < n_2$

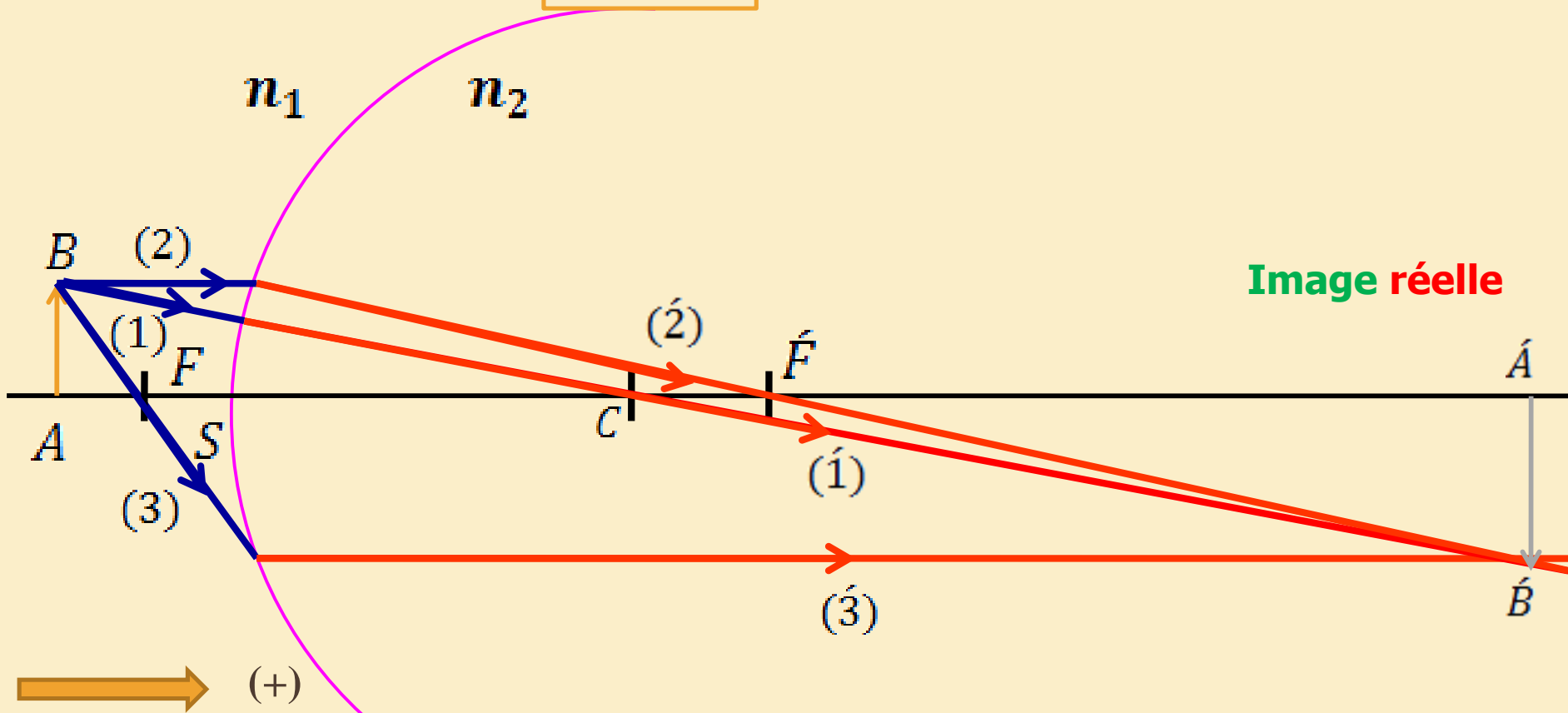


➤ L' image  $A'B'$  est le produit de l'intersection des rayons réfractés.



## 2. Dioptre Sphérique

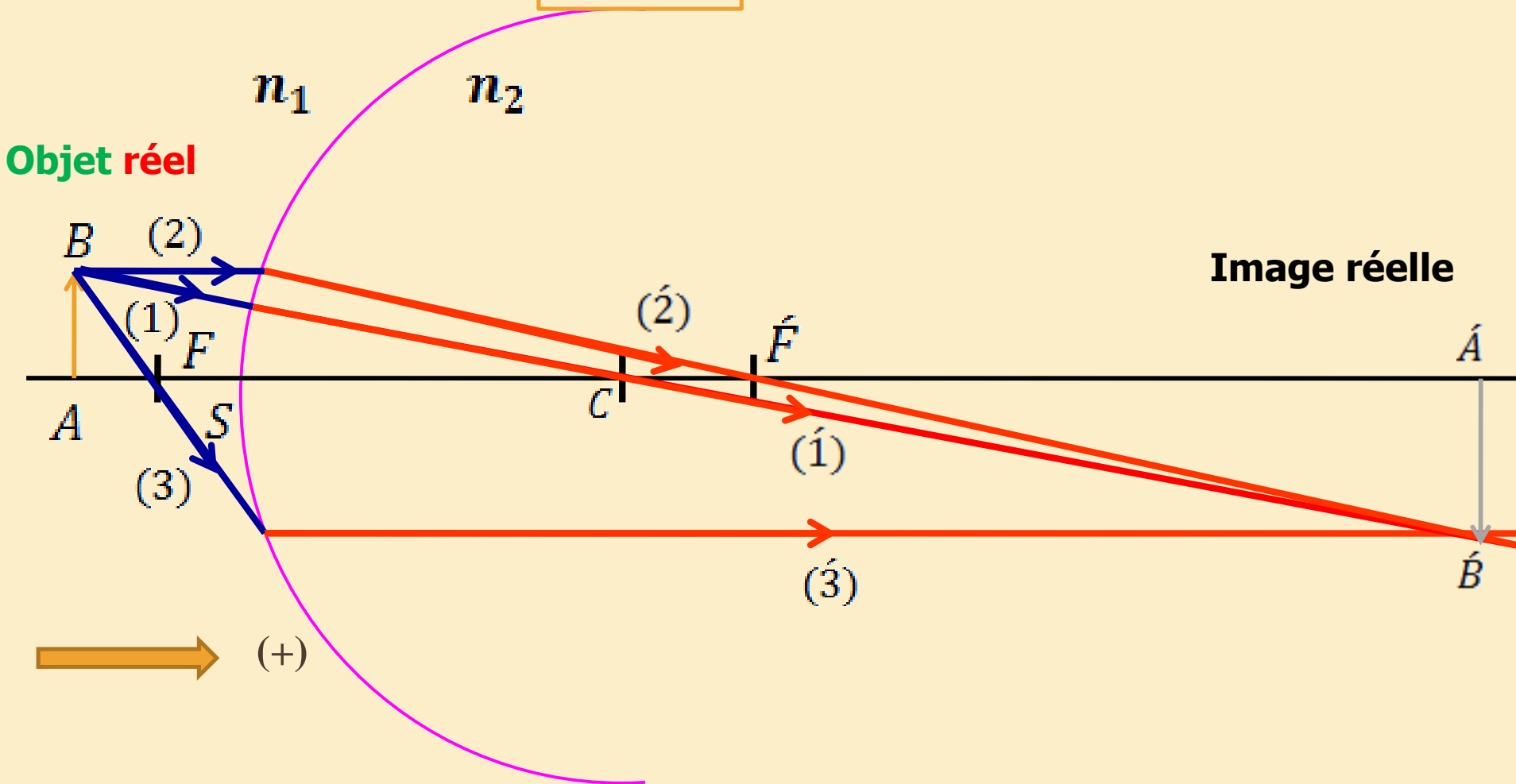
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 < n_2$



➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  réelle, renversée et agrandie.

## 2. Dioptre Sphérique

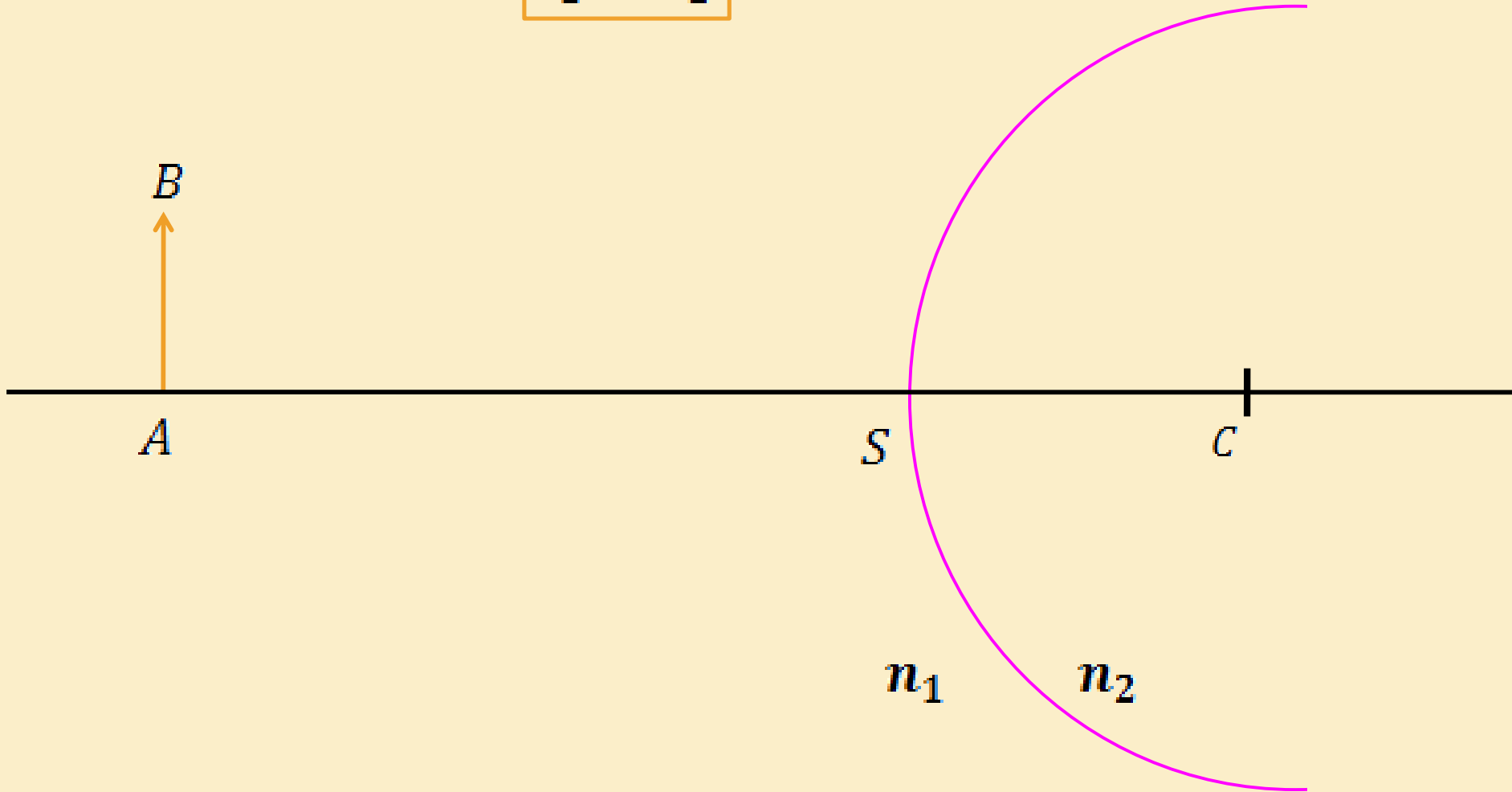
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 < n_2$



➤ L' objet  $AB$  est le produit de l'intersection des rayons incidents

## 2. Dioptré Sphérique

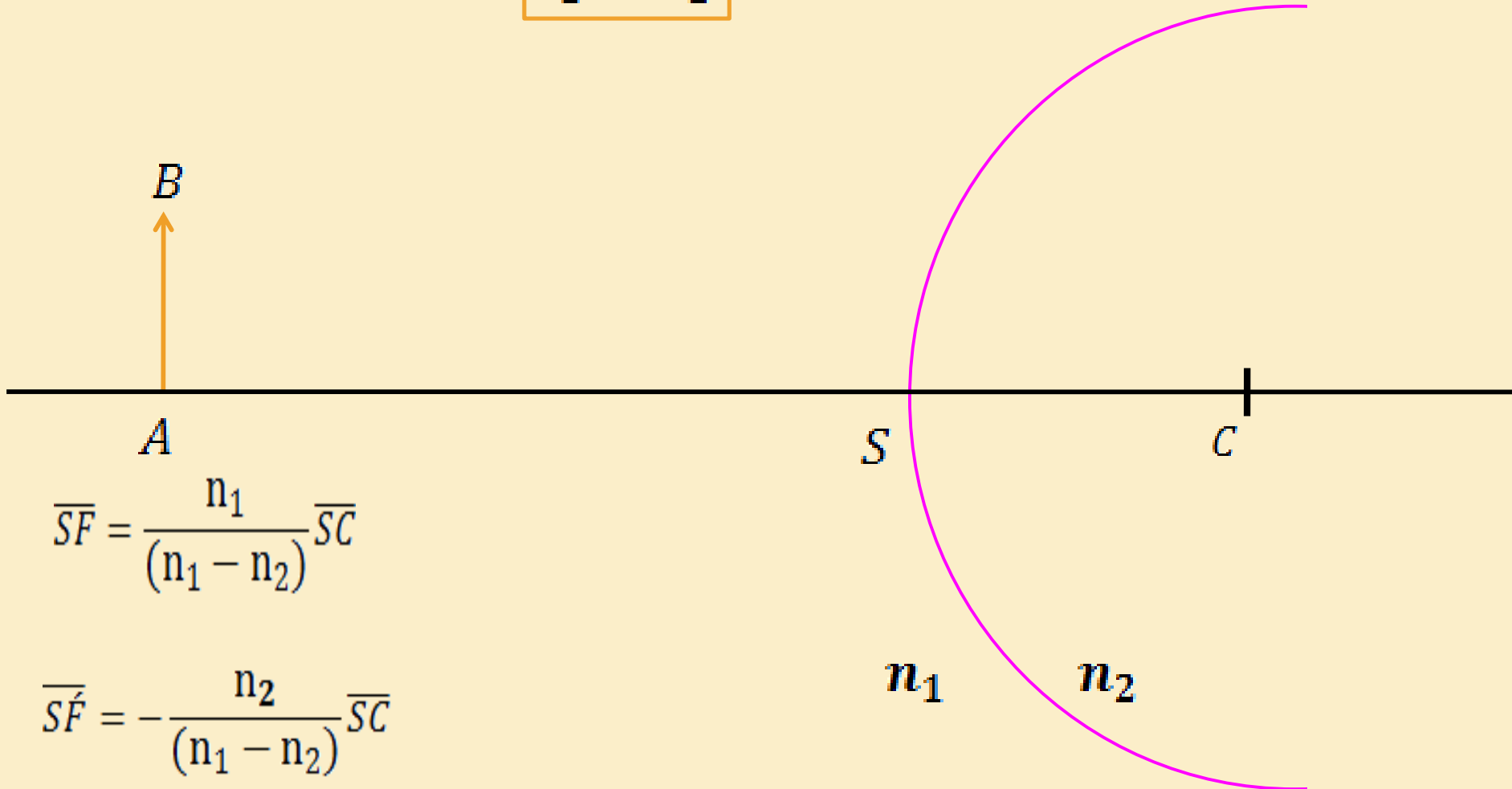
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 > n_2$



Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 > n_2$



$$\overline{SF} = \frac{n_1}{(n_1 - n_2)} \overline{SC}$$

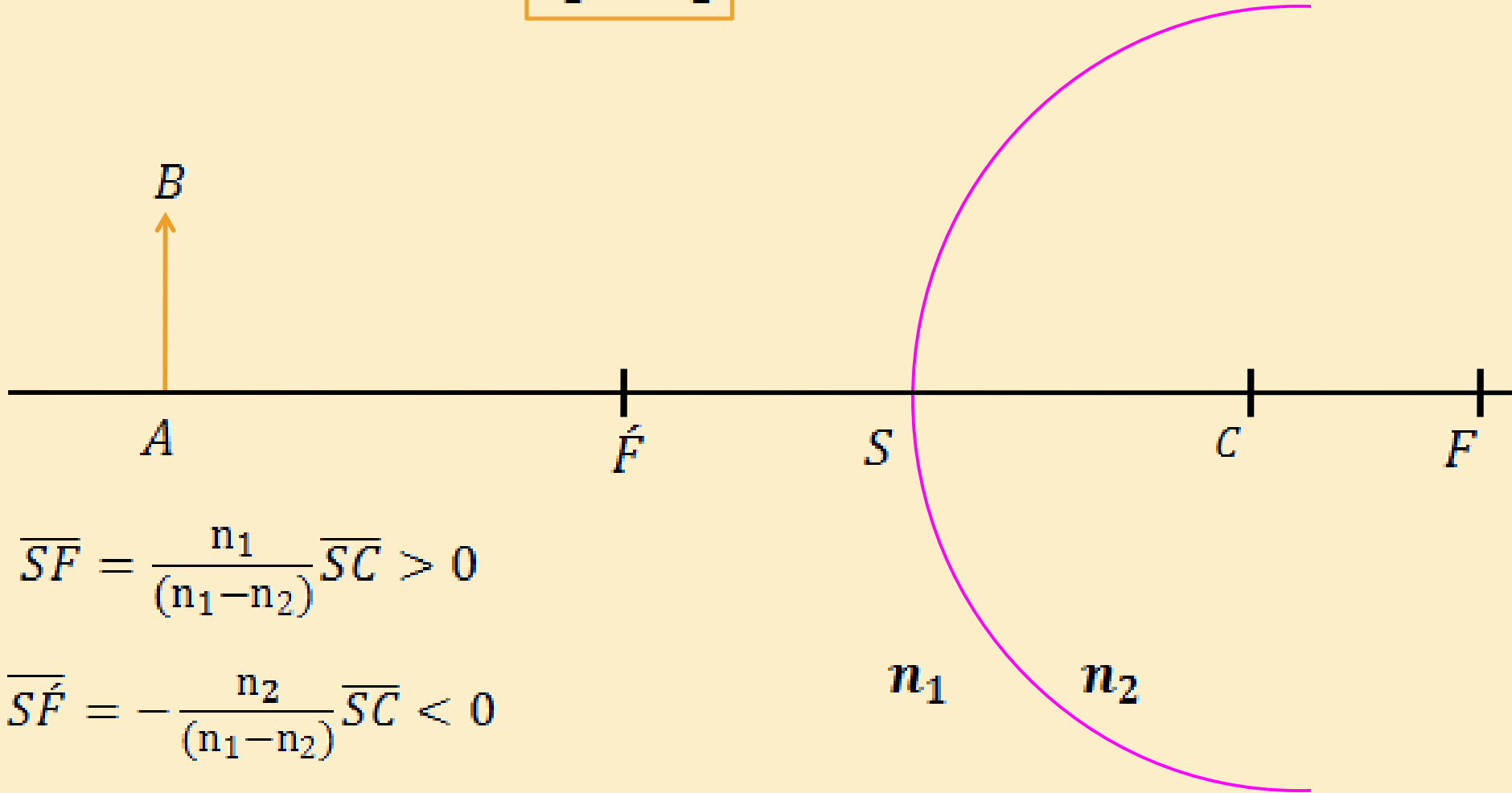
$$\overline{S\dot{F}} = -\frac{n_2}{(n_1 - n_2)} \overline{SC}$$



Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 > n_2$



$$\overline{SF} = \frac{n_1}{(n_1 - n_2)} \overline{SC} > 0$$

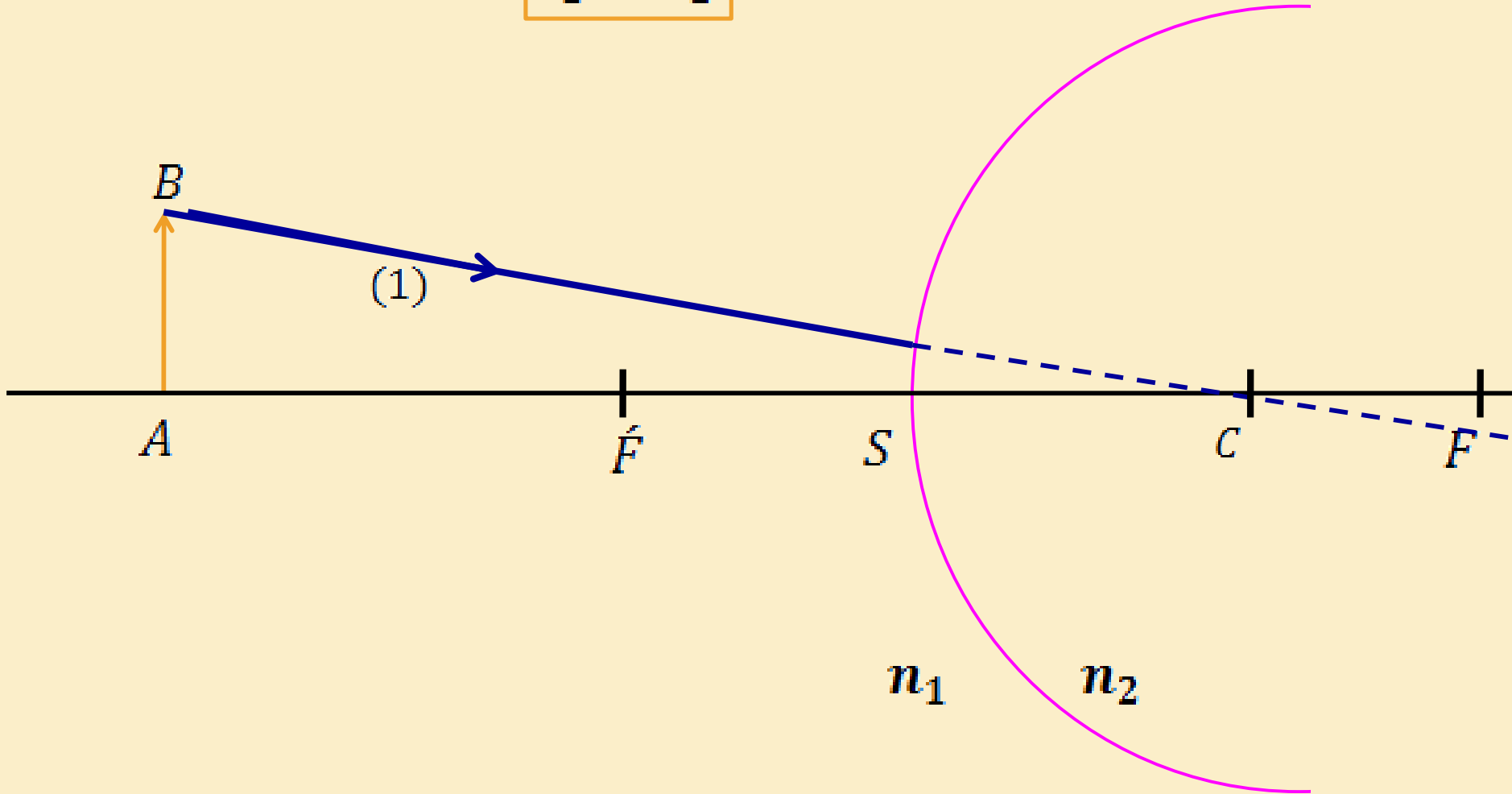
$$\overline{SF'} = -\frac{n_2}{(n_1 - n_2)} \overline{SC} < 0$$



Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

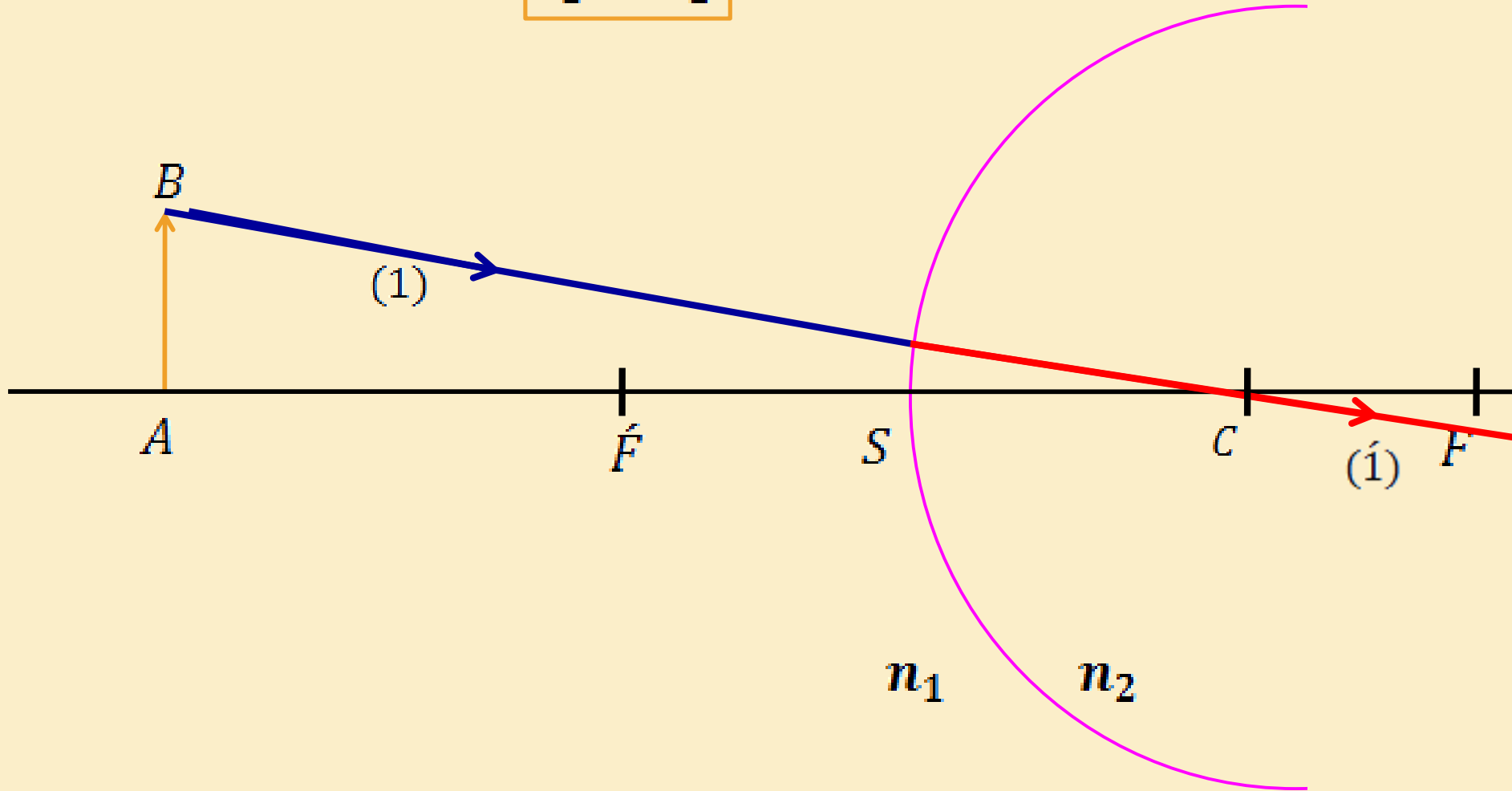
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 > n_2$



Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

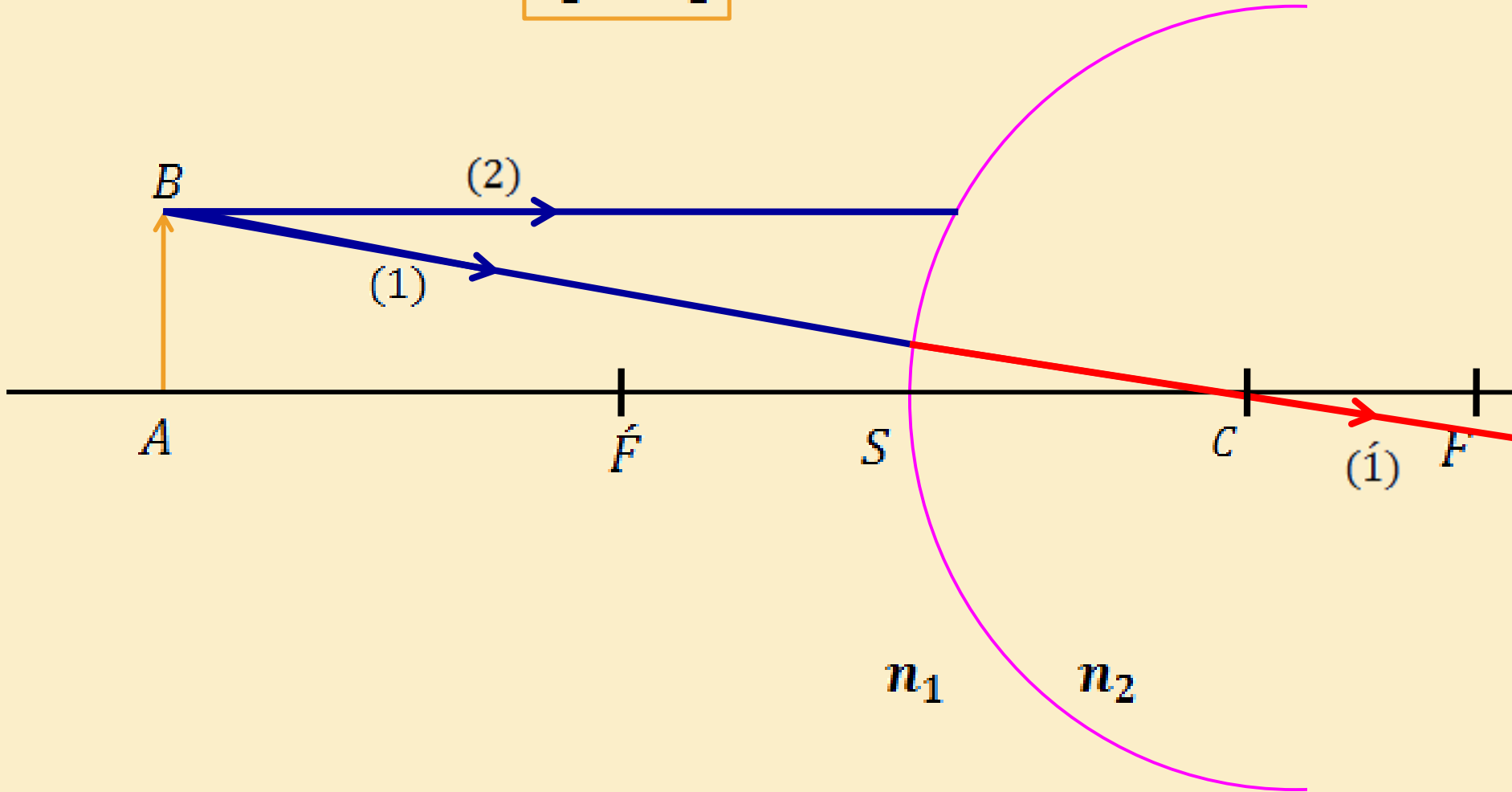
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 > n_2$



Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 > n_2$

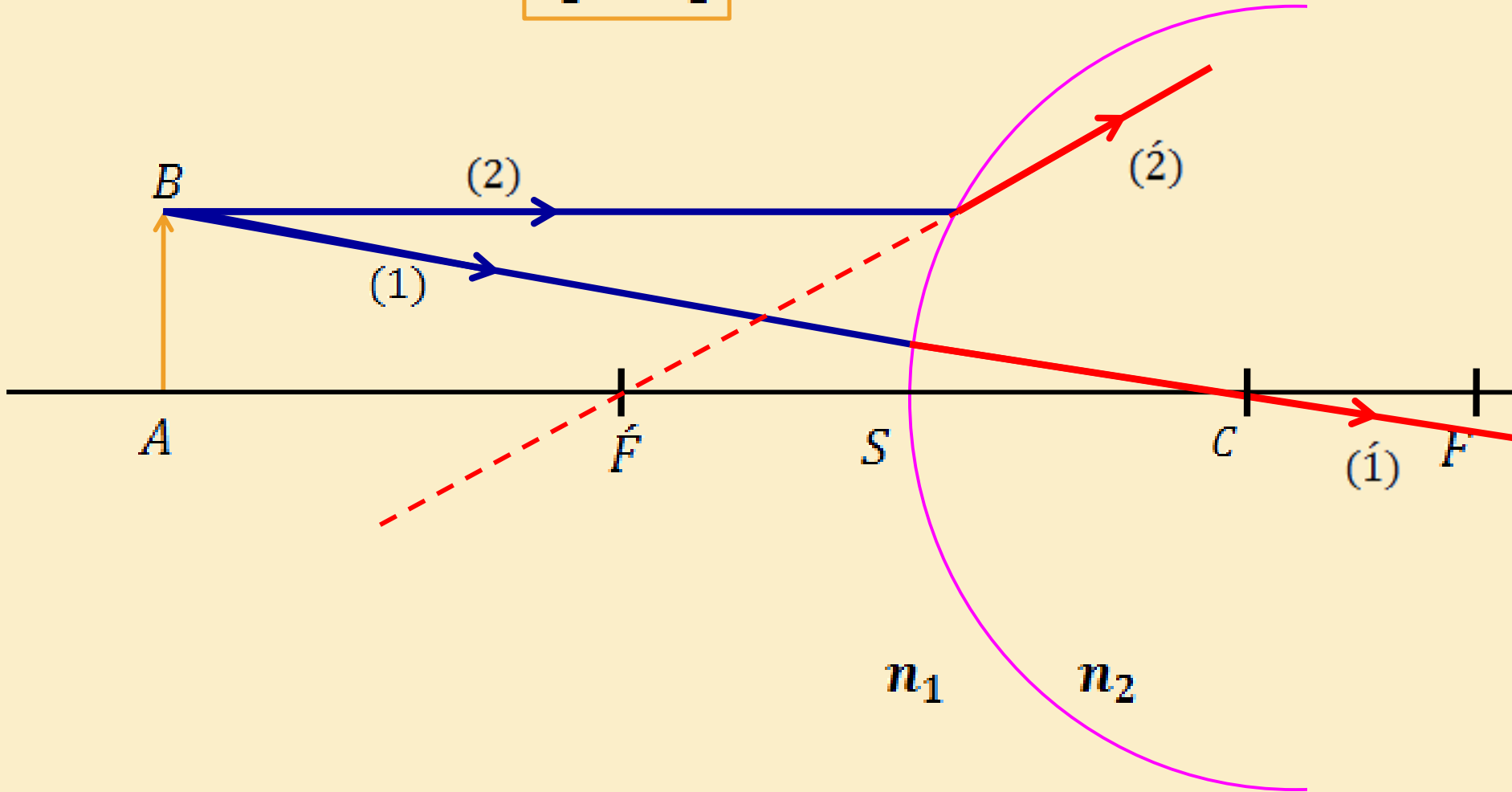


Phénomène de réfraction



## 2. Dioptré Sphérique

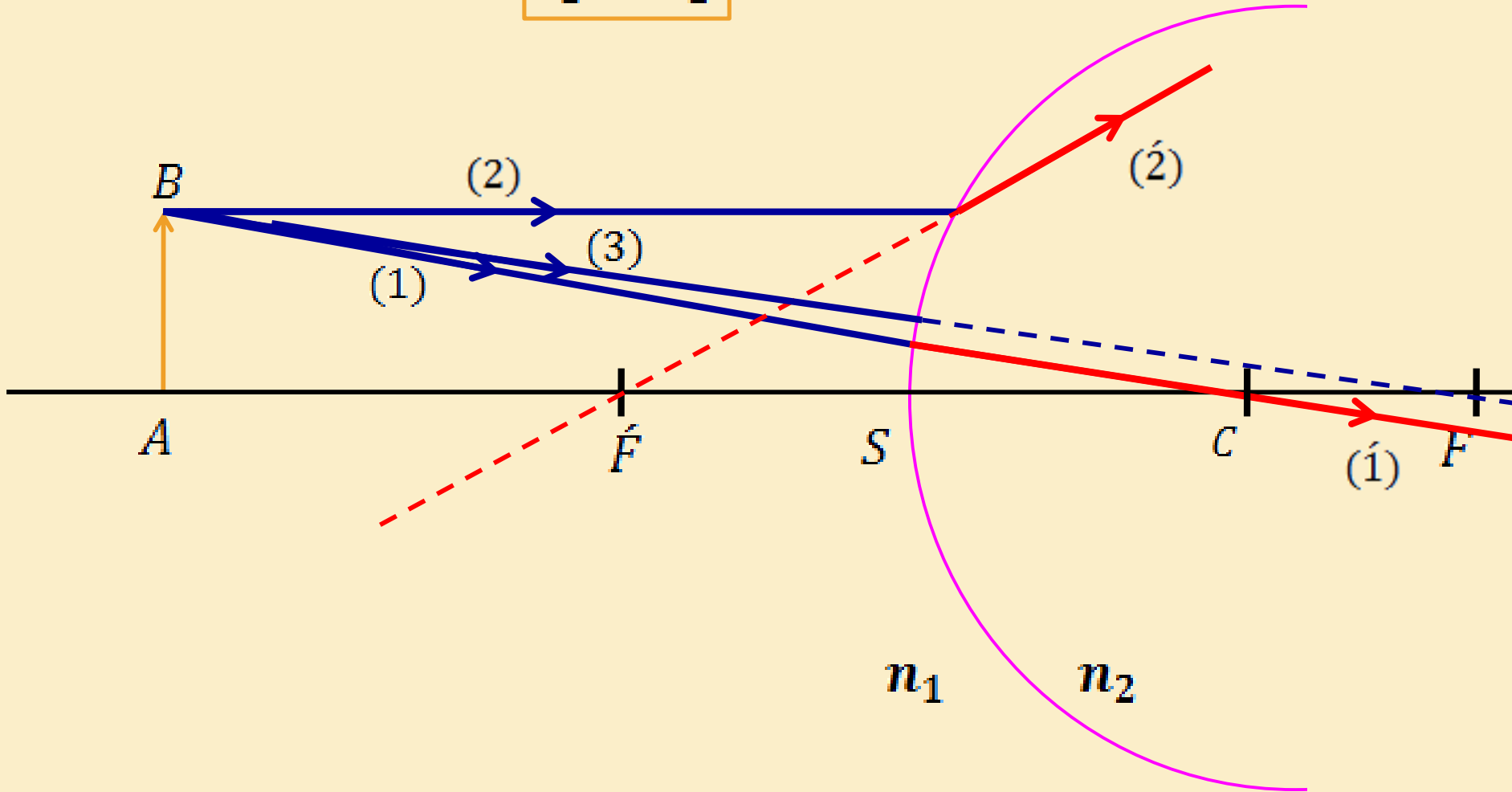
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 > n_2$



Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

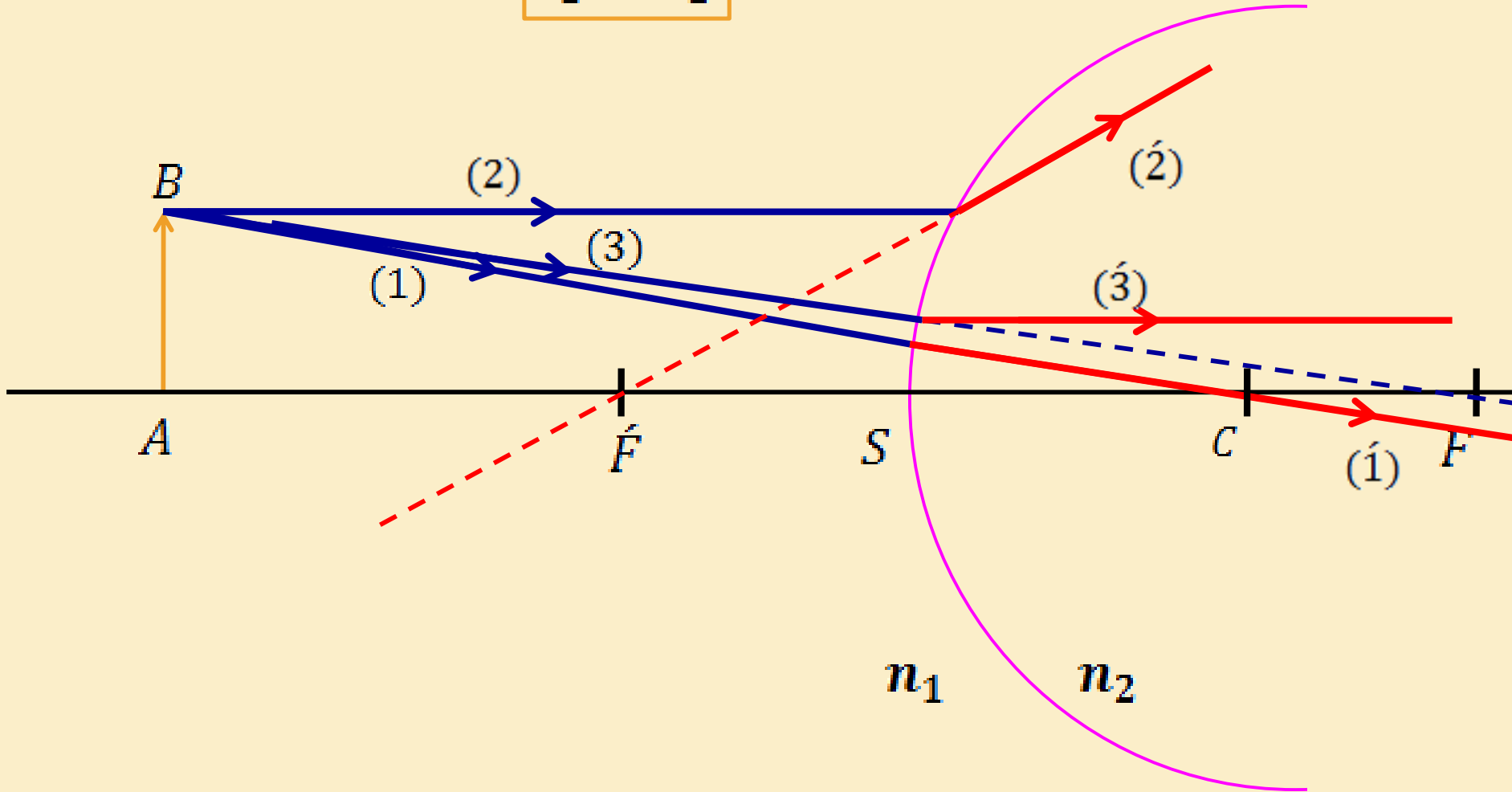
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 > n_2$



Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

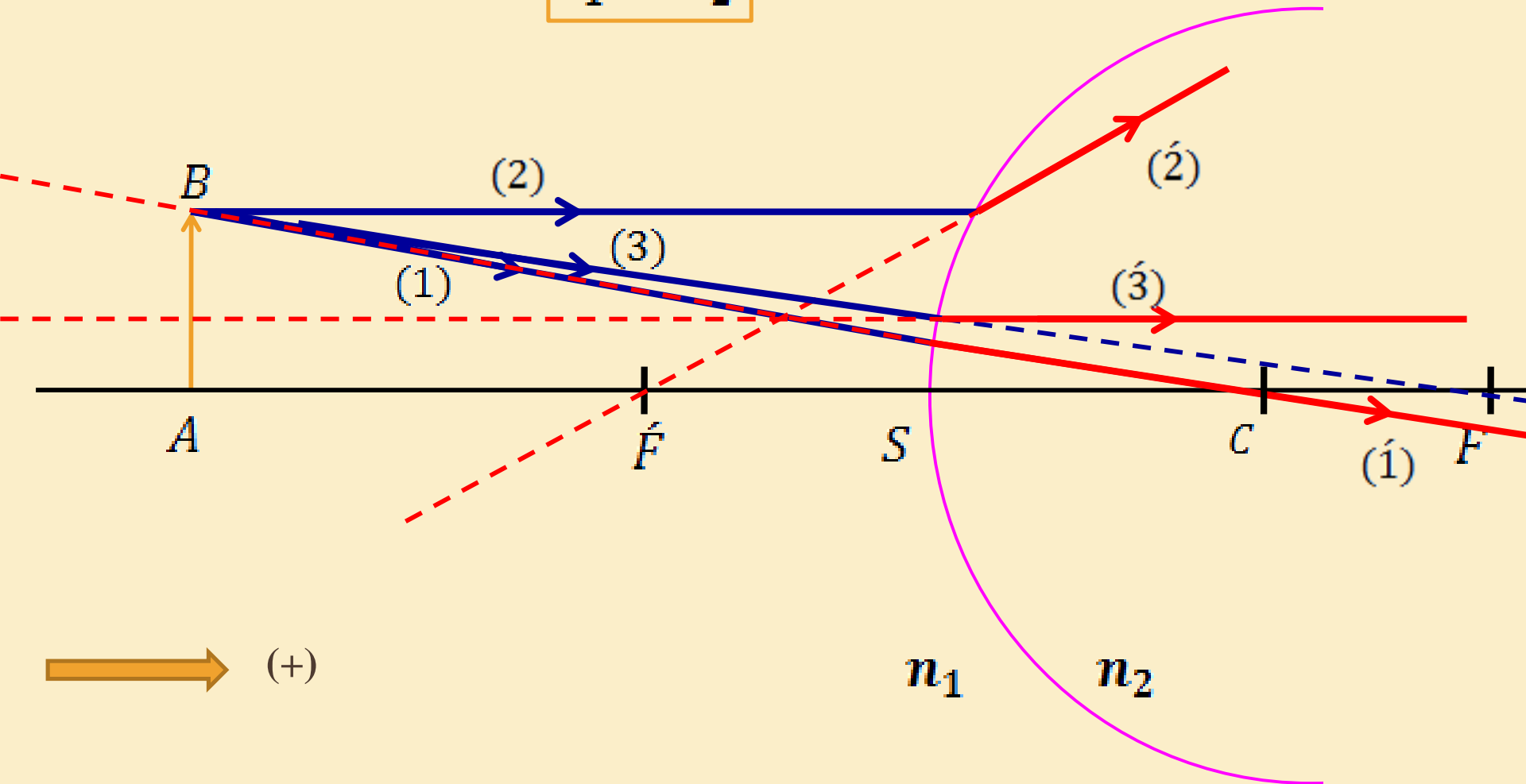
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 > n_2$



Phénomène de réfraction

## 2. Dioptré Sphérique

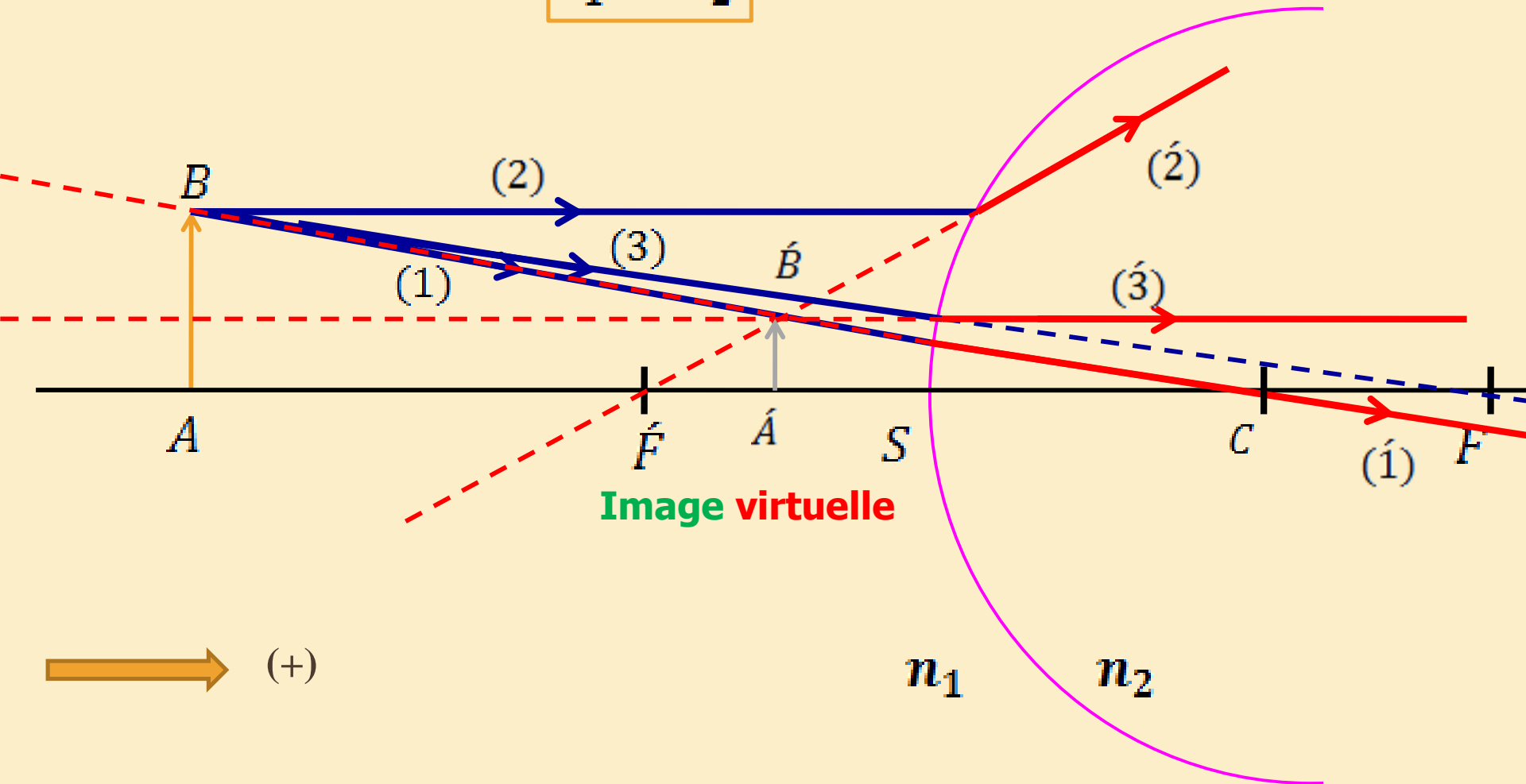
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 > n_2$



➤ L' image  $A'B'$  est le produit de l'intersection des **prolongements** des rayons réfractés.

## 2. Dioptre Sphérique

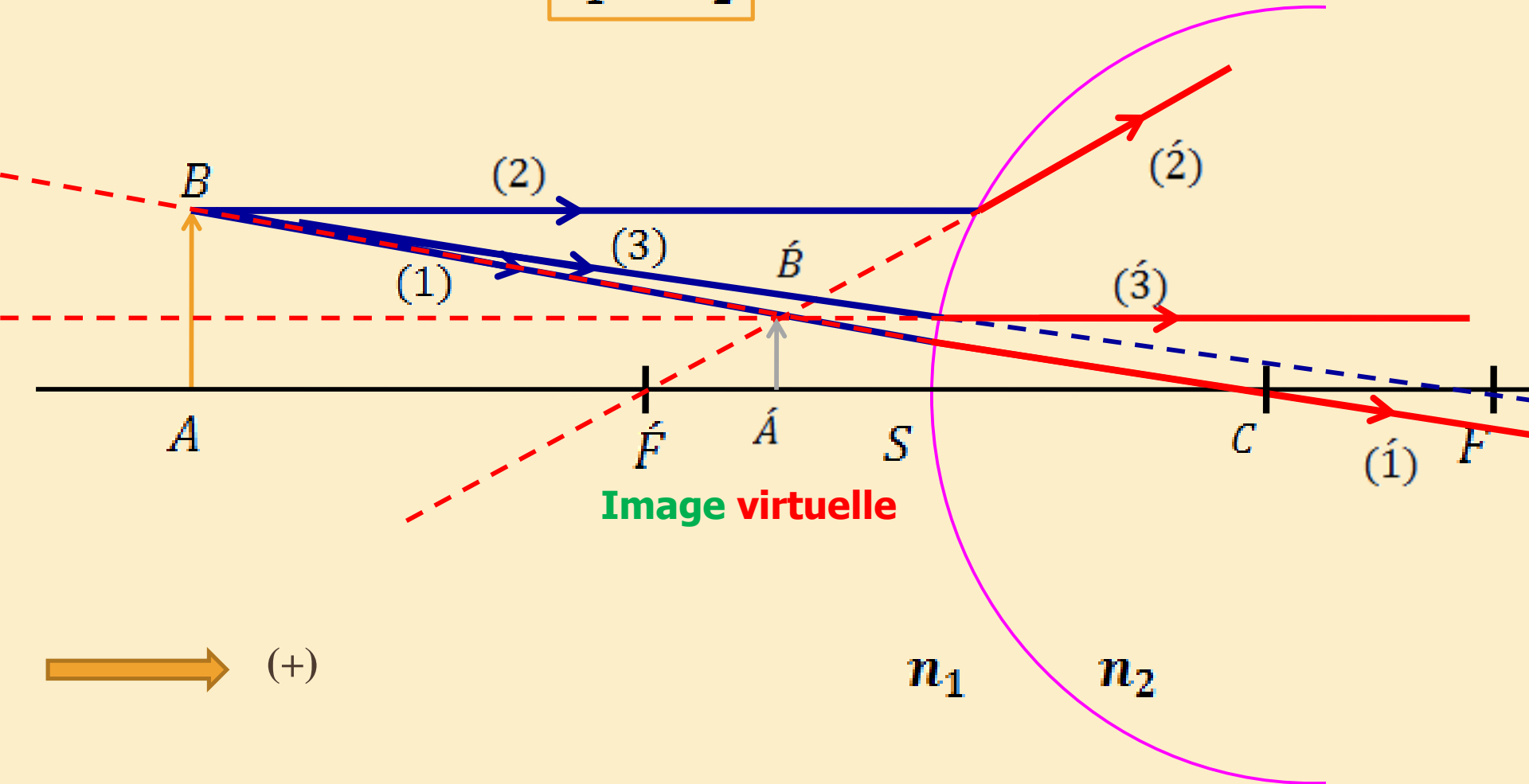
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 > n_2$



➤ L' image  $A'B'$  est le produit de l'intersection des **prolongements des rayons réfractés**.

## 2. Dioptre Sphérique

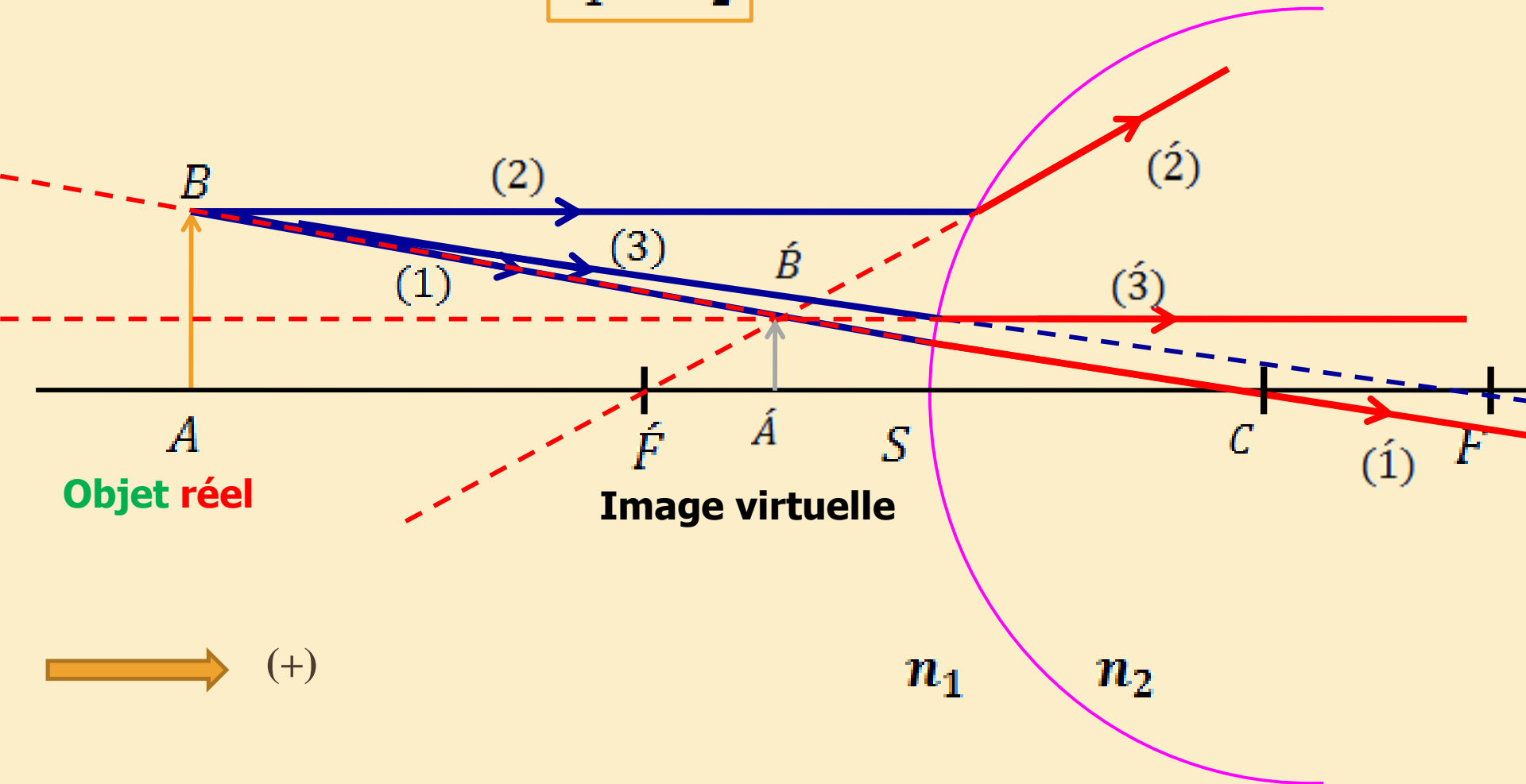
❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 > n_2$



➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  virtuelle, droite et réduite.

## 2. Dioptre Sphérique

❖ Convexe:  $\overline{SC} > 0$   $n_1 > n_2$



➤ L'objet  $AB$  est le produit de l'intersection des rayons incidents

# Remarque

✓ **Dioptre Sphérique**



**Convergent:  $\overline{SF} > 0$**



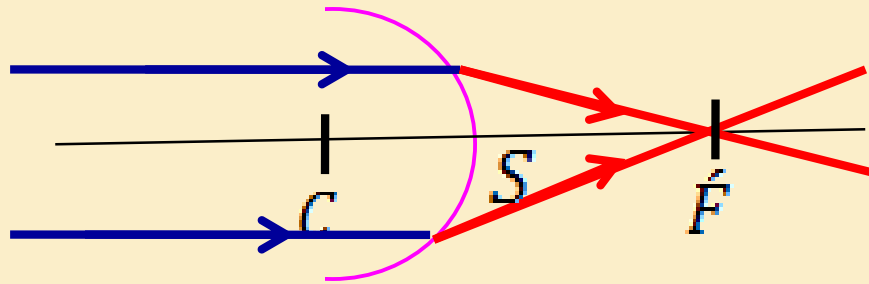
# Remarque

✓ Dioptre Sphérique



Convergent:  $\overline{SF} > 0$

▪ Dioptre concave :  $\overline{SC} < 0$



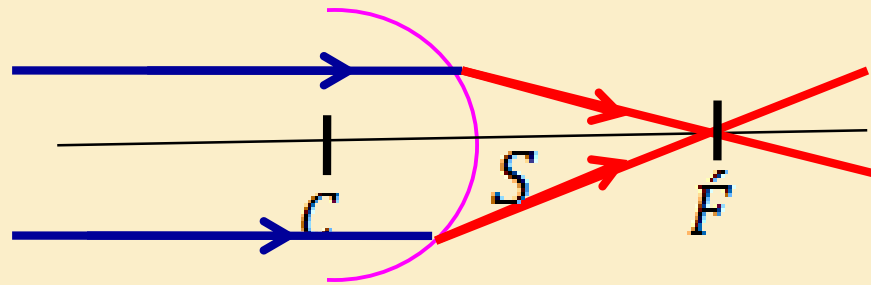
# Remarque

✓ Dioptre Sphérique

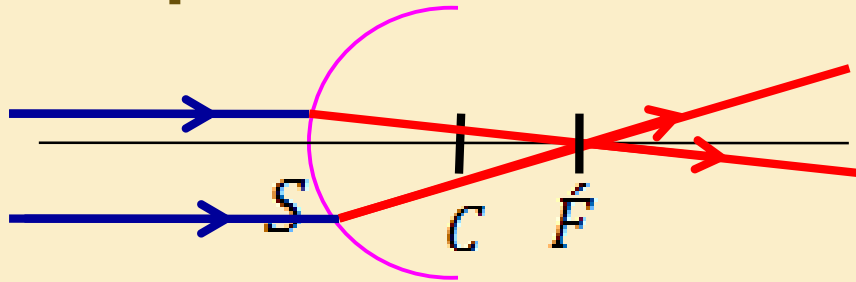


Convergent:  $\overline{SF} > 0$

▪ Dioptre concave :  $\overline{SC} < 0$



▪ Dioptre convexe :  $\overline{SC} > 0$



# Remarque

✓ **Dioptre Sphérique**



**Divergent:  $\overline{SF} < 0$**

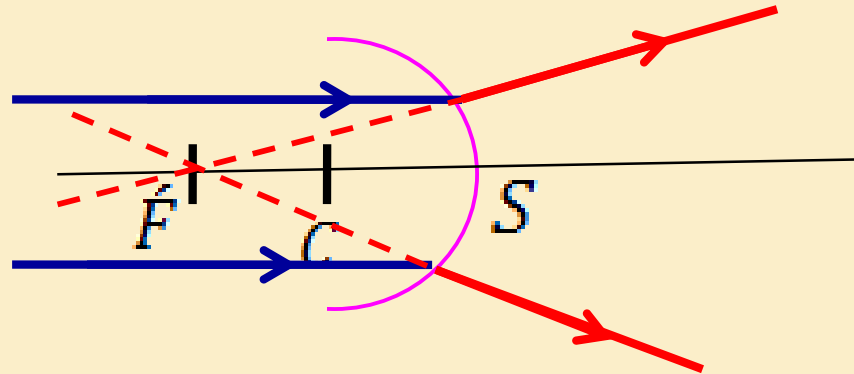
# Remarque

✓ Dioptre Sphérique



Divergent:  $\overline{SF} < 0$

▪ Dioptre concave :  $\overline{SC} < 0$



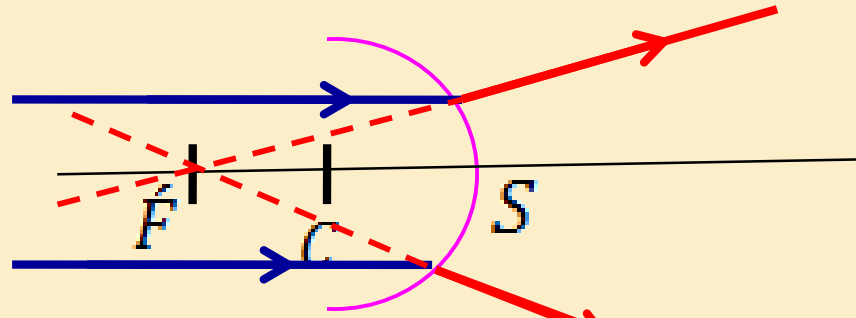
# Remarque

✓ **Dioptre Sphérique**

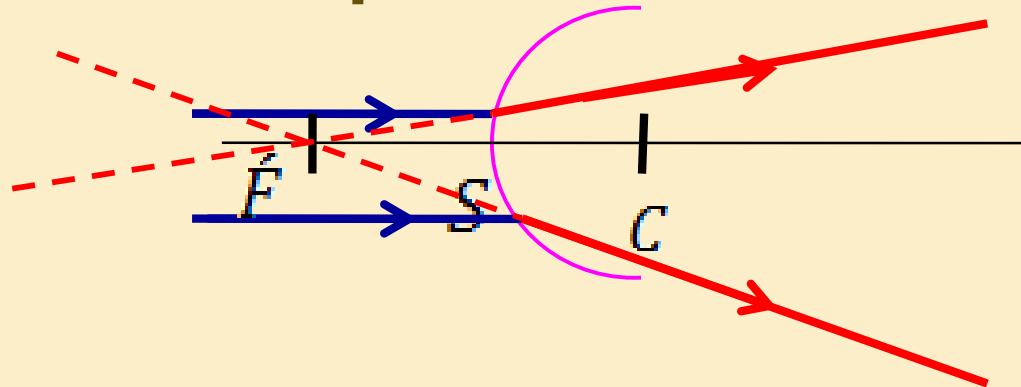


**Divergent:  $\overline{SF} < 0$**

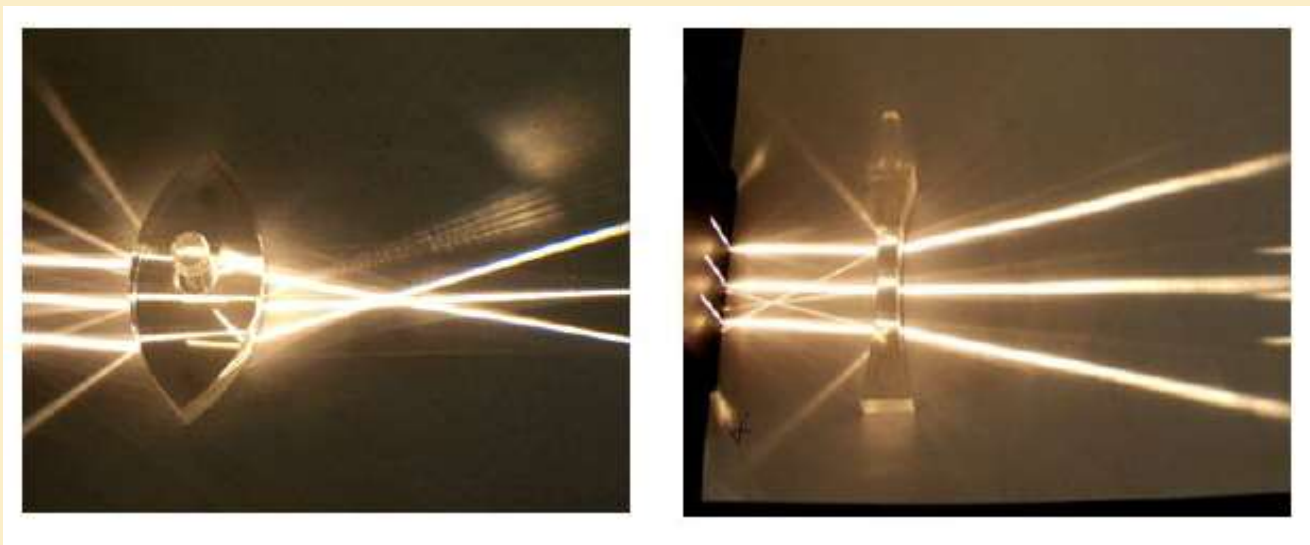
▪ **Dioptre concave :  $\overline{SC} < 0$**



▪ **Dioptre convexe :  $\overline{SC} > 0$**



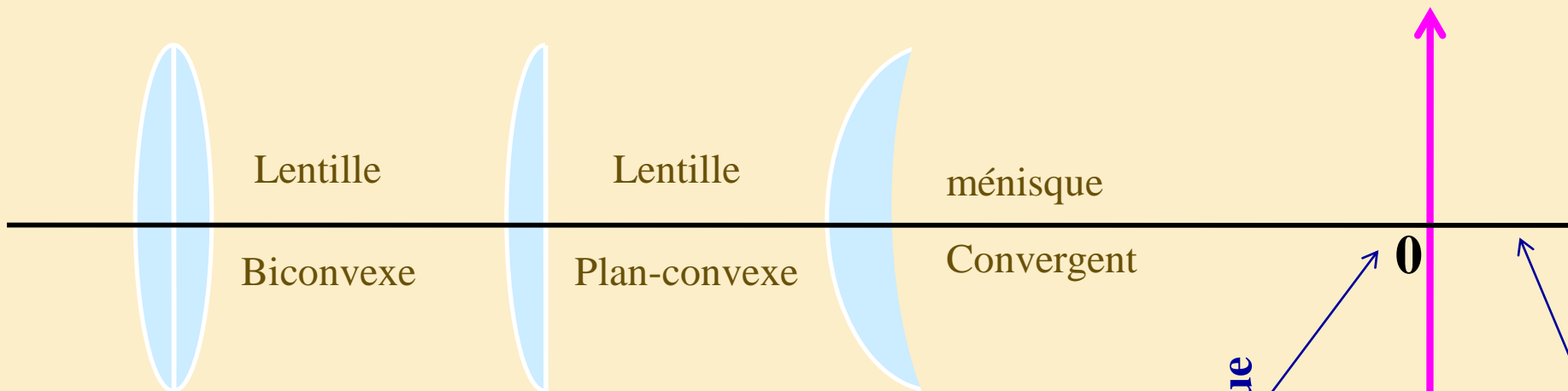
# Lentilles minces



- **Lentille:** Association de deux dioptries dont l'un au moins est de forme sphérique.

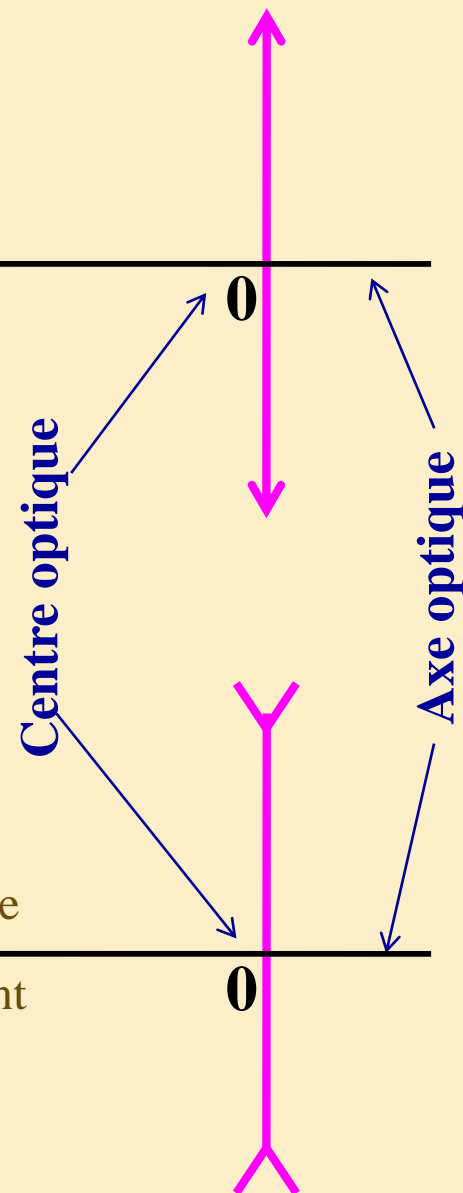
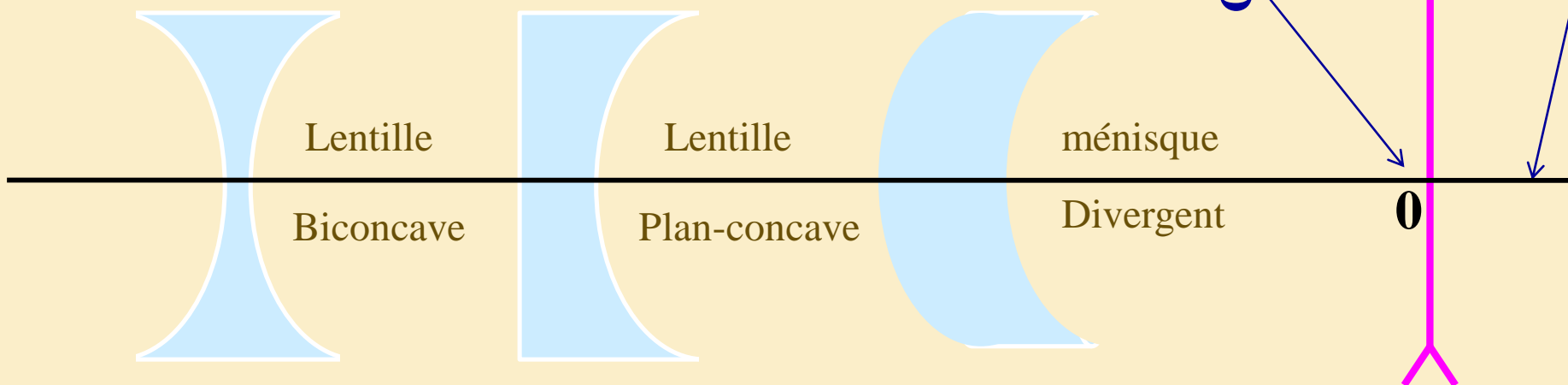
# ❖ Lentilles Convergentes: L.C

(Les bords de la lentilles sont fins)



# ❖ Lentilles Divergentes: L.D

(Les bords de la lentilles sont épais)



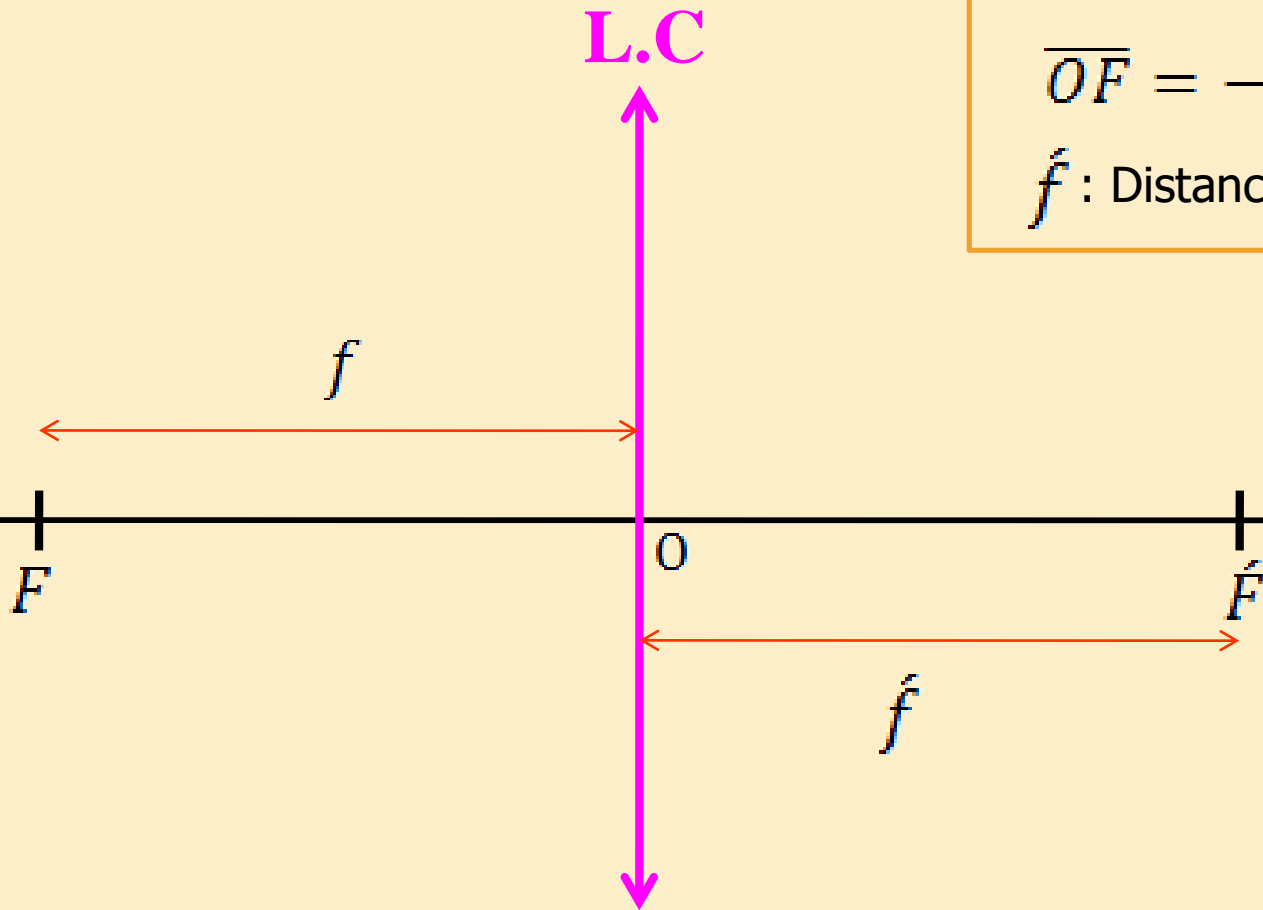


- **Lentille:** Association de deux dioptries dont l'un au moins est de forme sphérique.
- **Une lentille** est dite **mince** si son épaisseur est négligeable devant les rayons de courbure de ses faces.

# Lentille Convergente: $f > 0$

$$\overline{OF} = -\overline{OF'}$$

$f$  : Distance focale

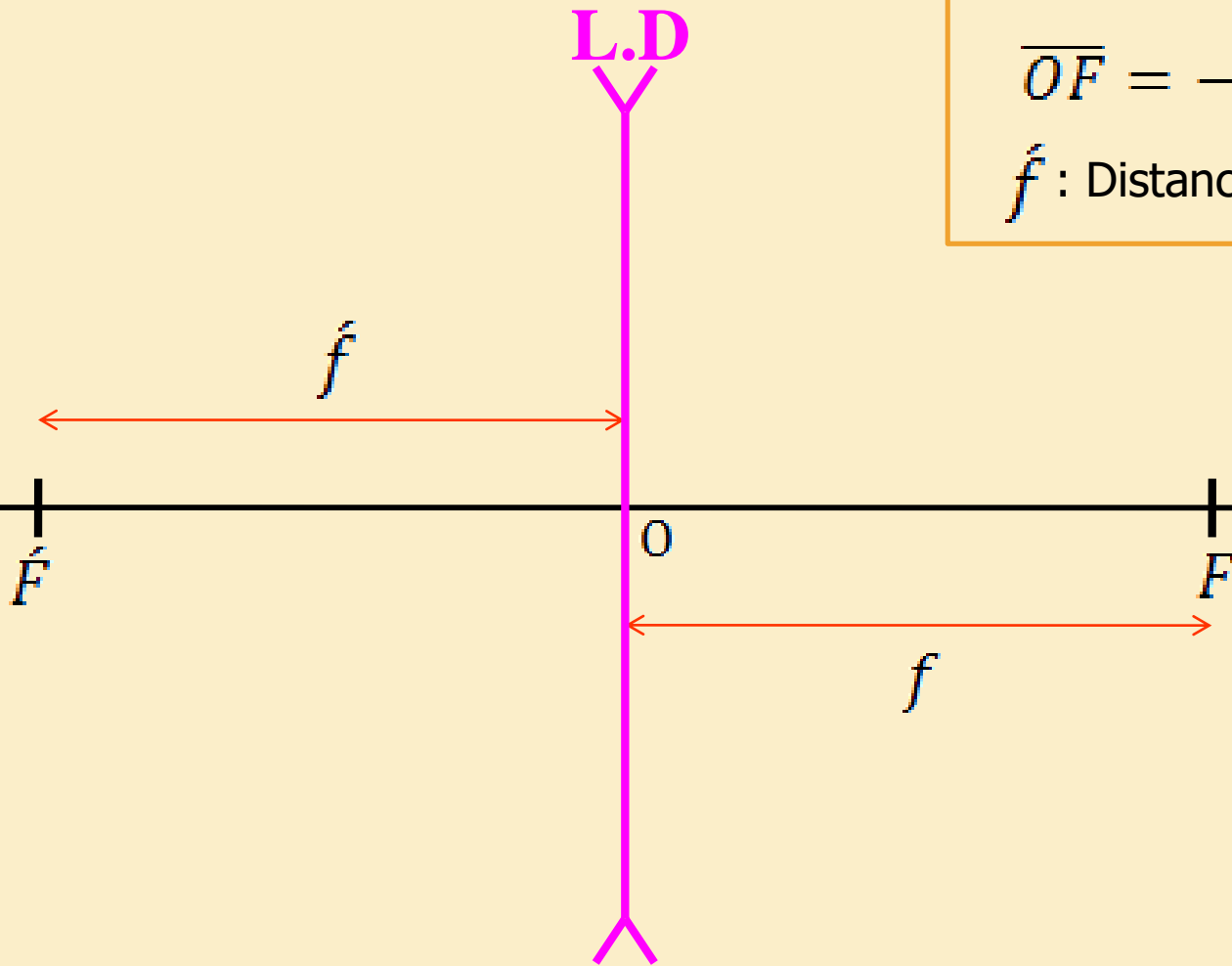


Phénomène de réfraction

# Lentille Divergente: $\hat{f} < 0$

$$\overline{OF} = -\overline{O\hat{F}}$$

$\hat{f}$  : Distance focale



Phénomène de réfraction

# Lentilles

## ❖ La formule de conjugaison

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\hat{f}}$$

(\*)

$\overline{OA}$  : Position de l'objet

$\overline{OA'}$  : Position de l'image

$\hat{f}$  : Distance focale

# Lentilles

## ❖ La formule de conjugaison

$$\frac{1}{\overline{O\acute{A}}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\acute{f}}$$

(\*)

$\overline{OA}$  : Position de l'objet

$\overline{O\acute{A}}$  : Position de l'image

$\acute{f}$  : Distance focale

## ❖ Le grandissement $\gamma$

$$\gamma = \frac{\overline{\acute{A}\acute{B}}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O\acute{A}}}{\overline{OA}}$$

$\overline{AB}$  : Taille de l'objet

$\overline{\acute{A}\acute{B}}$  : Taille de l'image

- $\gamma > 0$  : image droite
- $\gamma < 0$  : image renversée
- $|\gamma| < 1$  : image réduite
- $|\gamma| > 1$  : image agrandie

# Lentilles

## ❖ La formule de conjugaison

$$\frac{1}{\overline{O\acute{A}}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\acute{f}}$$

(\*)

$\overline{OA}$  : Position de l'objet

$\overline{O\acute{A}}$  : Position de l'image

$\acute{f}$  : Distance focale

## ❖ Le grandissement $\gamma$

$$\gamma = \frac{\overline{\acute{A}\acute{B}}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O\acute{A}}}{\overline{OA}}$$

$\overline{AB}$  : Taille de l'objet

$\overline{\acute{A}\acute{B}}$  : Taille de l'image

- $\gamma > 0$  : image droite
- $\gamma < 0$  : image renversée
- $|\gamma| < 1$  : image réduite
- $|\gamma| > 1$  : image agrandie

# Lentilles

❖ **Foyer Objet** : c'est la position de l'objet pour que l'image soit à  $\infty$

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{SA} \rightarrow \overline{SF} \\ \overline{SA'} \rightarrow \infty \end{array} \right.$$

❖ **Foyer image** : c'est la position de l'image lorsque que l'objet est à  $\infty$

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{SA'} \rightarrow \overline{SF'} \\ \overline{SA} \rightarrow \infty \end{array} \right.$$

On trouve  $\overline{OF} = -\overline{OF'}$   $\longrightarrow$   $f = -f'$

❖ **Vergence** (Dans un système optique plongé dans l'air ou le vide)

$$C = \frac{1}{f}$$

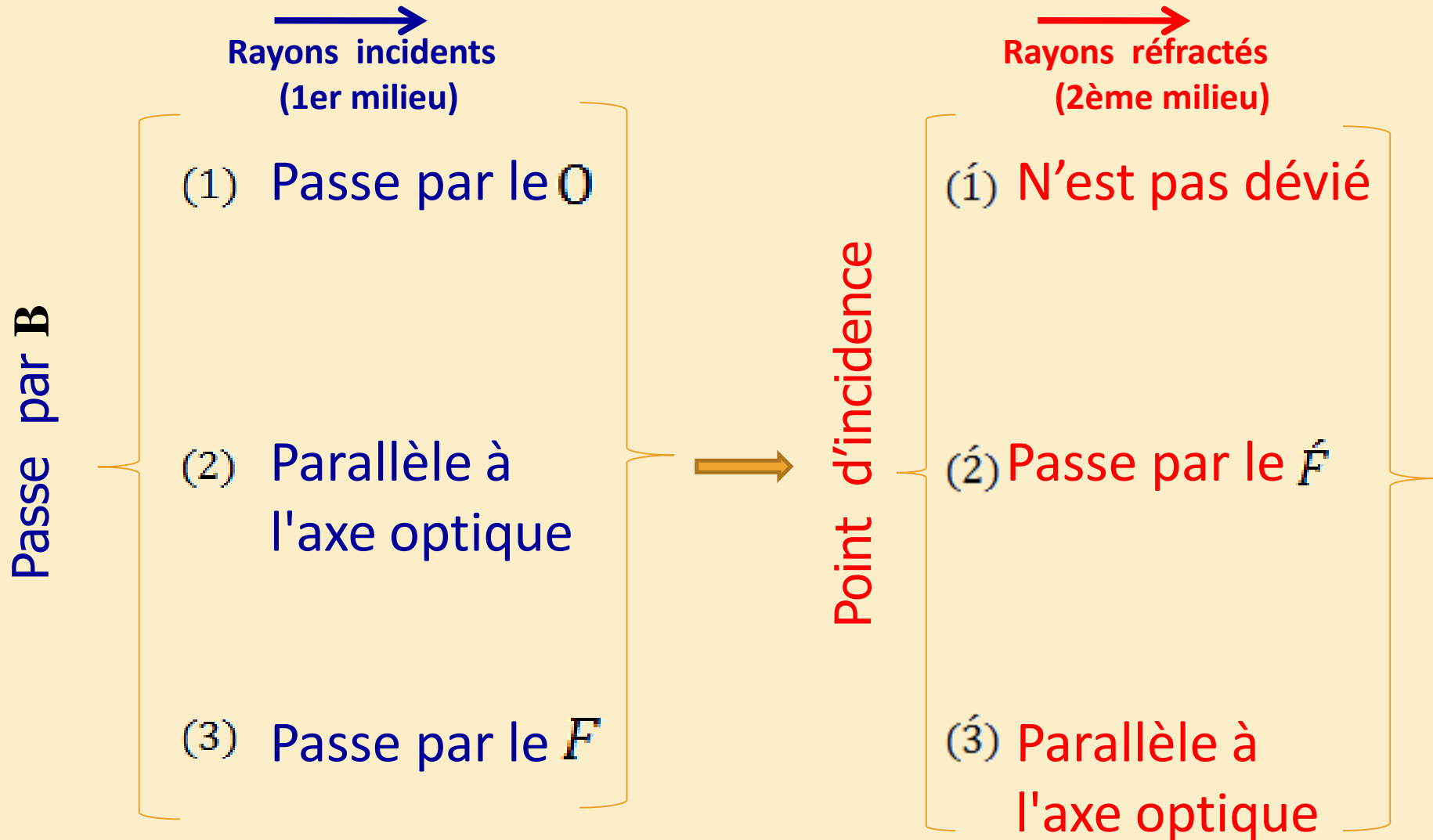
Unité :

• C en **Dioptries** :  $\delta$

$$1\delta = m^{-1}$$

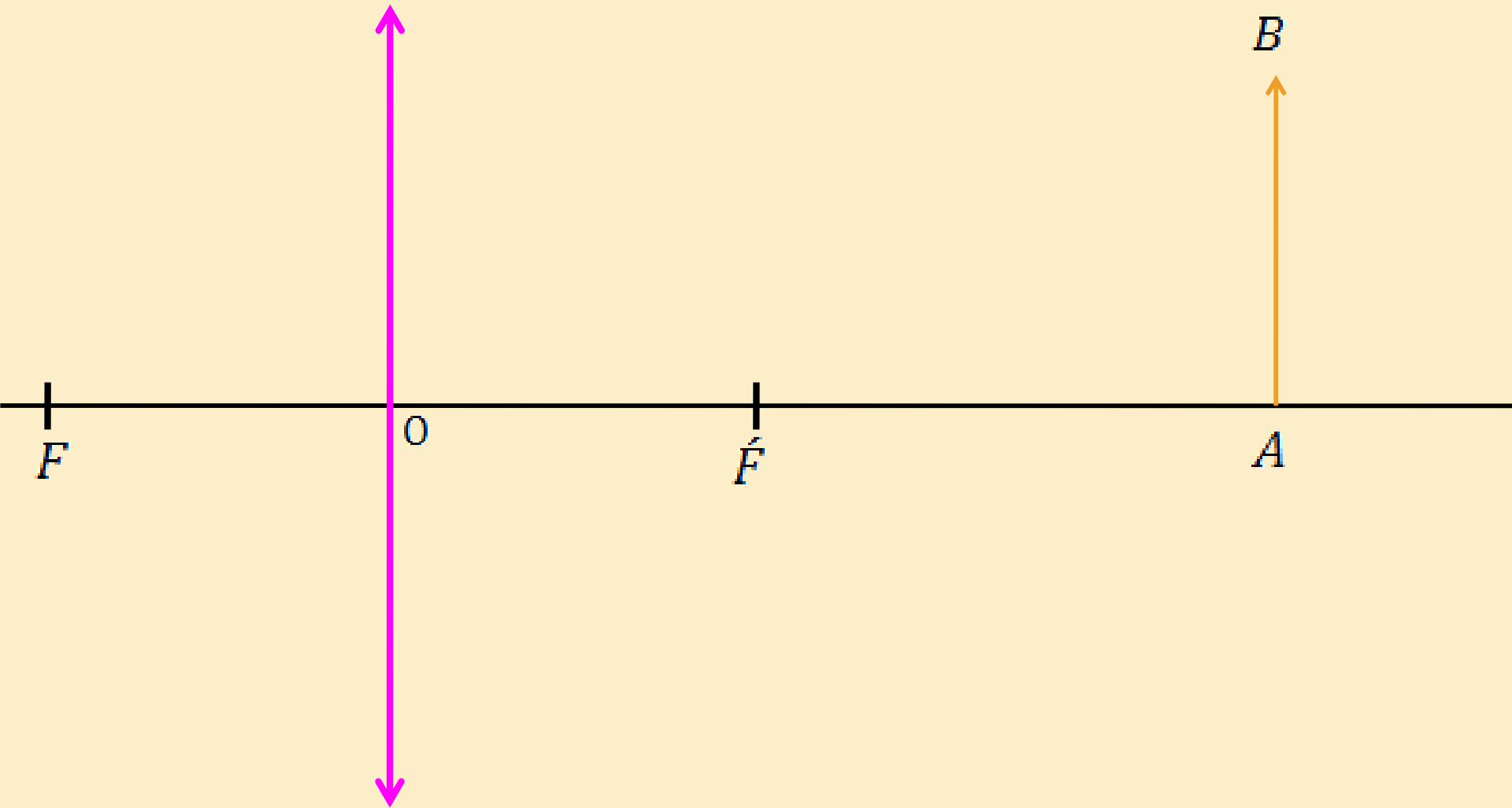
# Lentilles

❖ Pour construire l'image d'un objet on utilise les trois rayons



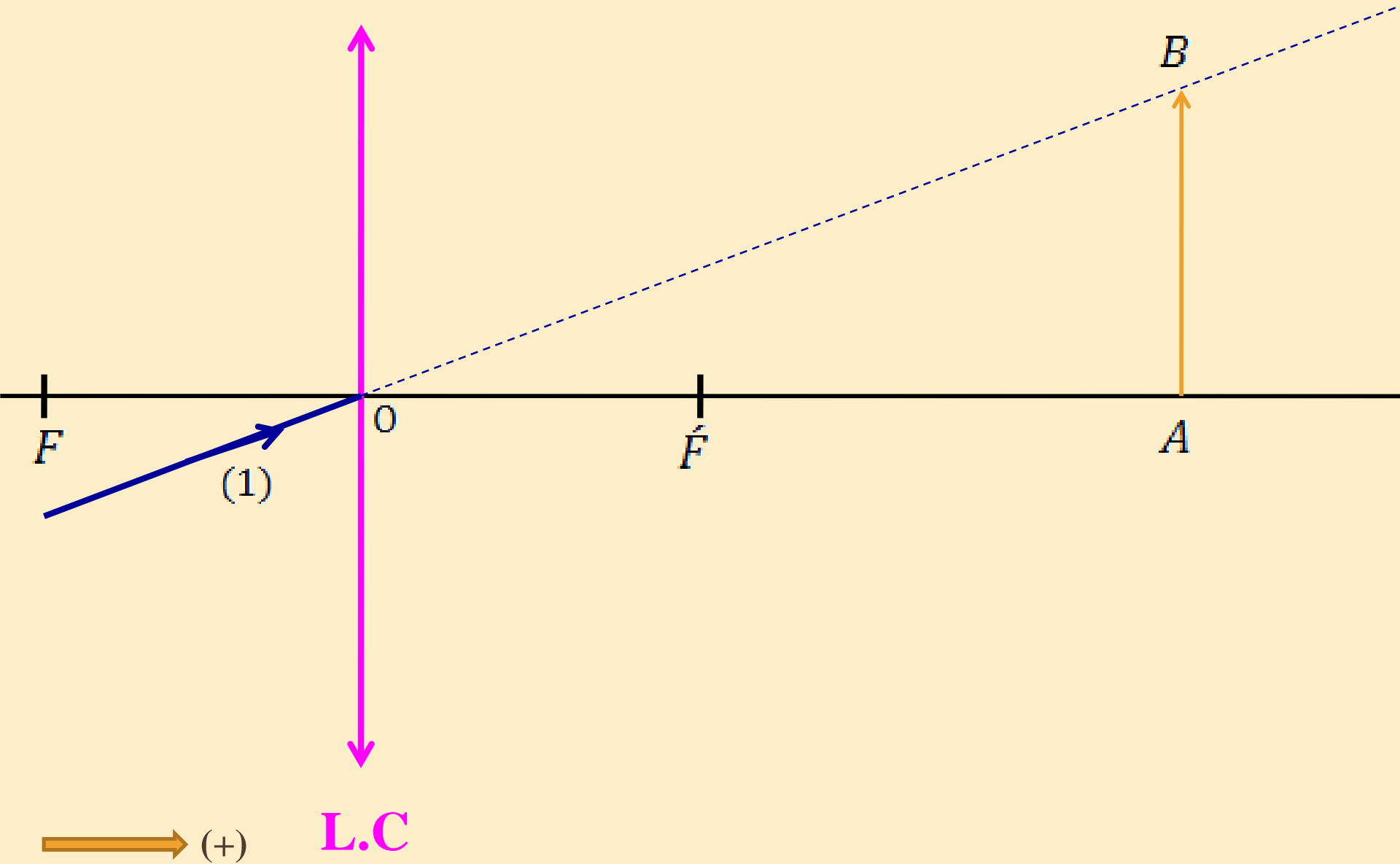


# Lentille Convergente: $f > 0$

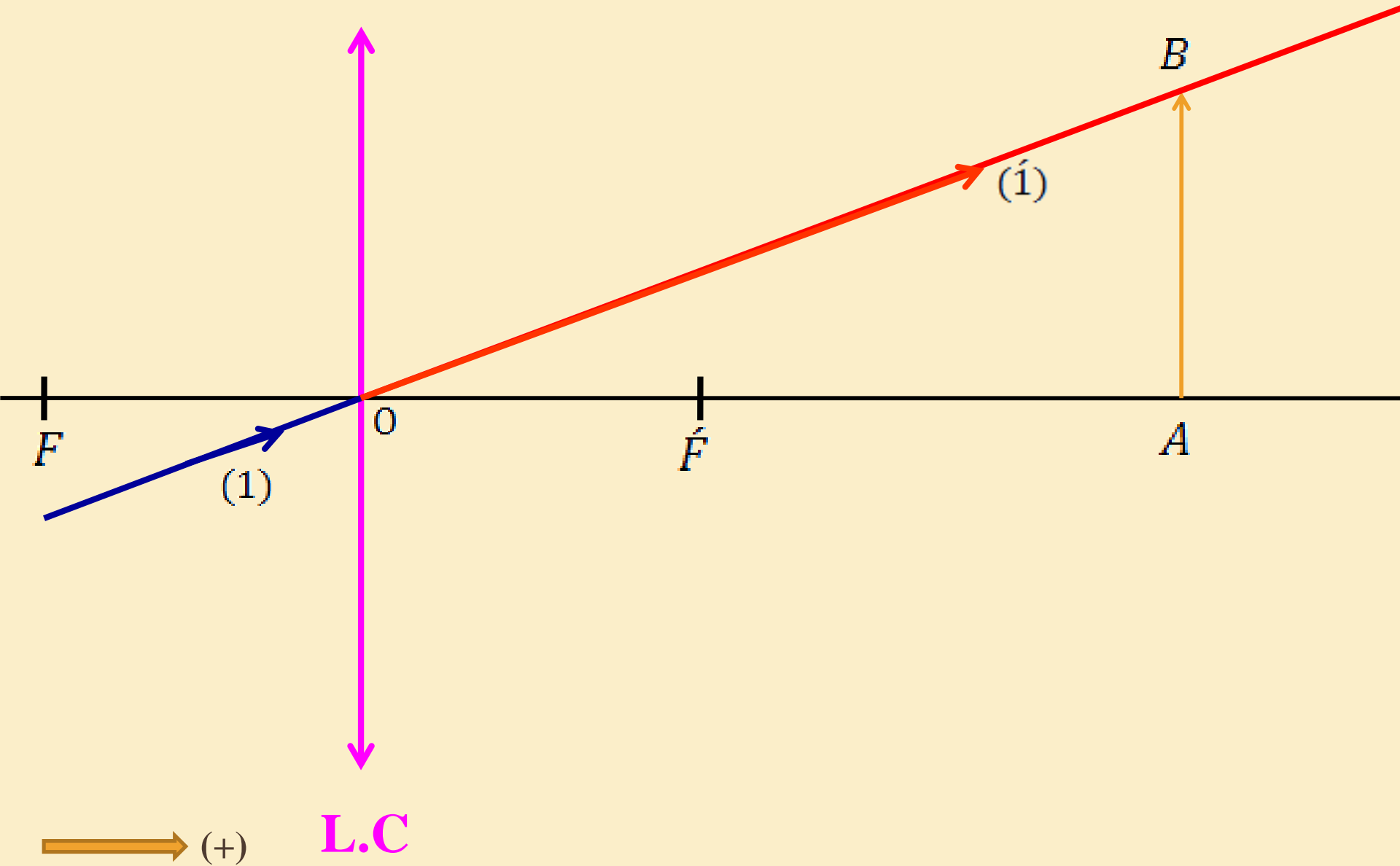


Phénomène de réfraction

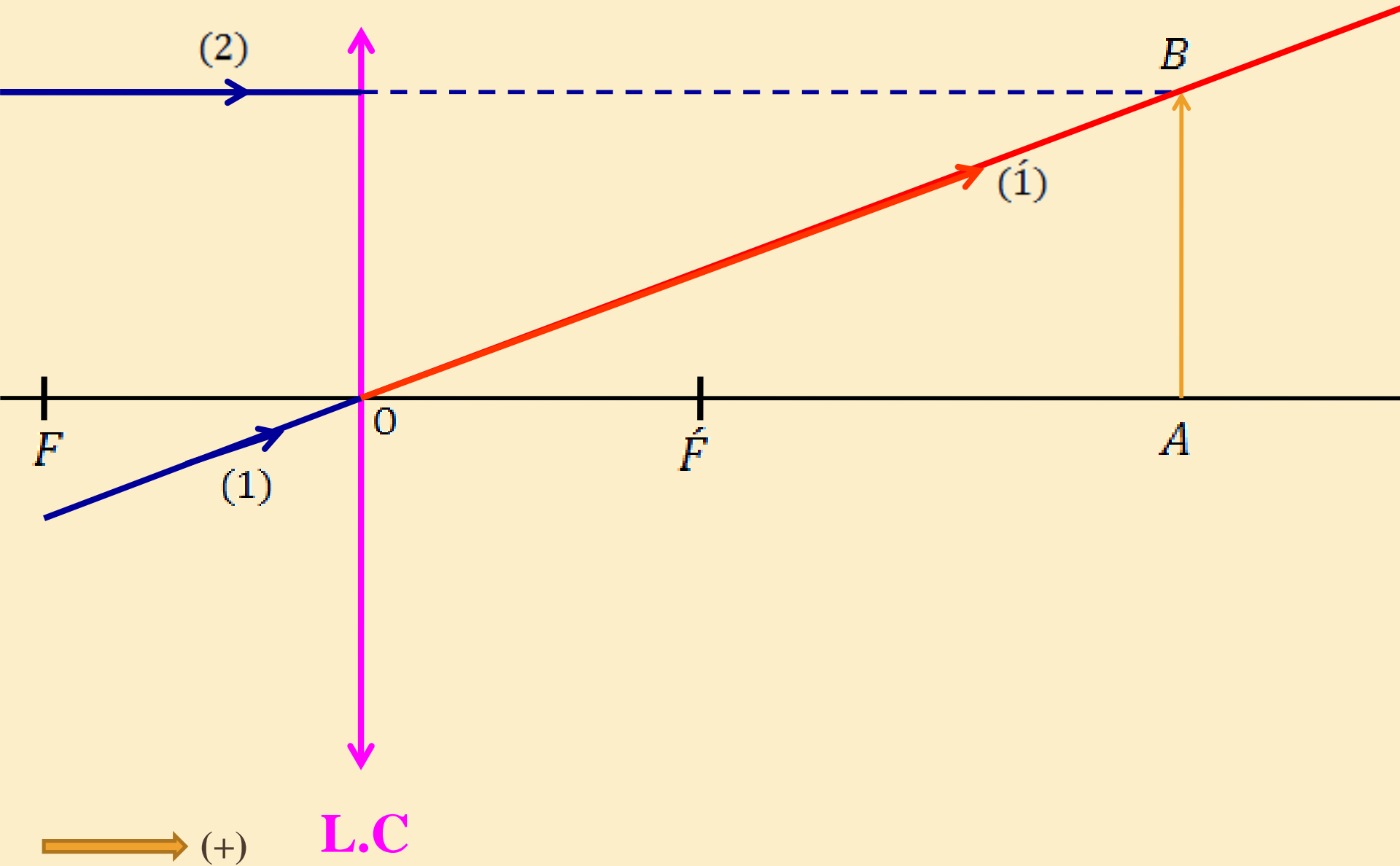
# Lentille Convergente: $f > 0$



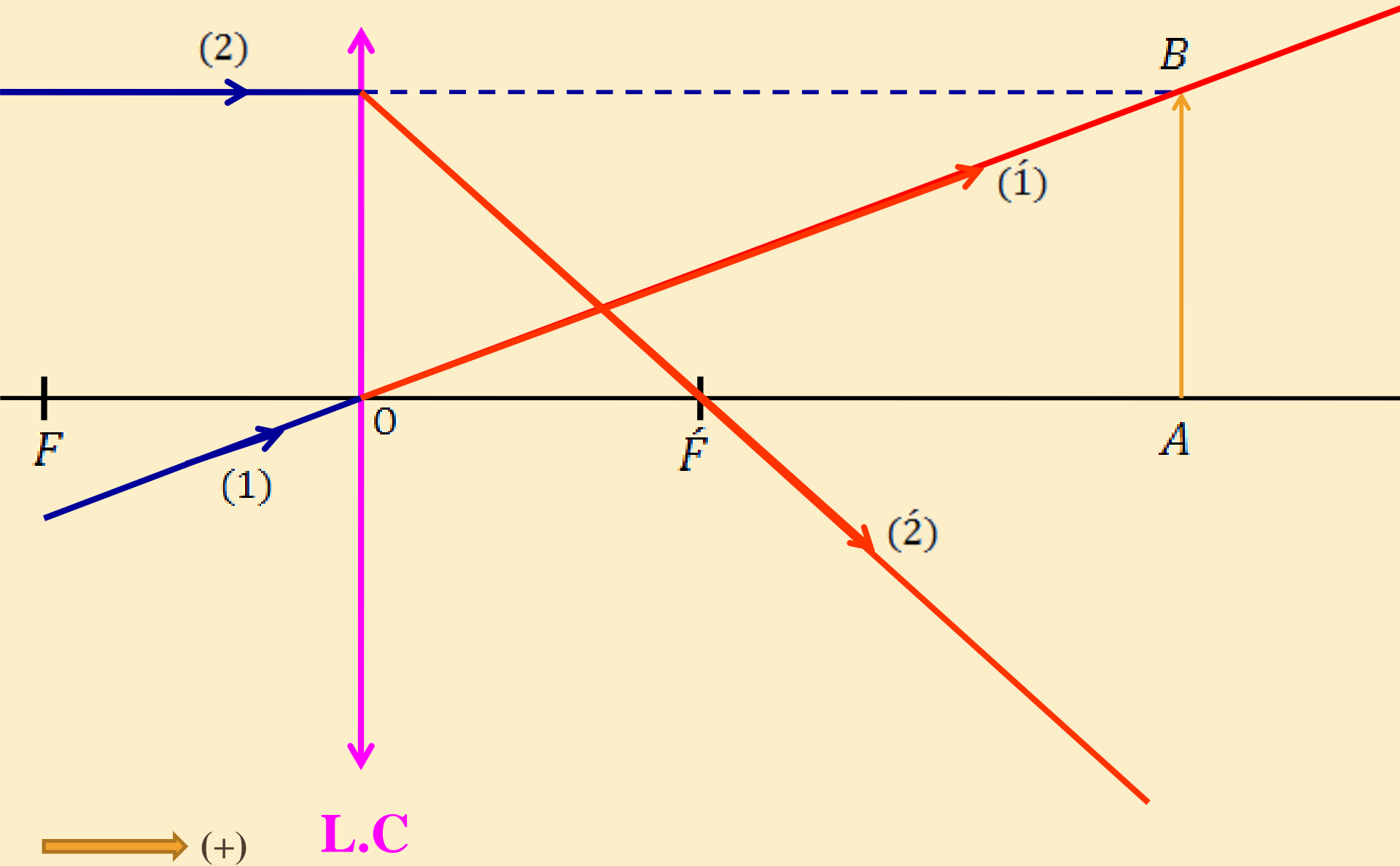
# Lentille Convergente: $f > 0$



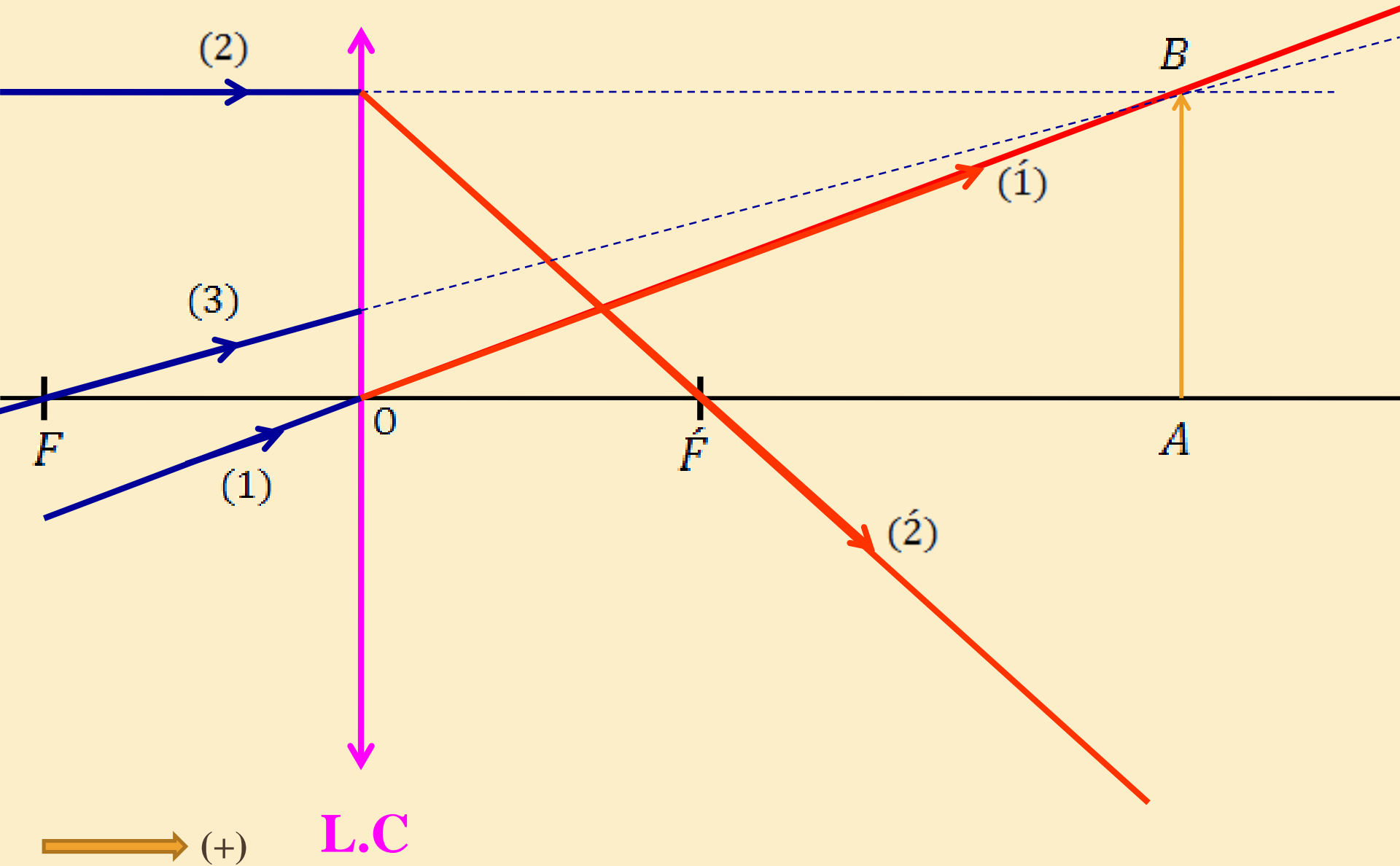
# Lentille Convergente: $f > 0$



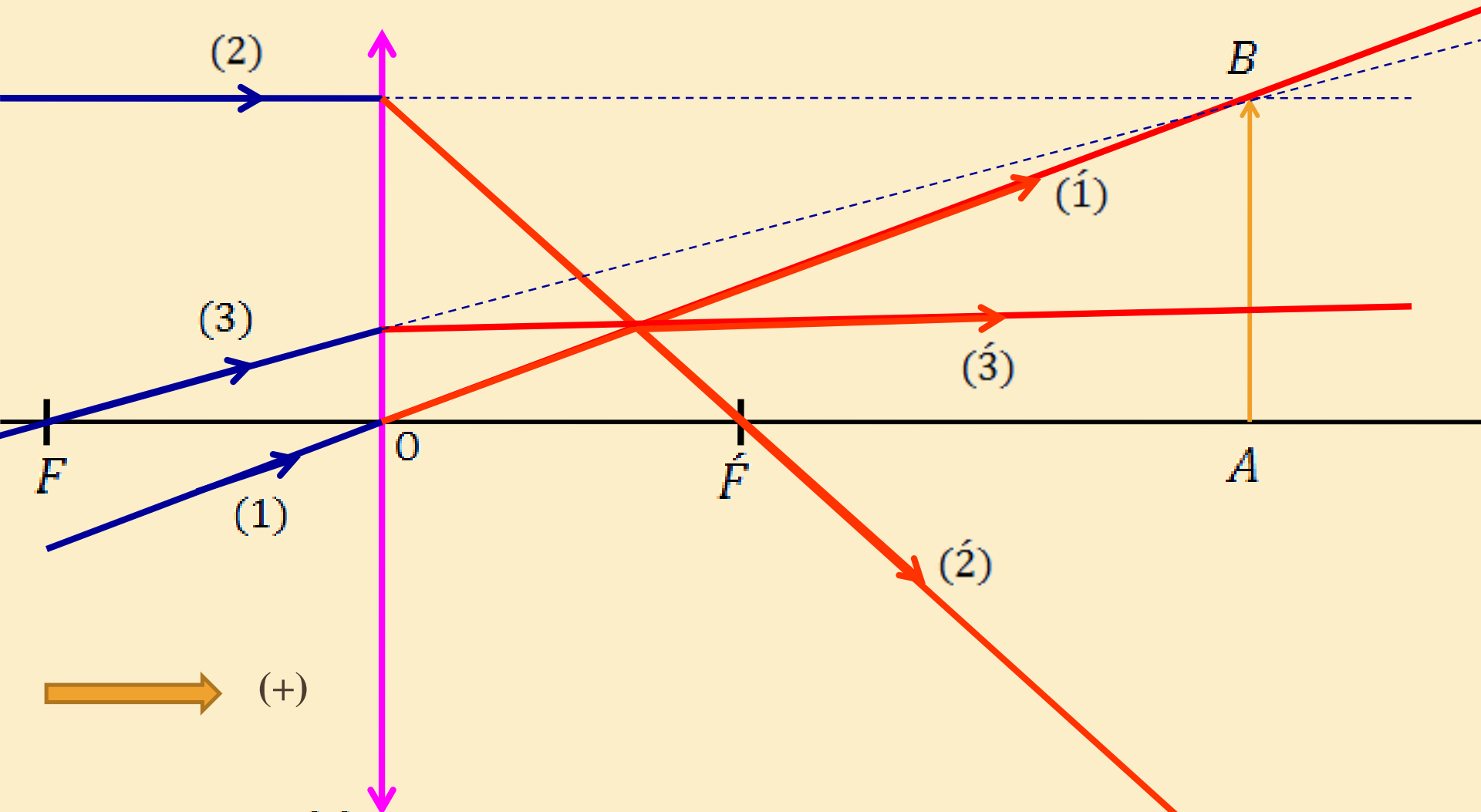
# Lentille Convergente: $f > 0$



# Lentille Convergente: $f > 0$

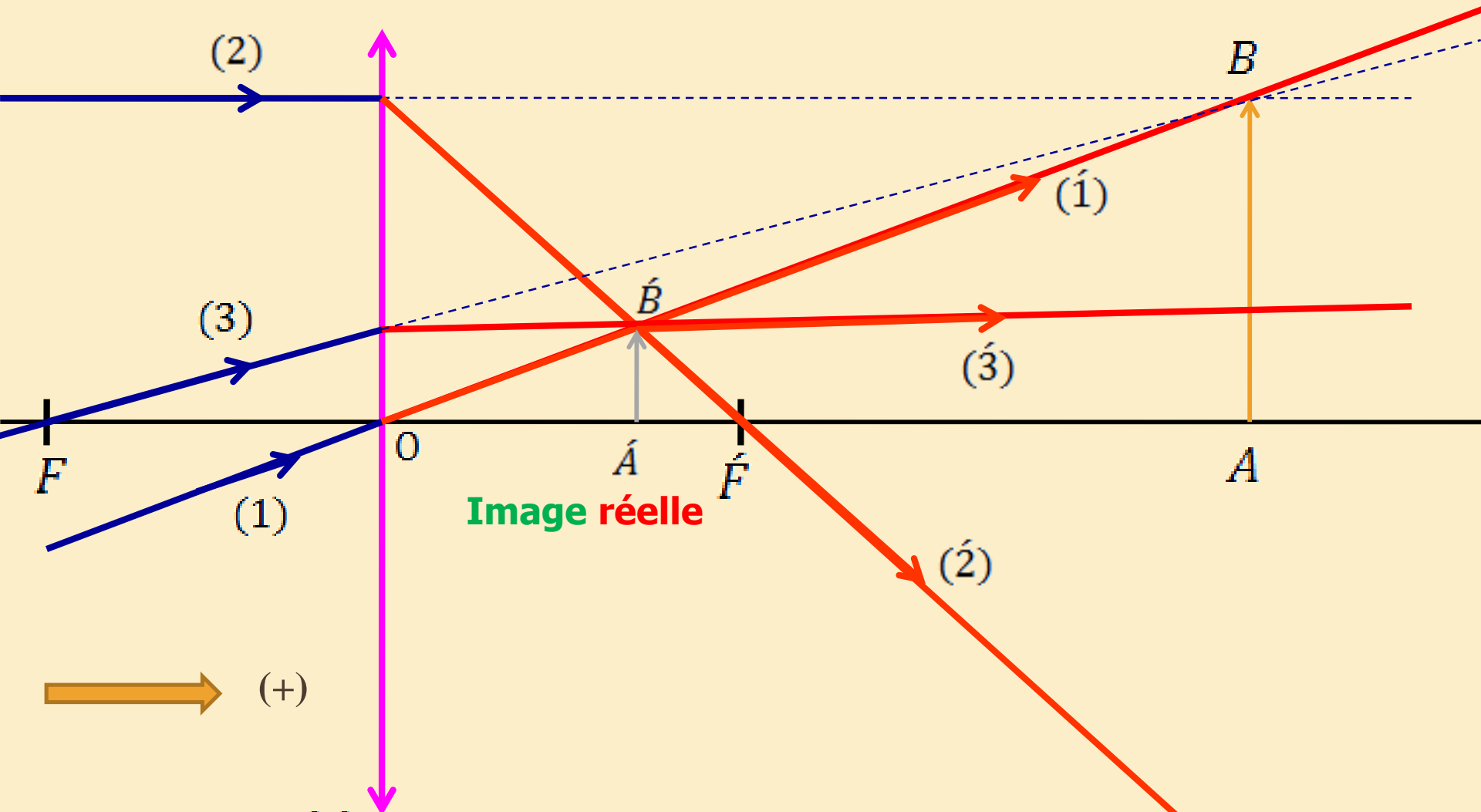


# Lentille Convergente: $f > 0$



➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  est le produit de l'intersection des rayons réfractés.

# Lentille Convergente: $f > 0$



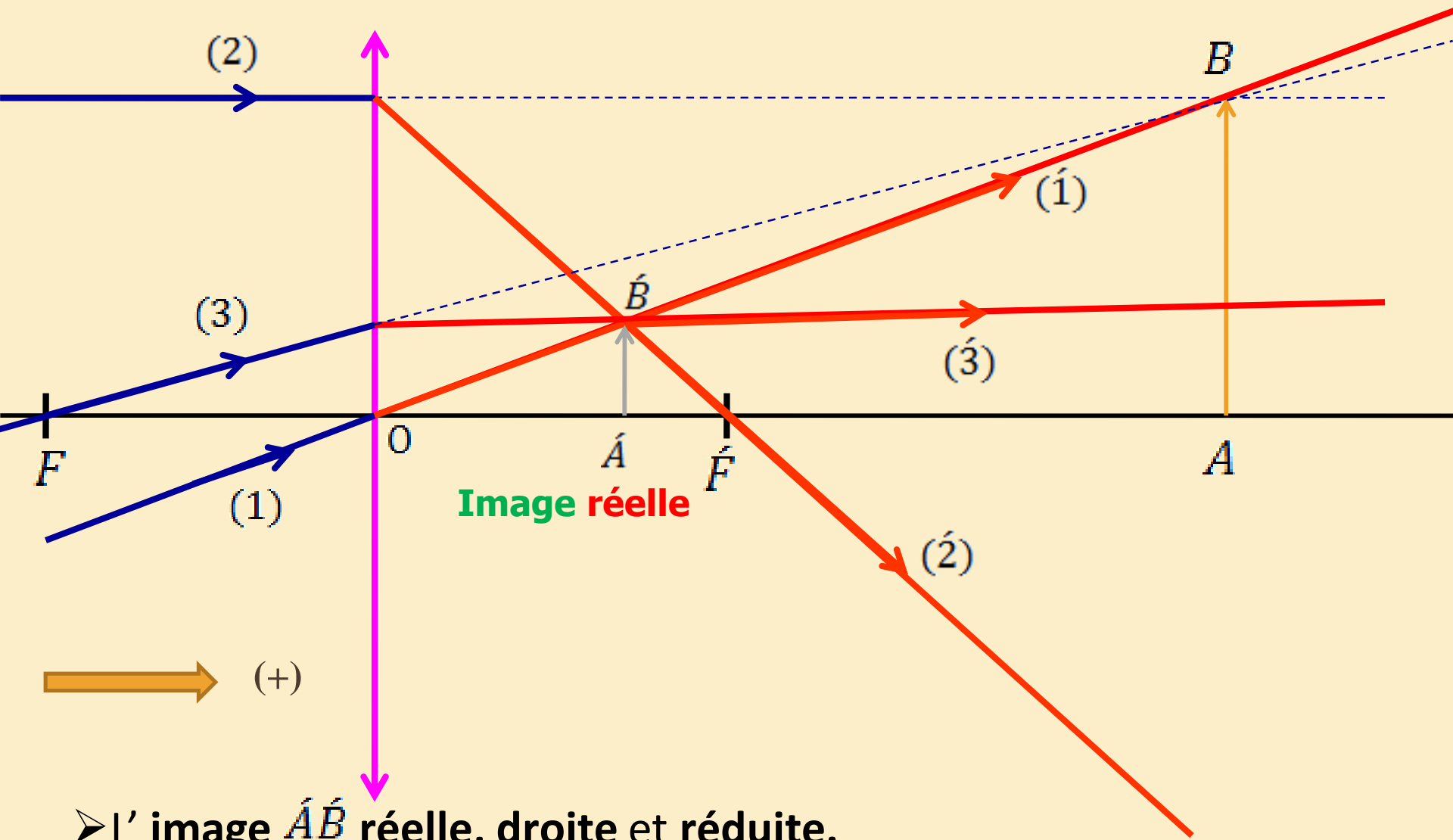
**Image réelle**



➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  est le produit de l'intersection des **rayons réfractés**.

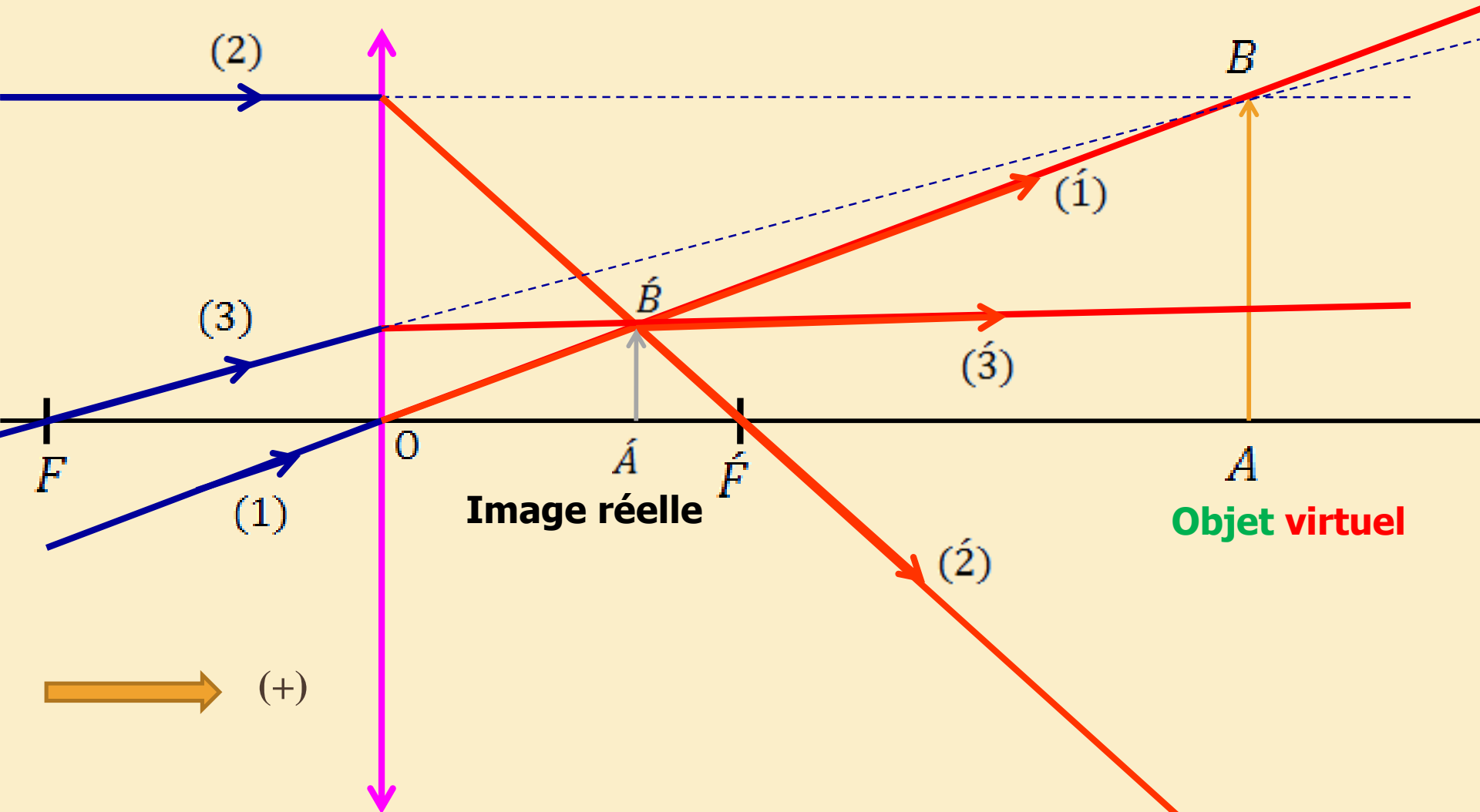


# Lentille Convergente: $f > 0$



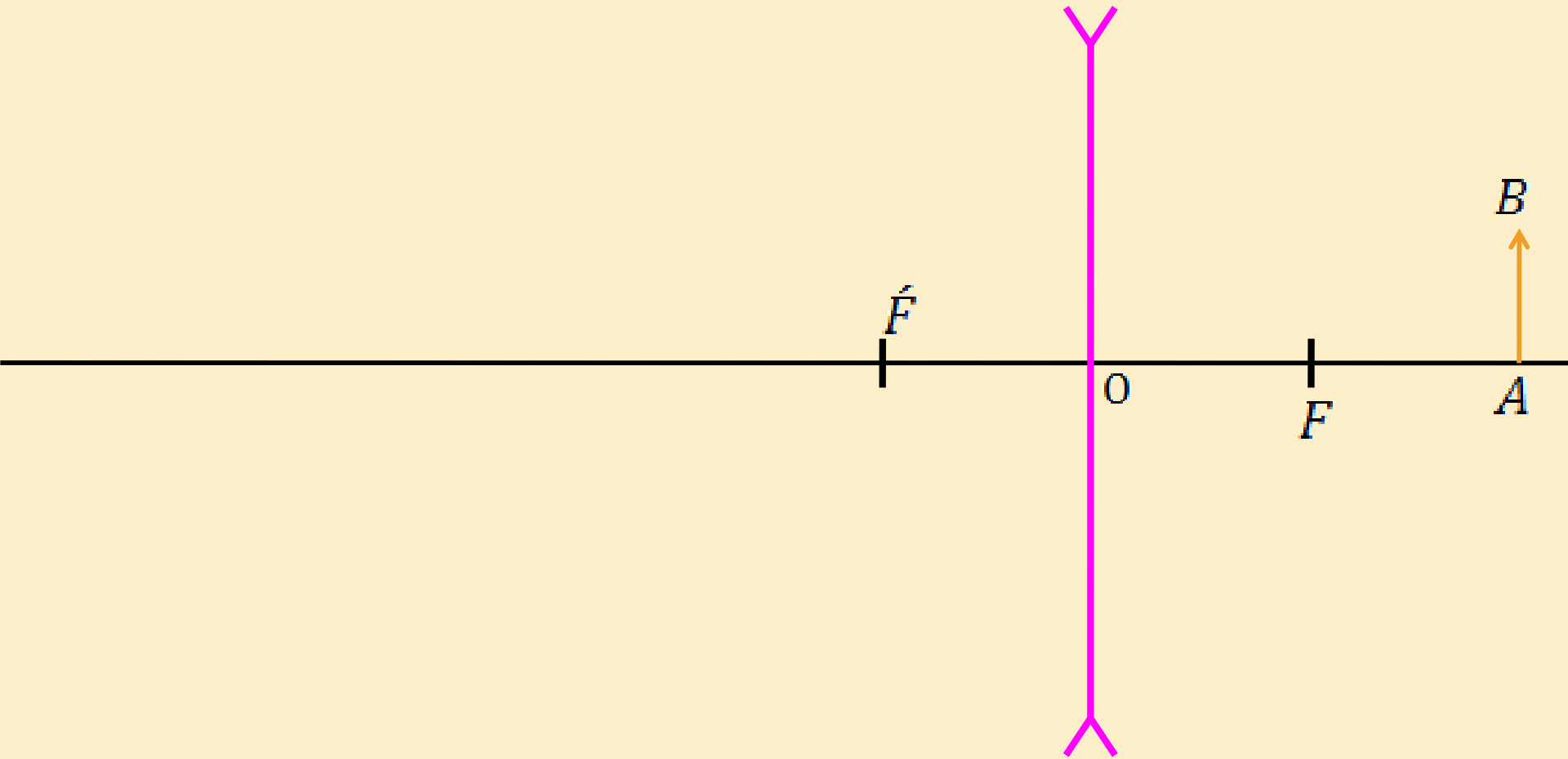
➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  réelle, droite et réduite.

# Lentille Convergente: $f > 0$



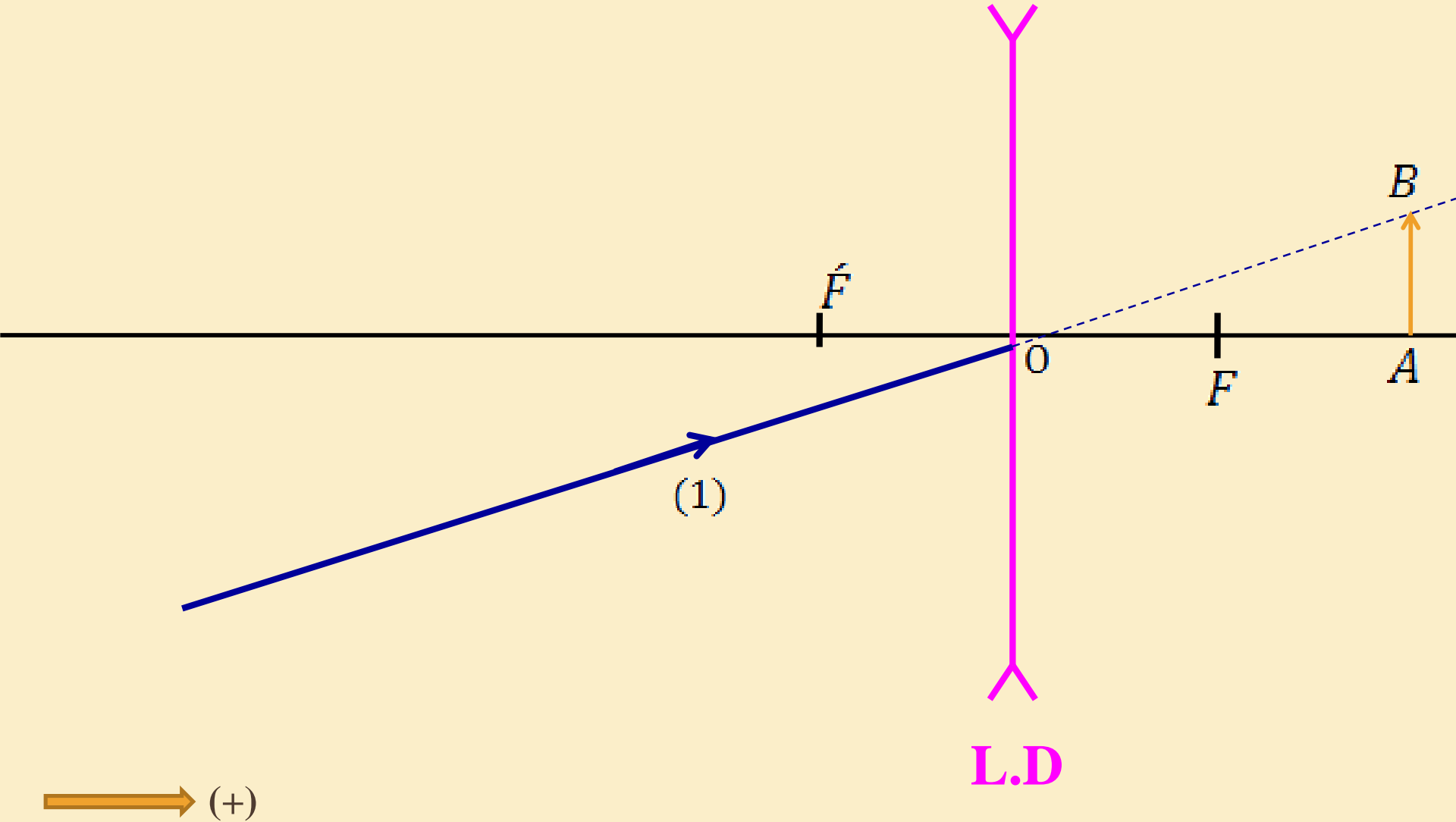
➤ L'objet  $AB$  est le produit de l'intersection des **prolongements** des **rayons incidents**

# Lentille Divergente: $f < 0$

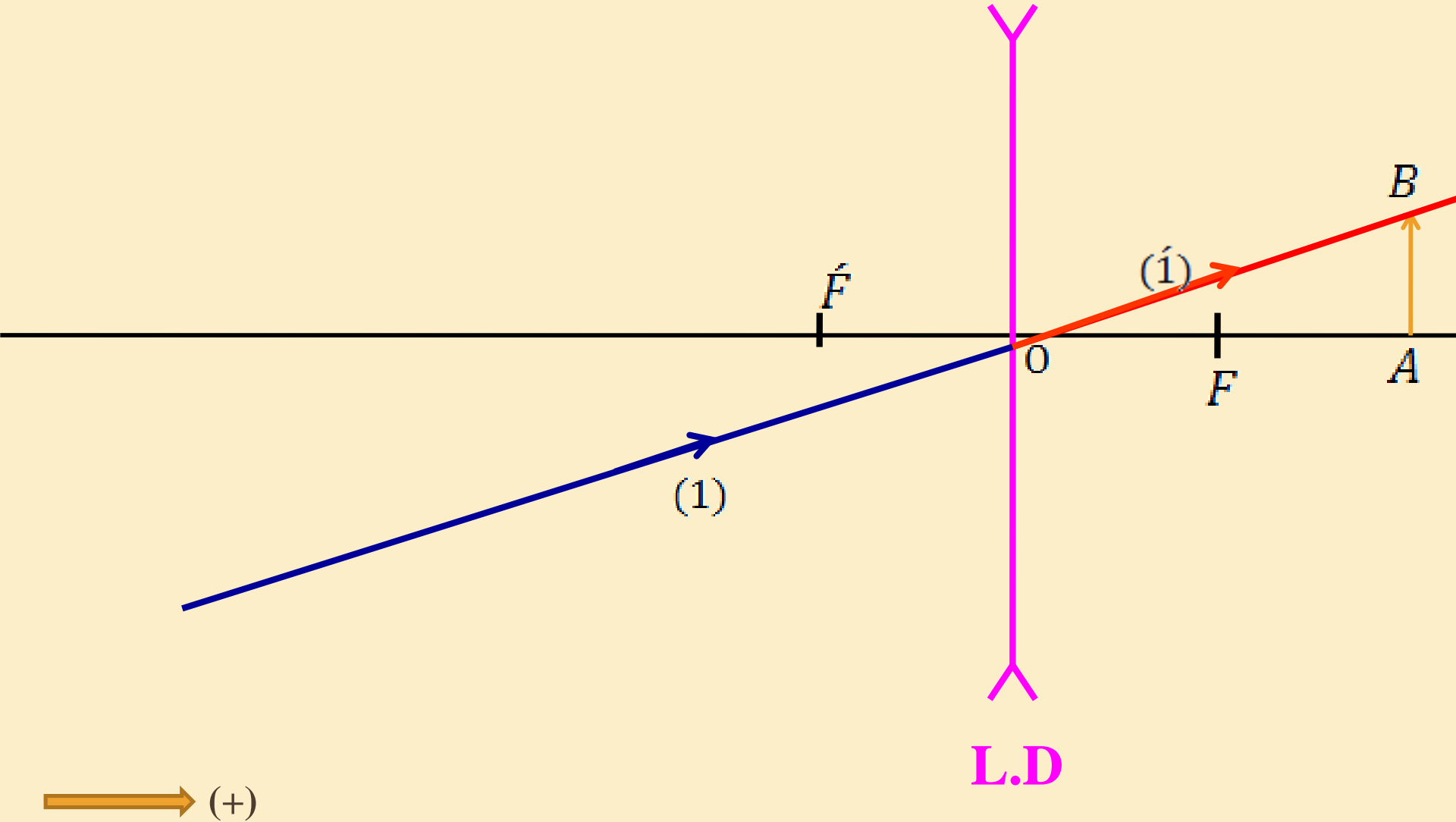


Phénomène de réfraction

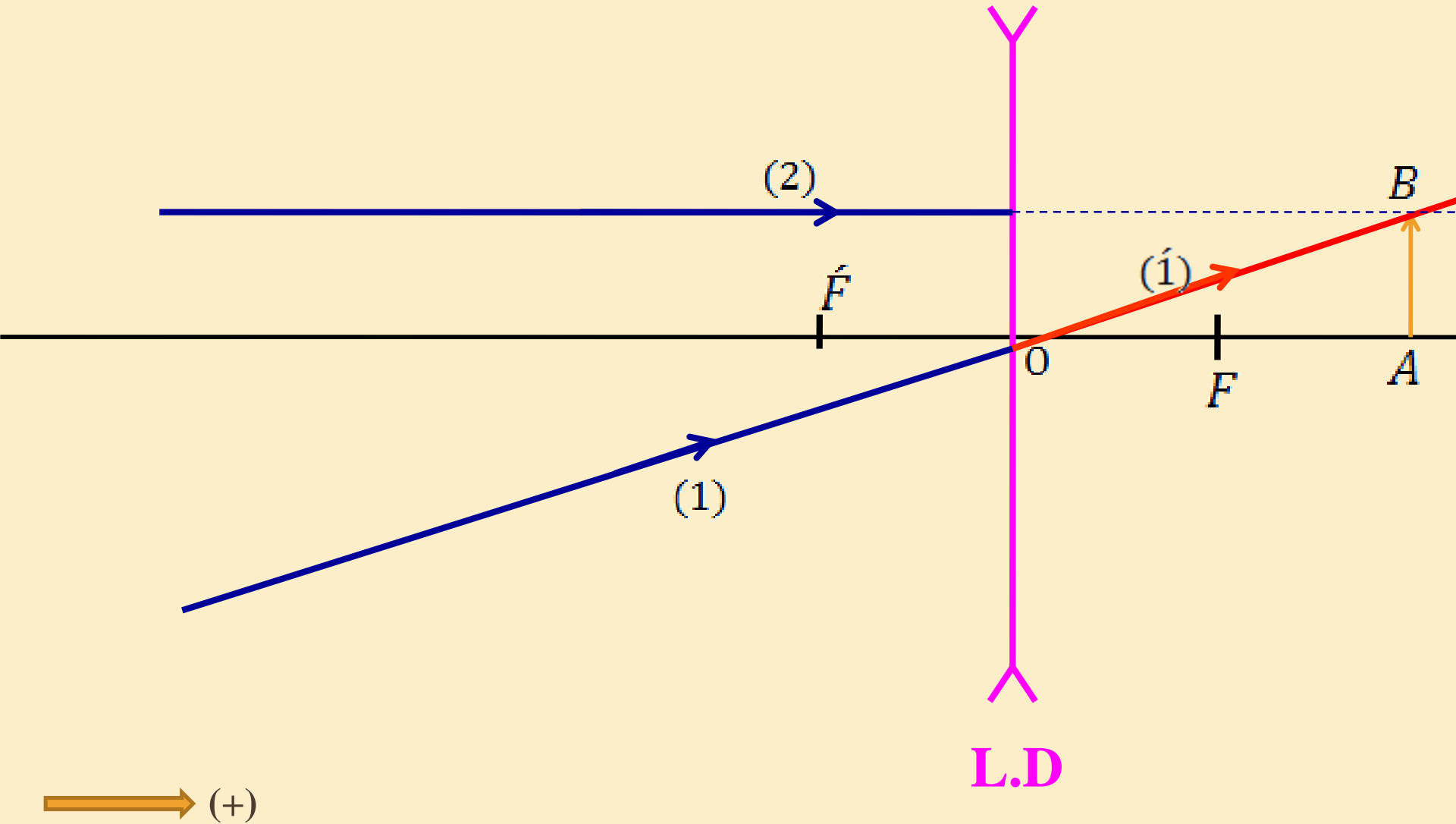
# Lentille Divergente: $f < 0$



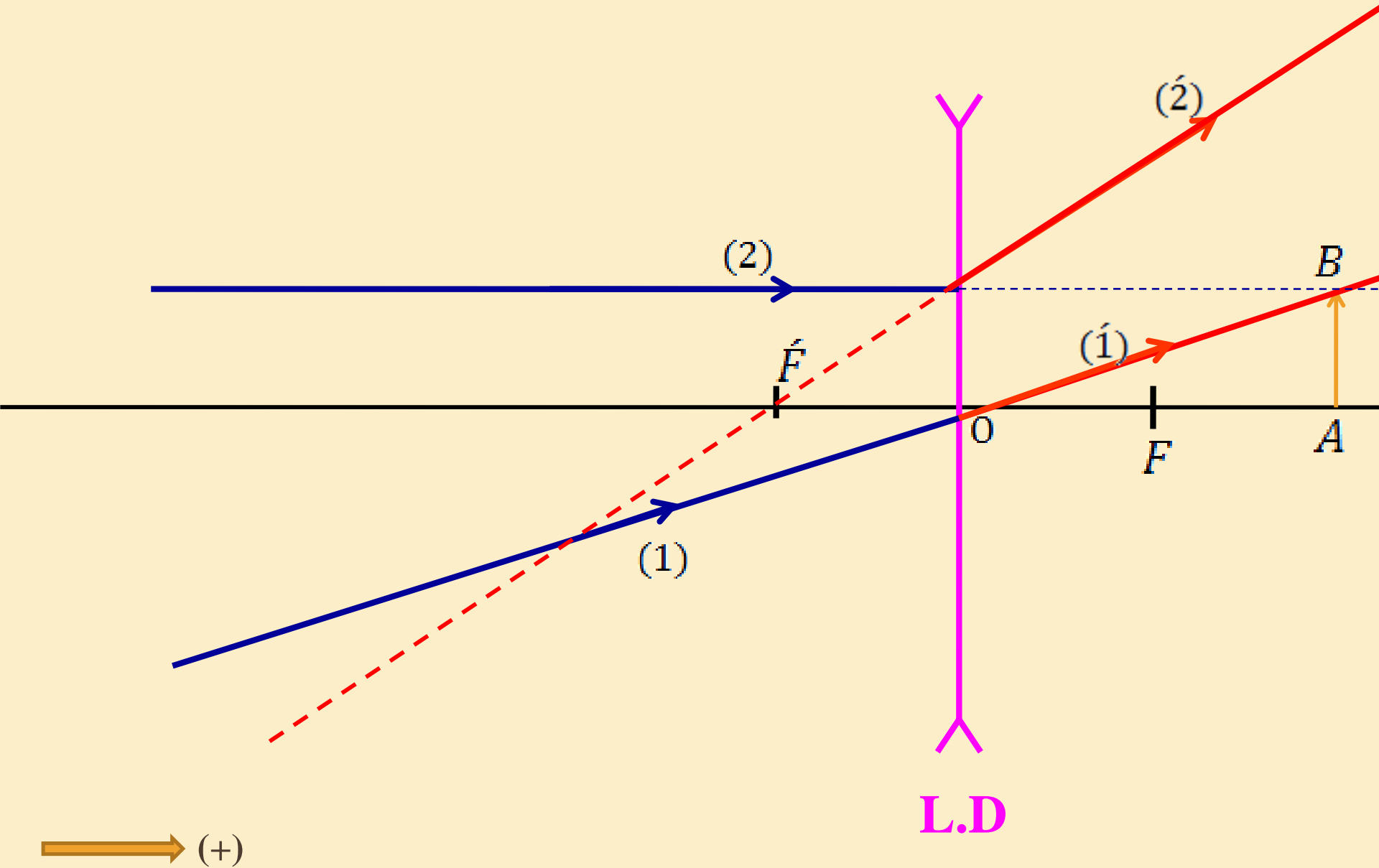
# Lentille Divergente: $f < 0$



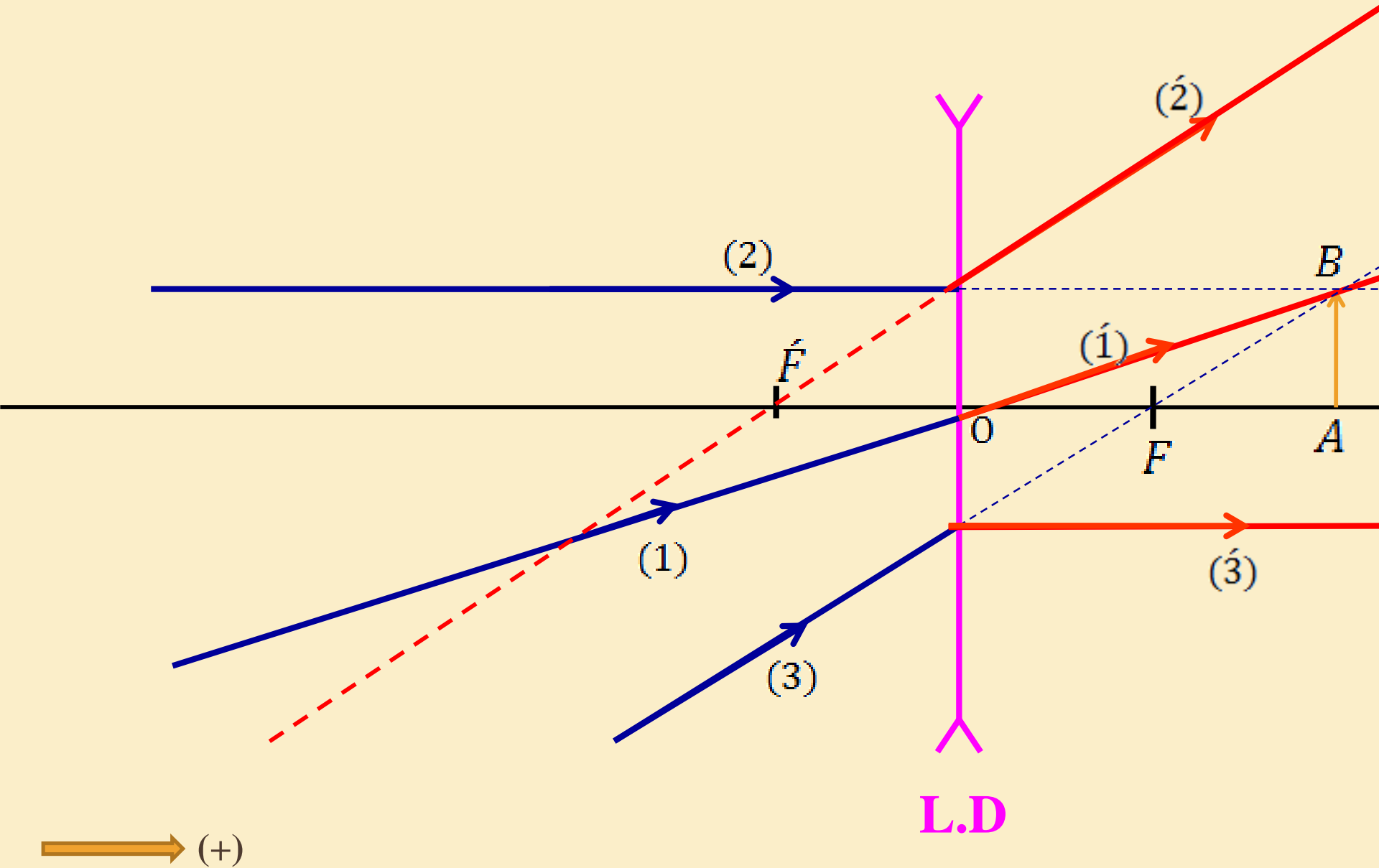
# Lentille Divergente: $f < 0$



# Lentille Divergente: $f < 0$

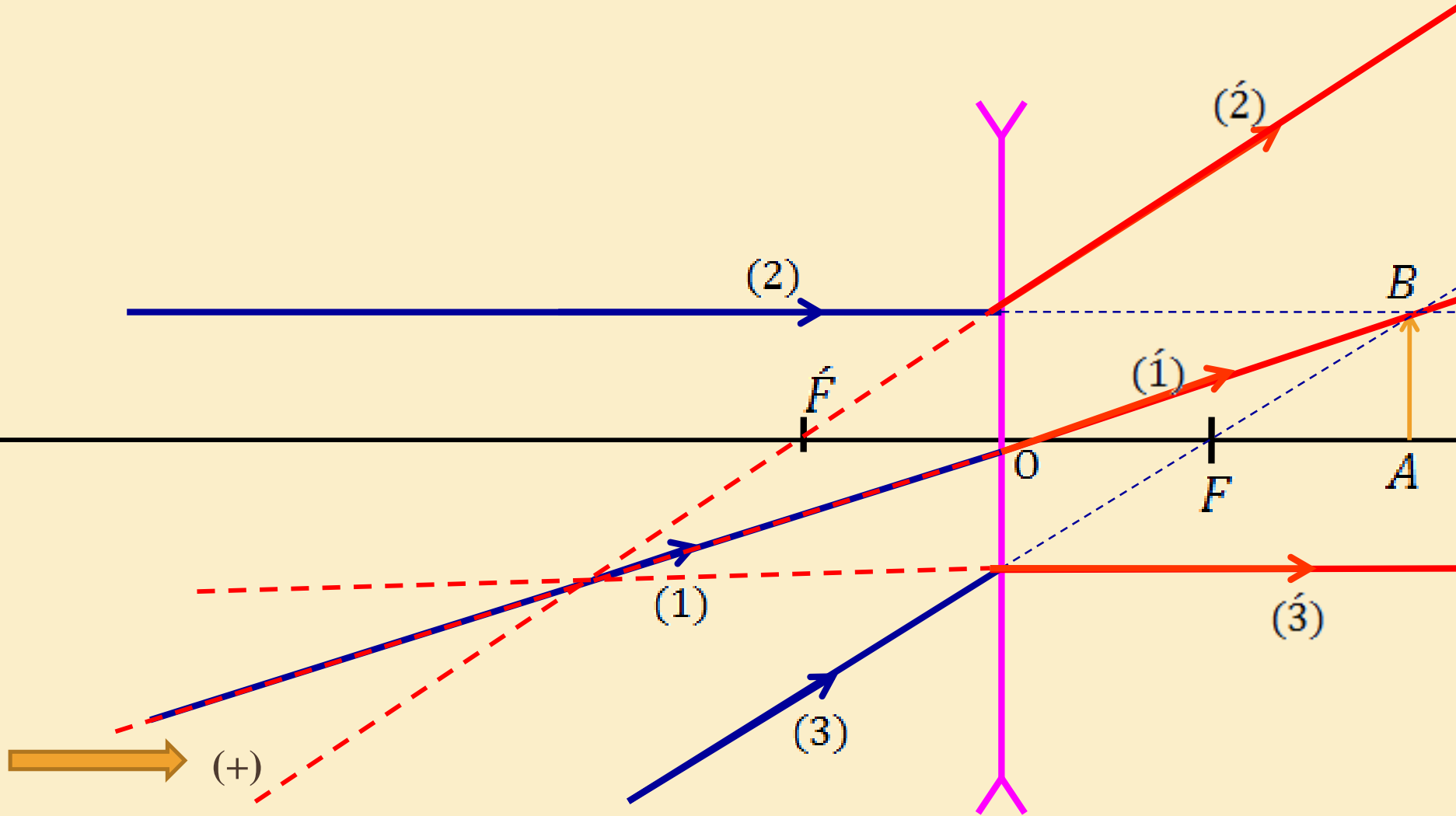


# Lentille Divergente: $f < 0$



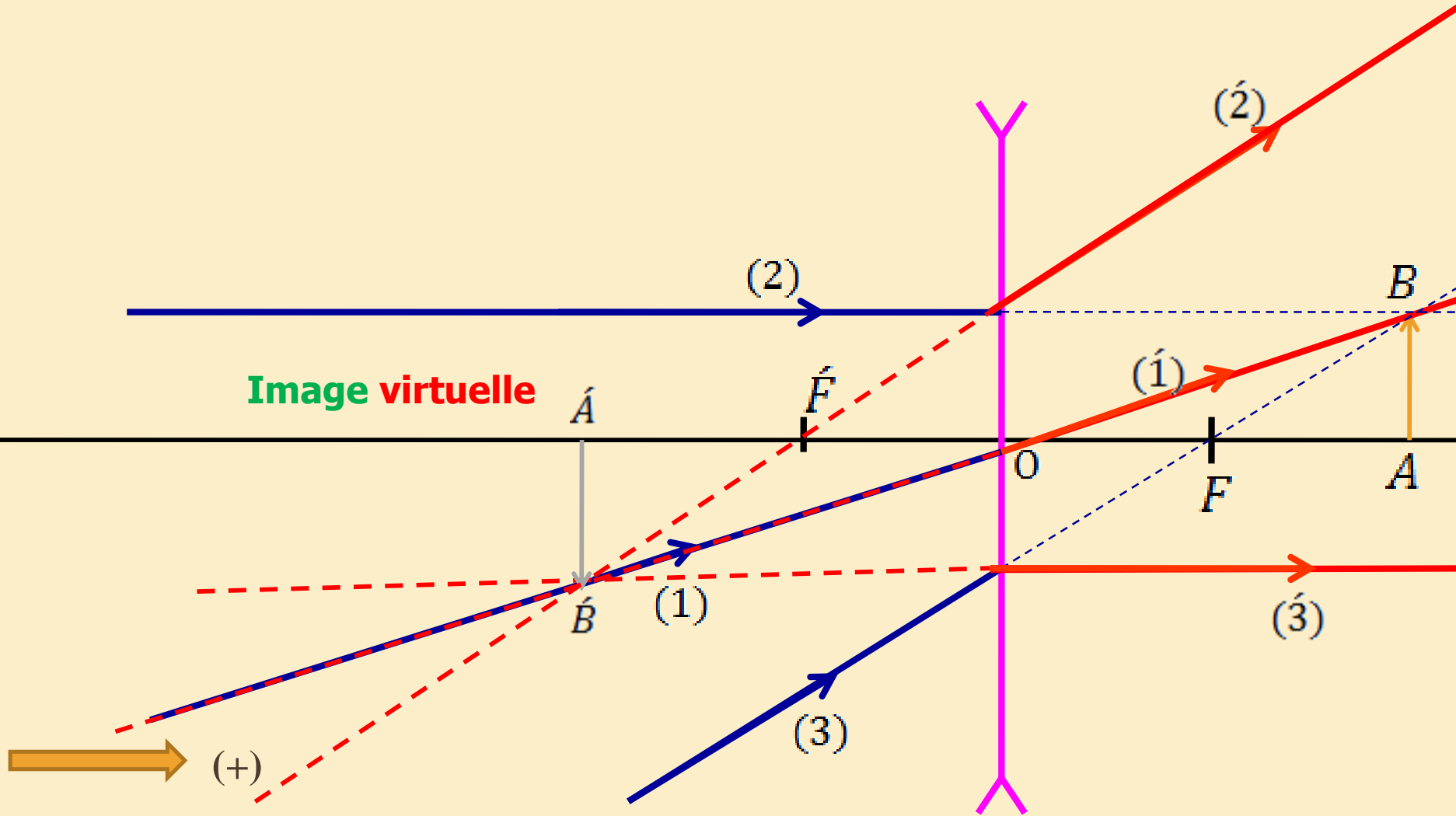


# Lentille Divergente: $f < 0$



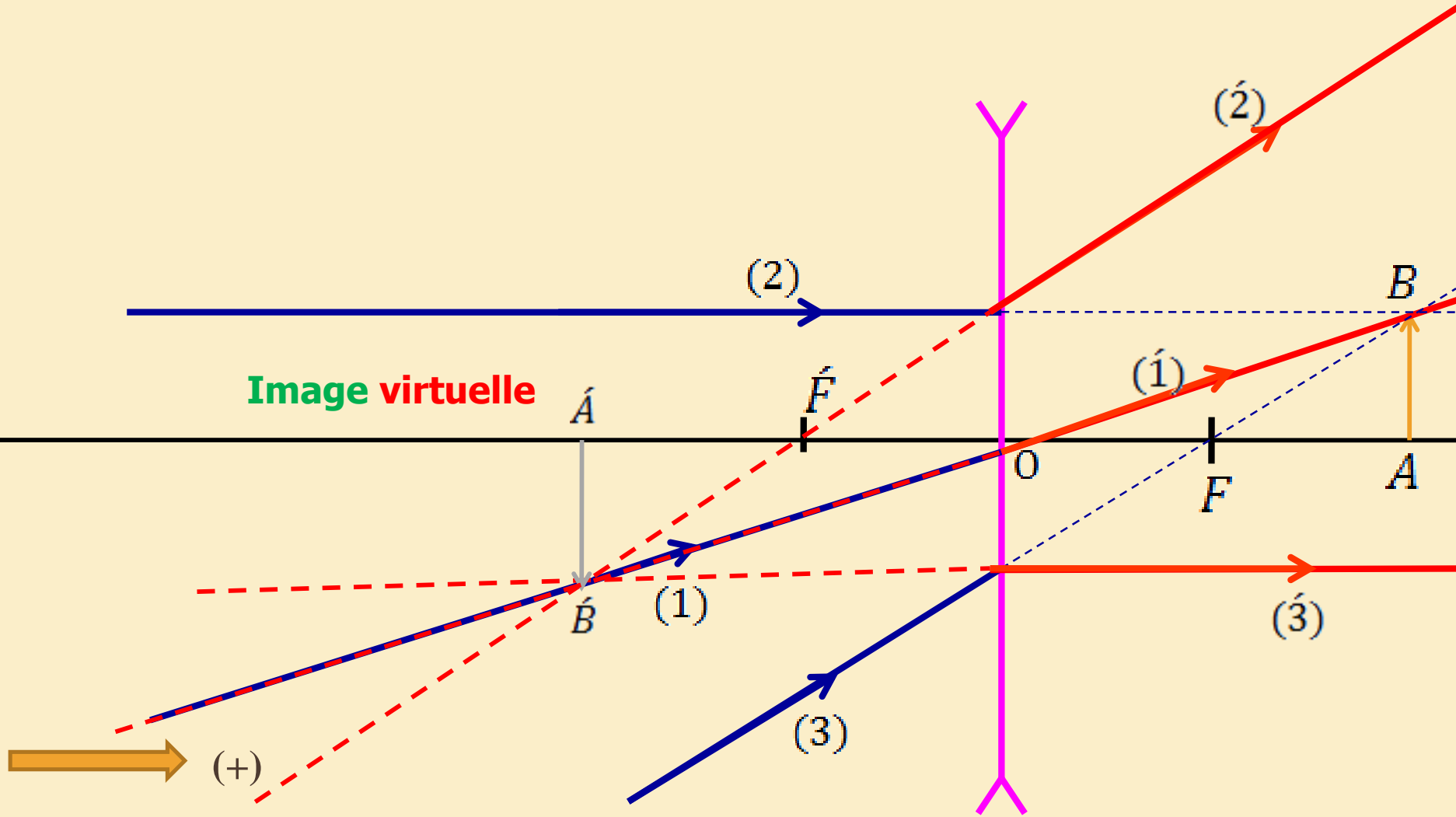
➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  est le produit de l'intersection des **prolongements** des **rayons réfractés**.

# Lentille Divergente: $f < 0$



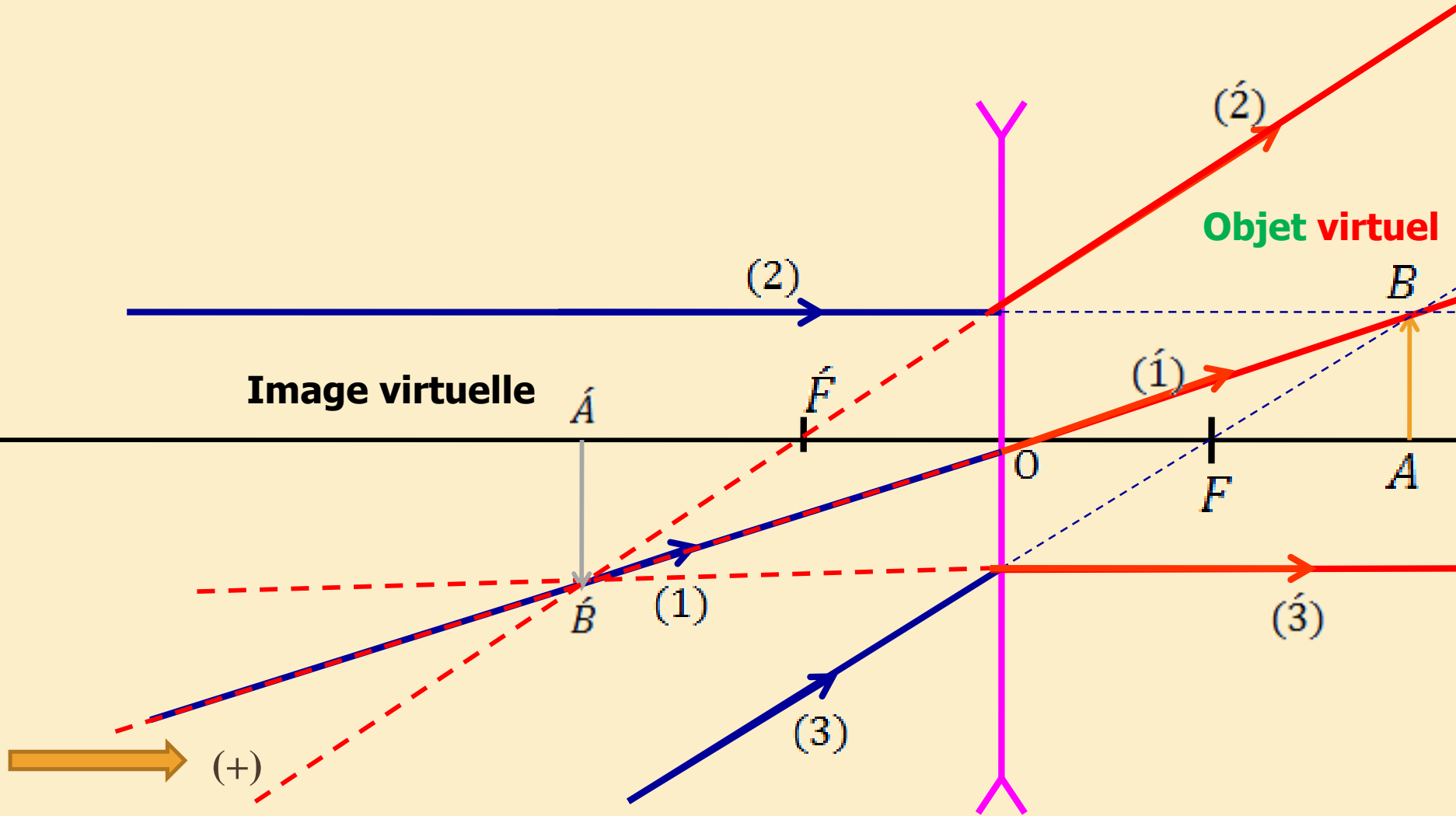
➤ L' image  $\hat{A}\hat{B}$  est le produit de l'intersection des **prolongements** des **rayons réfractés**.

# Lentille Divergente: $f < 0$



➤ L' image  $A'B'$  virtuelle, renversée et agrandie.

# Lentille Divergente: $f < 0$



➤ L'objet  $AB$  est le produit de l'intersection des **prolongements** des **rayons incidents**

# **3. Œil et instruments optiques**

(Loupe - Microscope)

**Le But !?!**



Image d'un objet



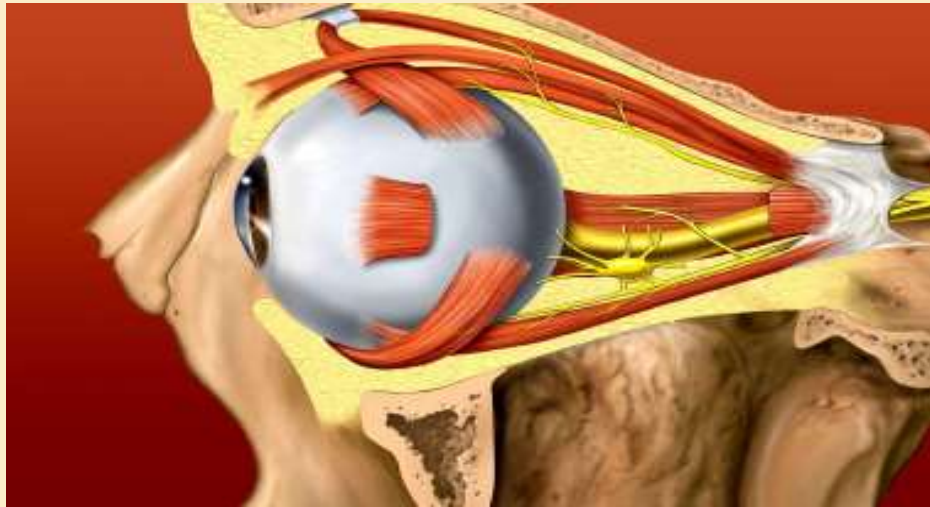




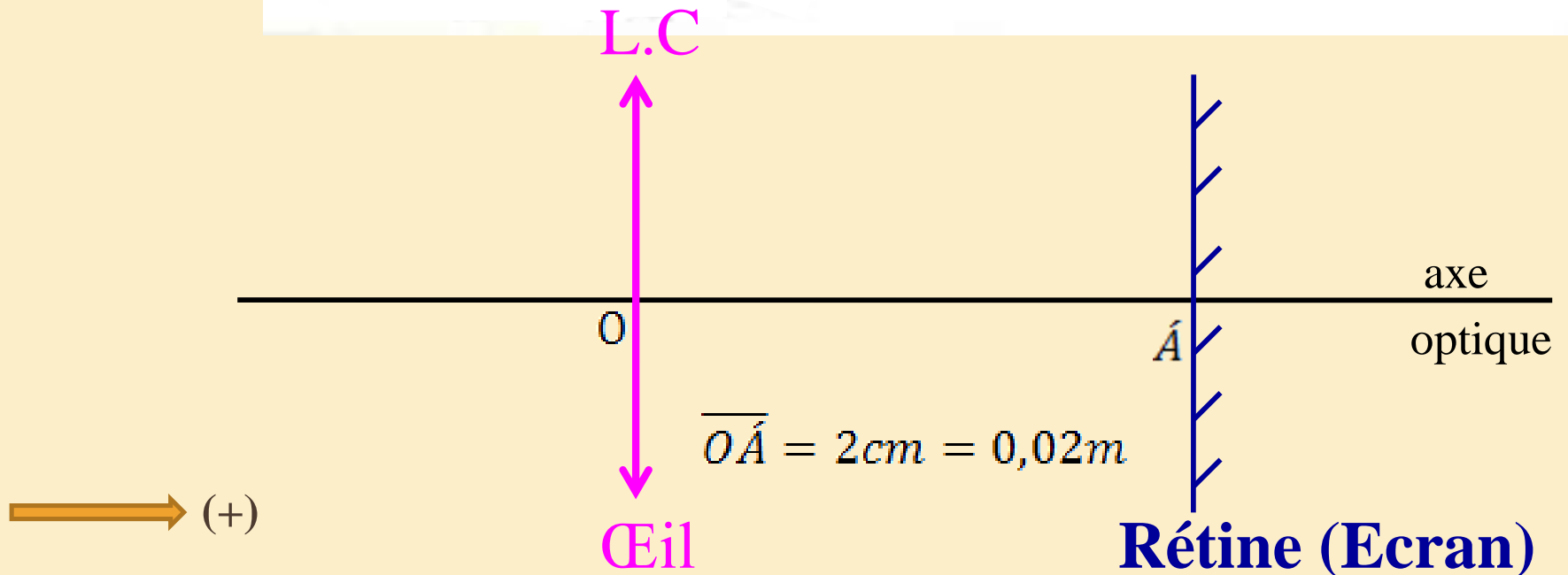
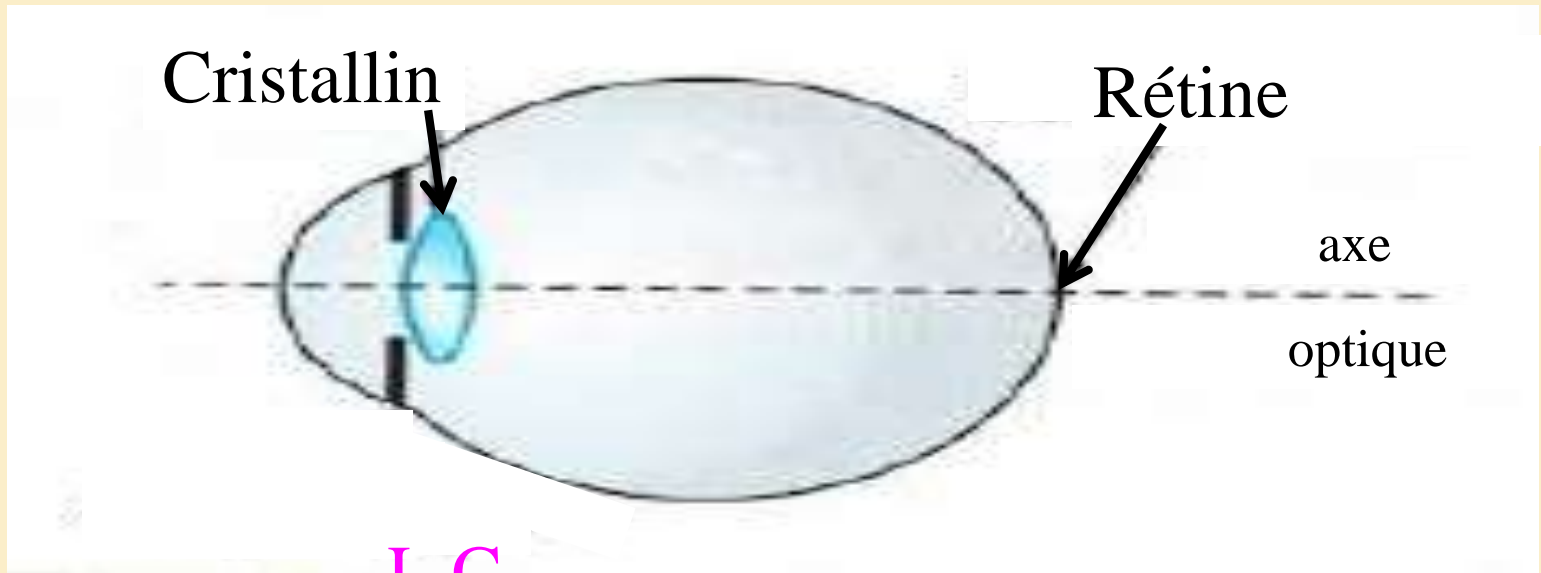




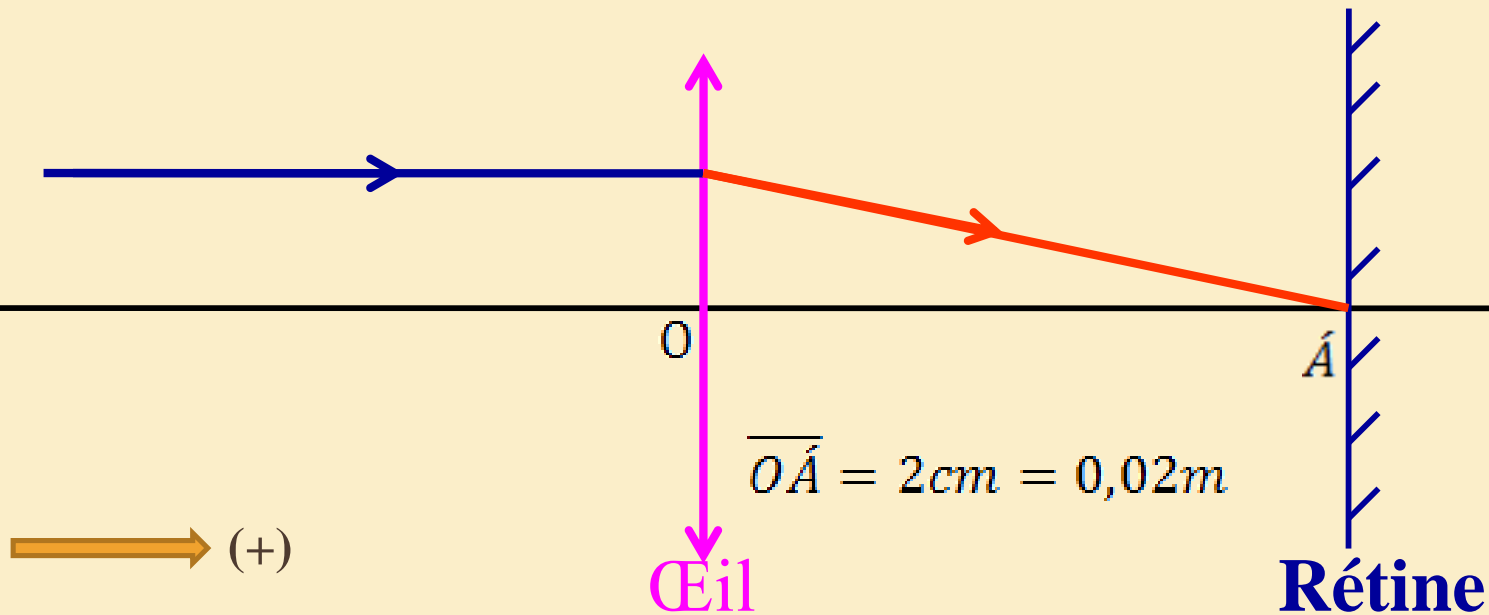
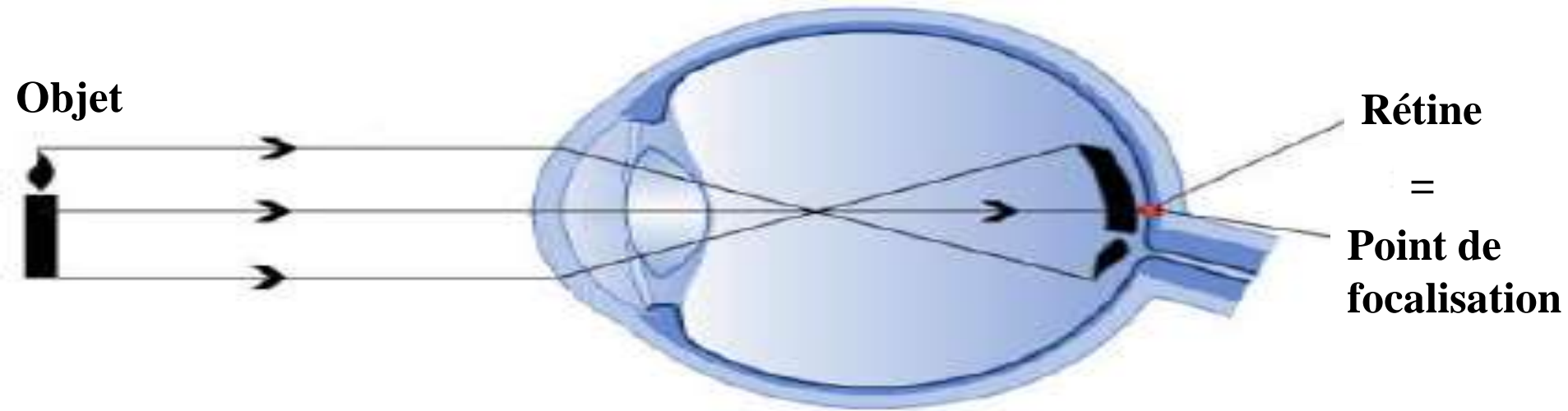
# Œil



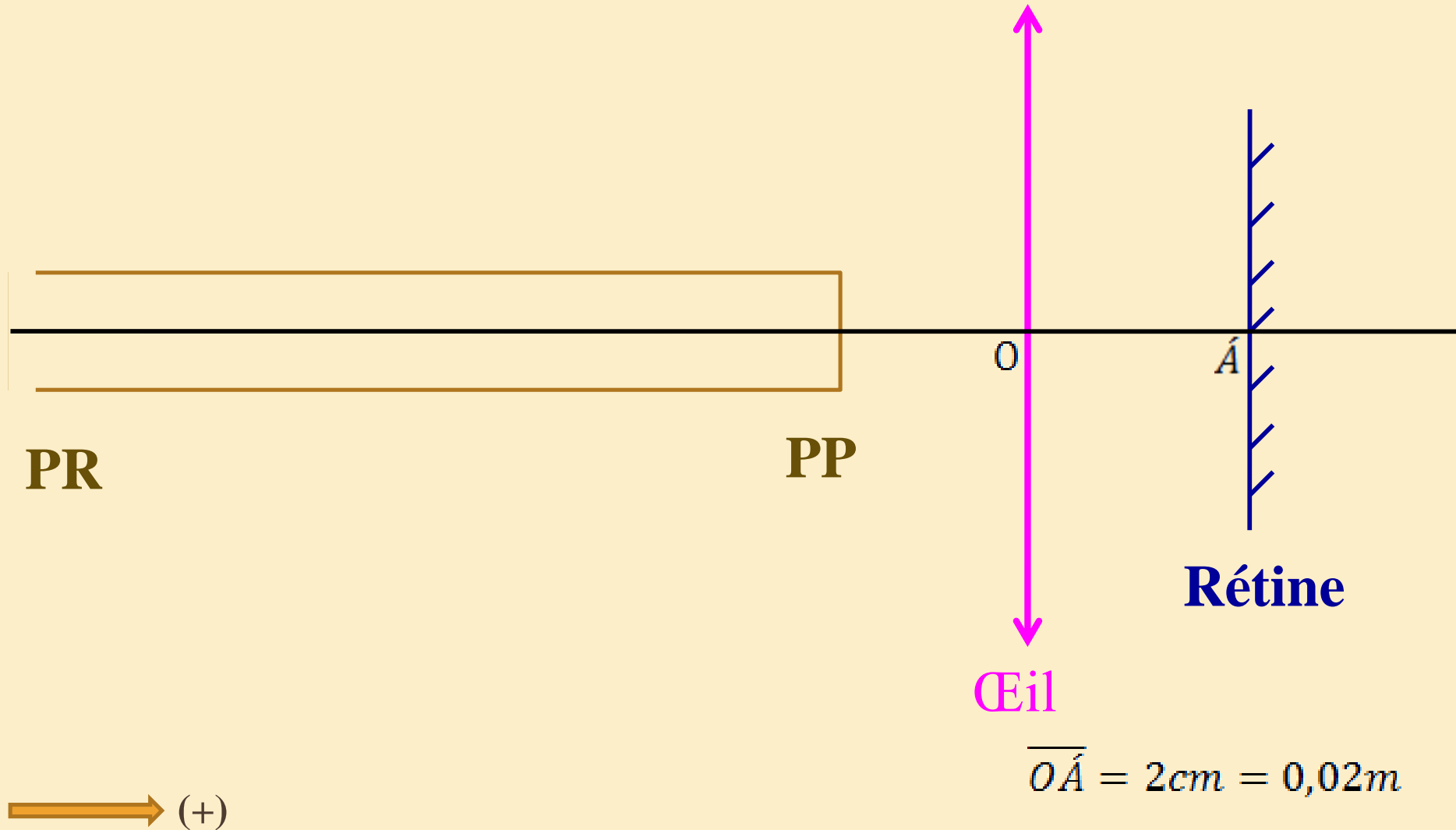
# L'œil $\longrightarrow$ Lentille Convergente: $f > 0$



# Image claire $\longrightarrow$ L'image doit être sur la rétine

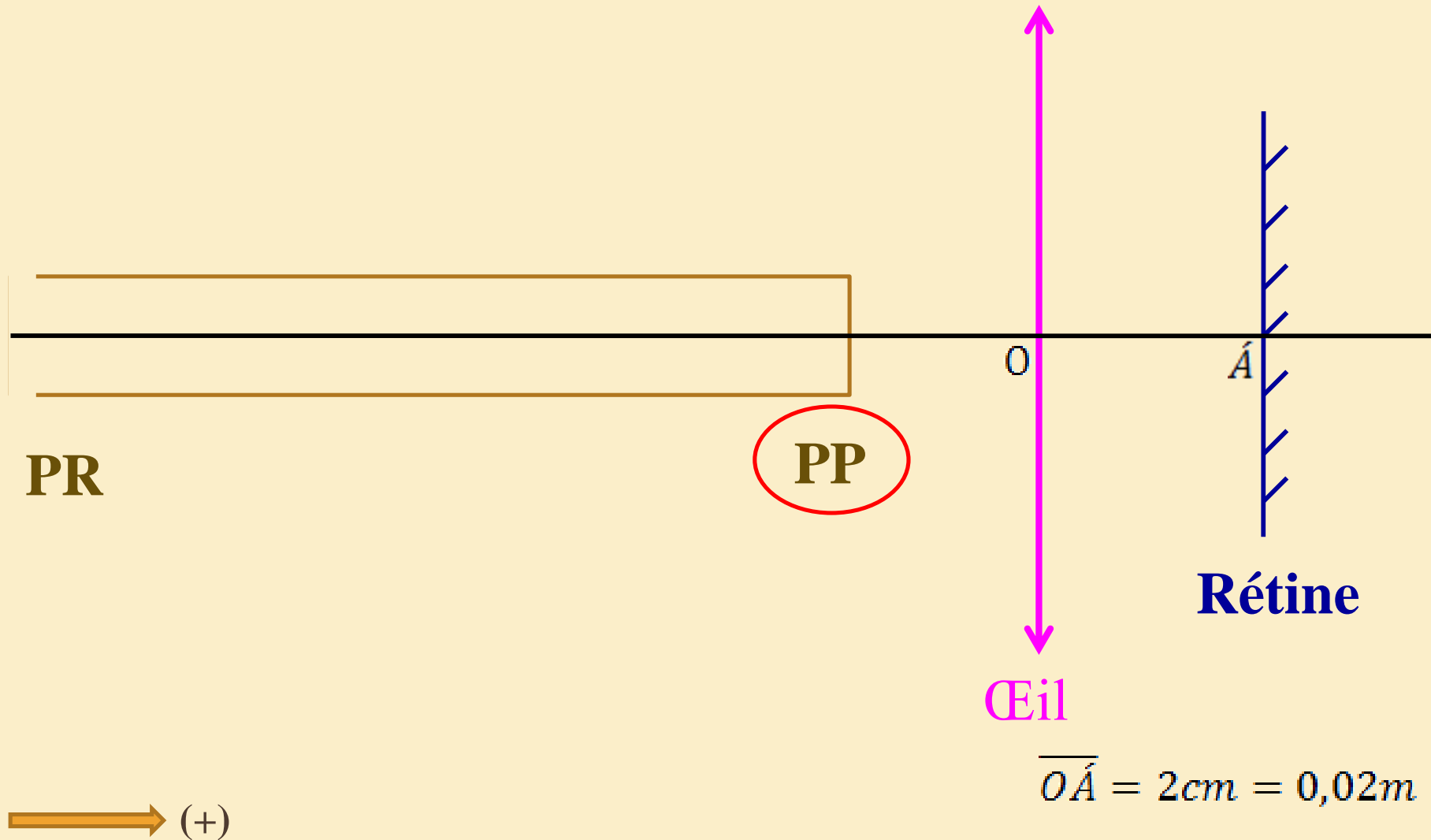


Le champ de vision est caractérisé par:  $]PR; PP]$



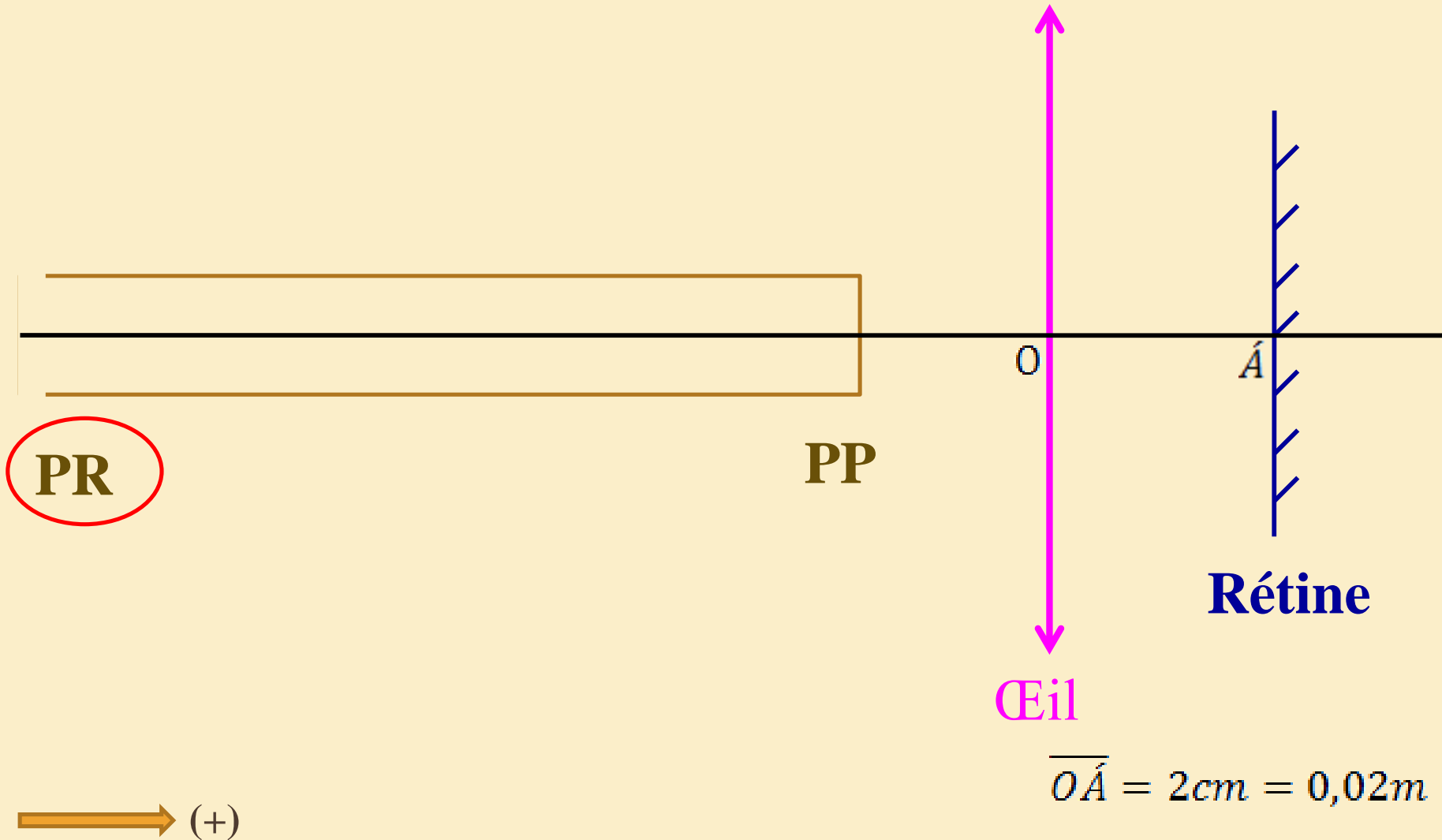
# PP: Punctum Proximum

Le point le plus proche de l'œil telle que la vision est nette



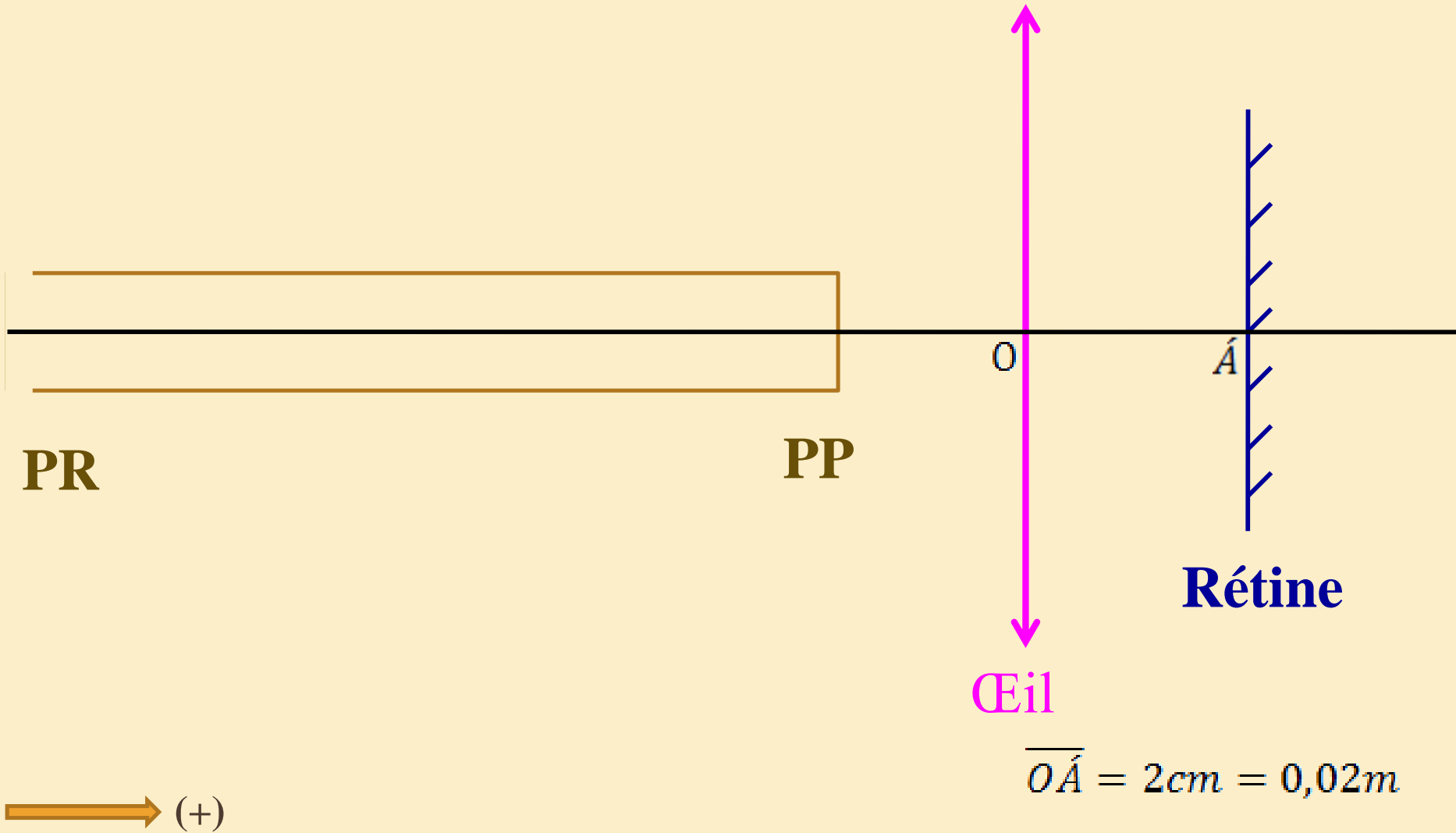
# PR: Punctum Remotum

Le point le plus loin de l'œil telle que la vision est nette

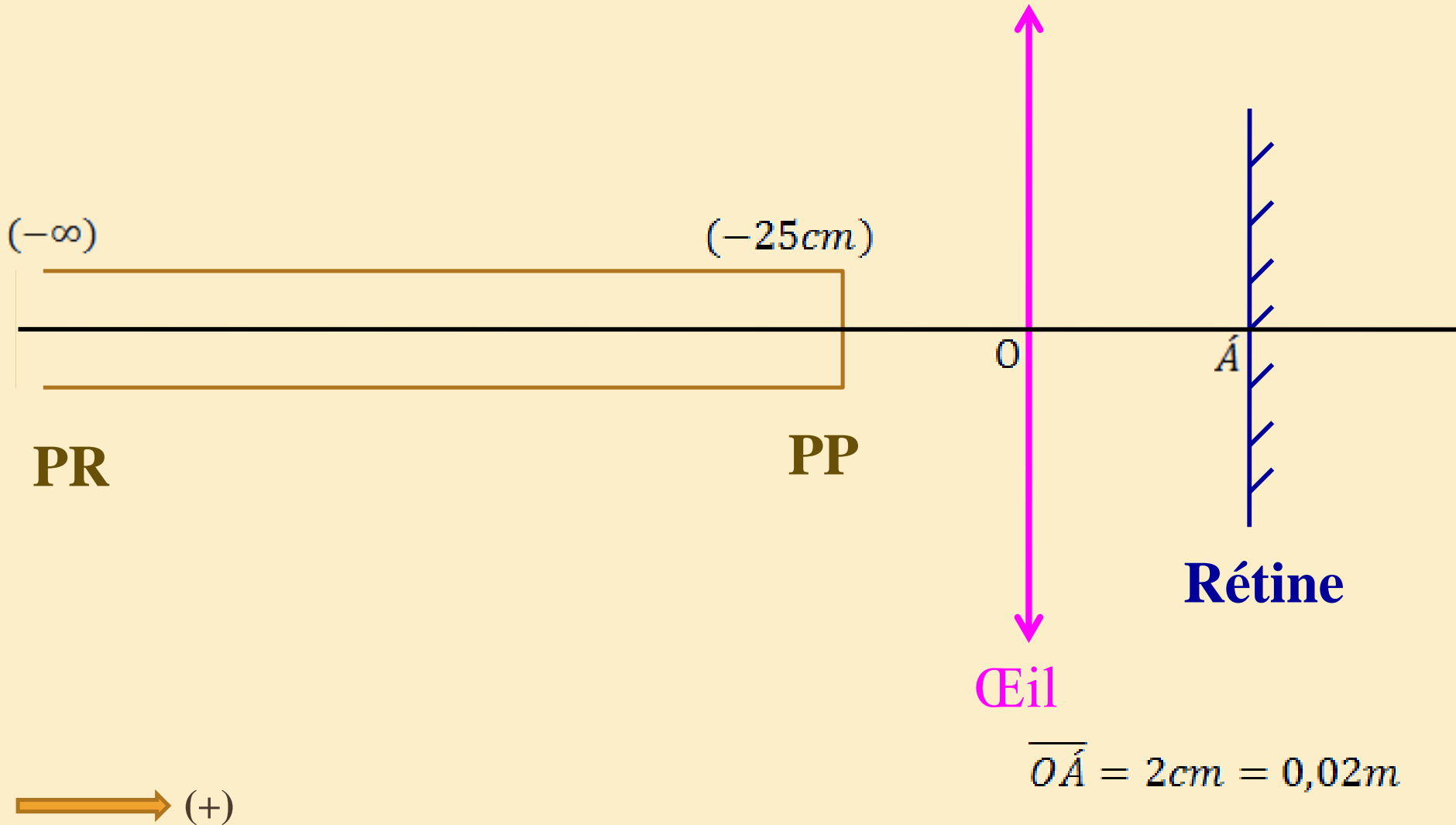




**Œil normal**  $\longrightarrow$  **PP** et **PR** < 0

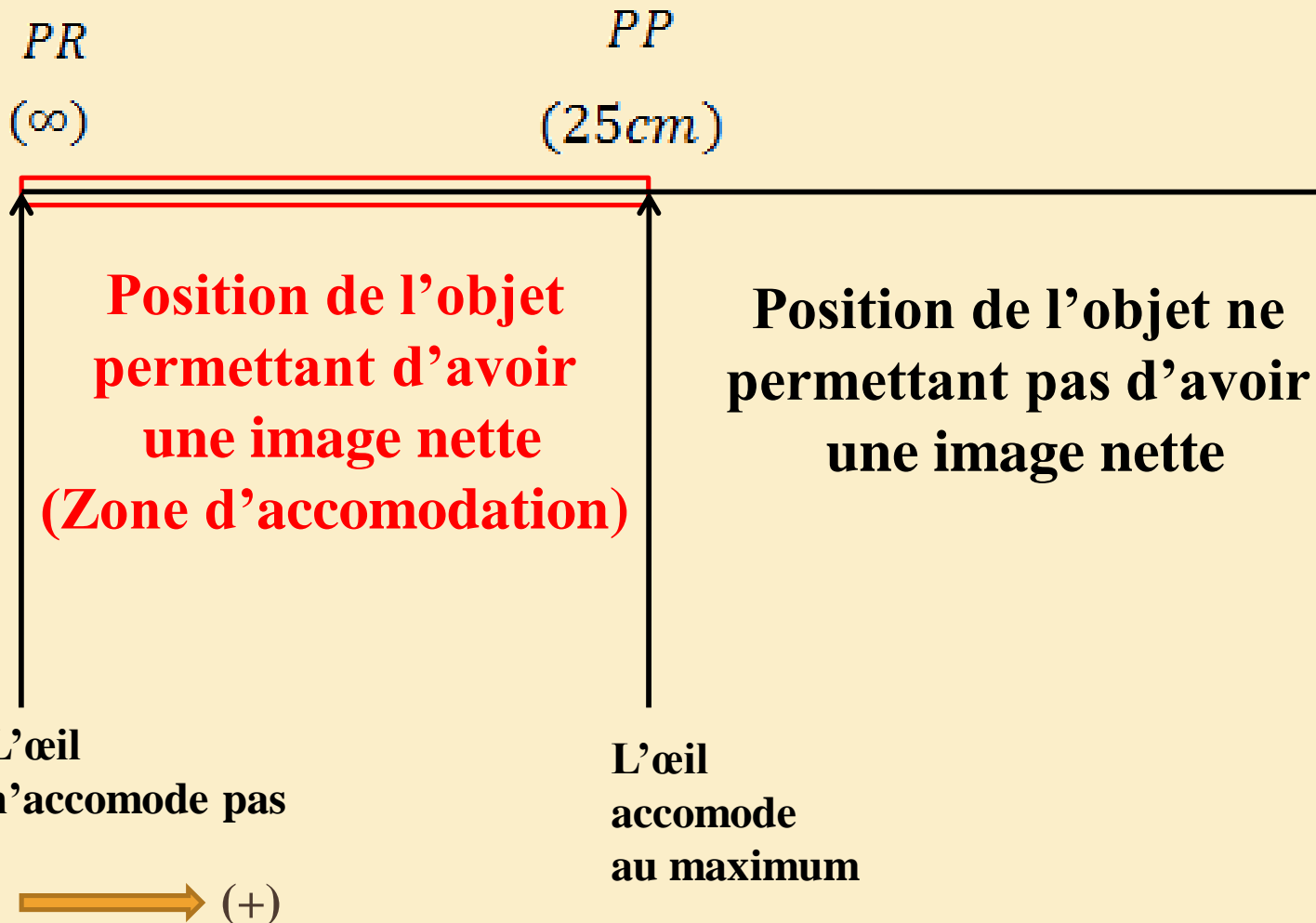


**Œil normal**  $\longrightarrow ]PR; PP] = ]-\infty; -25cm]$

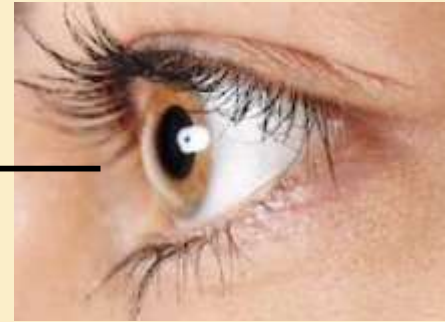


# Accommodation PP-PR

Œil normal  $\longrightarrow ]PR; PP] = ]-\infty; -25cm]$



Œil normal



# Amplitude d'accomodation

$$A = \frac{1}{\sigma} - \frac{1}{\Delta}$$

Unité :

• **A** en **Dioptries** :  $\delta$   
 $1\delta = m^{-1}$

$$\sigma : |PP|$$

$$\Delta : |PR|$$

## Remarque

✓ A est constant:

$$A = \frac{1}{\sigma} - \frac{1}{\Delta} = \frac{1}{\sigma'} - \frac{1}{\Delta'}$$

# Défauts de vision

# Défauts de vision



Myopie

Œil myope

# Défauts de vision



Myopie

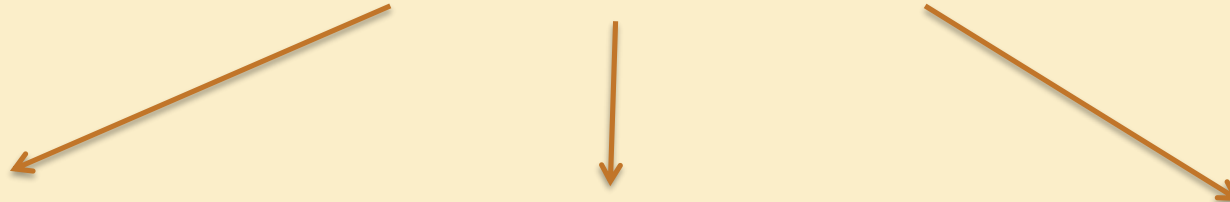
Œil myope



Presbytie

Œil presbyte

# Défauts de vision



Myopie

Œil myope

Presbytie

Œil presbyte

Hypermétropie

Œil hypermétrope



# Défauts de vision



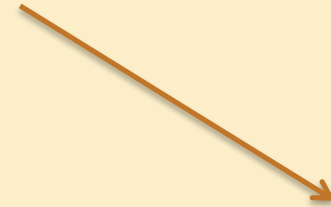
Myopie

Œil myope



Presbytie

Œil presbyte

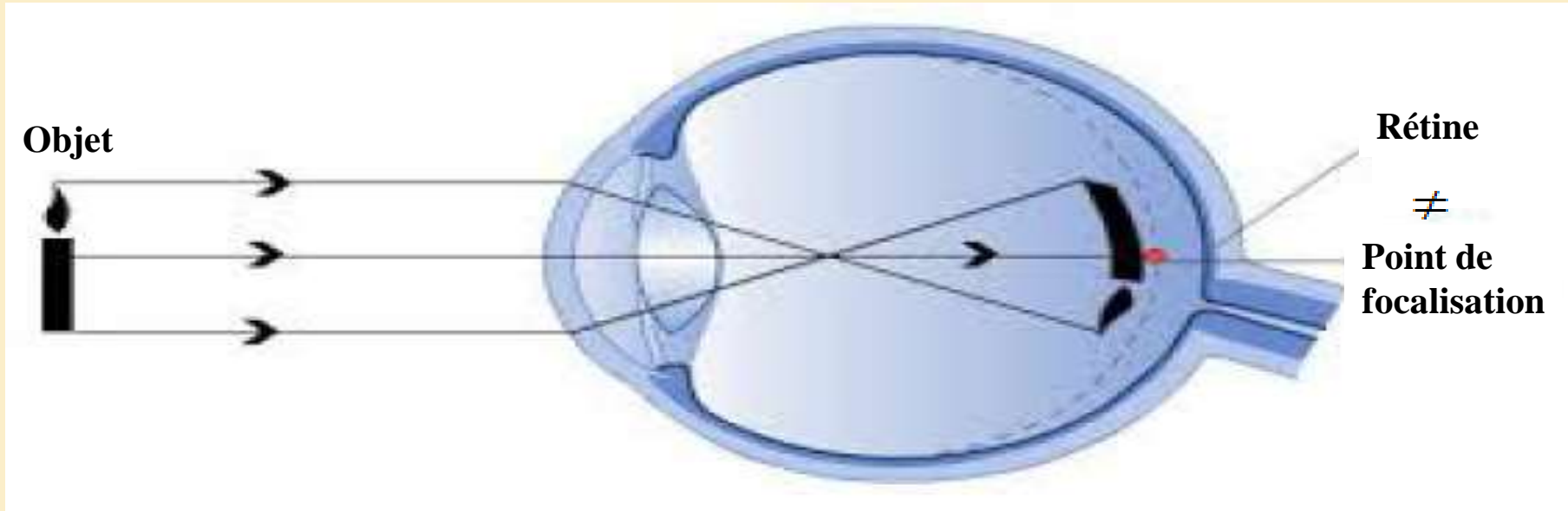


Hypermétropie

Œil hypermétrope

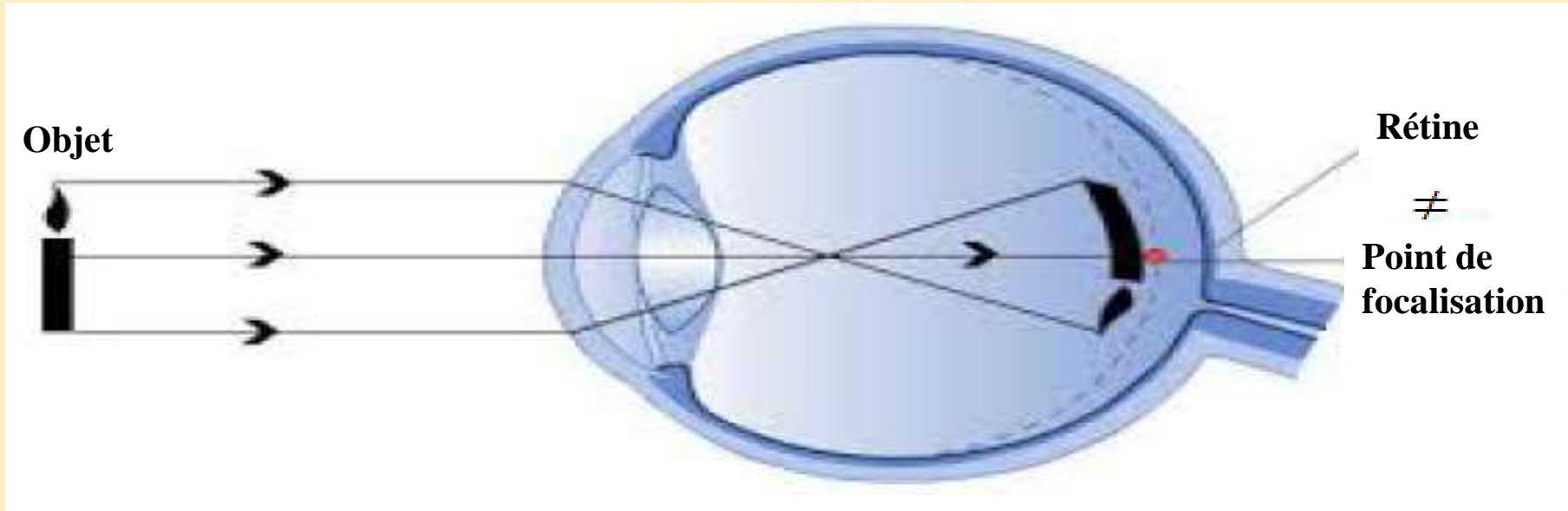


# Œil myope



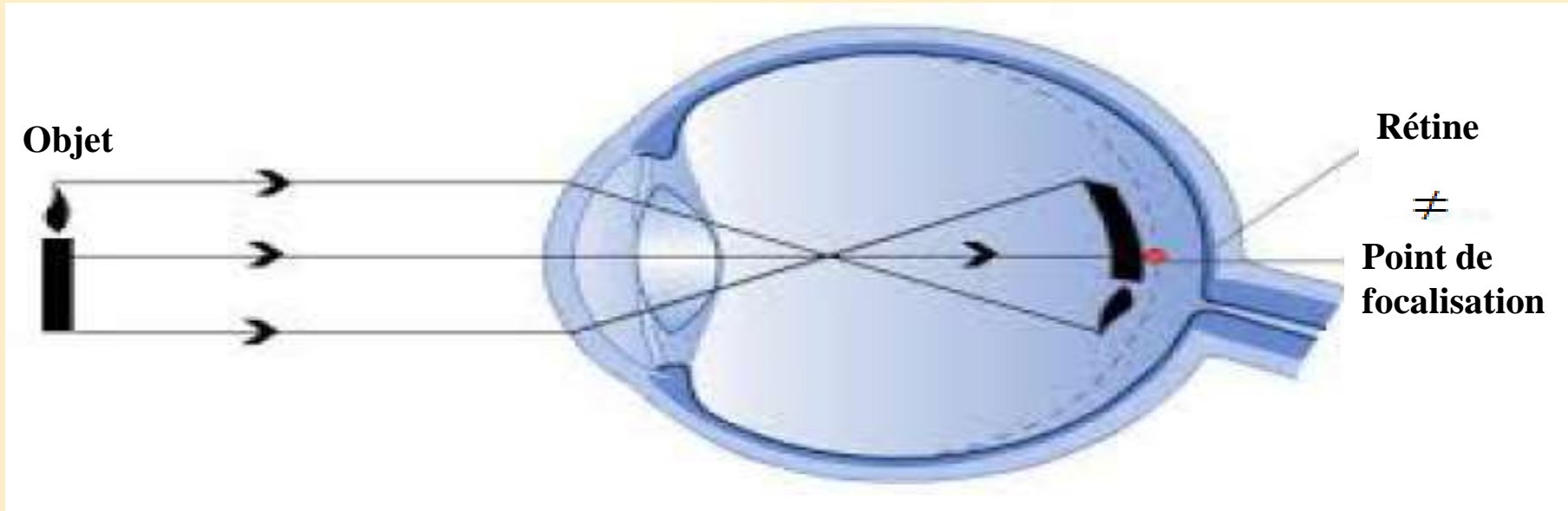
- **La myopie** est un trouble de la vision où la personne voit les objets plus flous avec leur éloignement
- Dans **la myopie**, la focalisation d'un objet situé à l'infini, se fait en avant de la rétine. L'image qui impressionnera la rétine sera donc plus étalée et plus floue.

# Œil myope



- Pour obtenir une vision nette, l'image des objets lointains doit être reculée pour être focalisée sur la rétine.
- La correction de la myopie a donc pour but de modifier le trajet des rayons lumineux pour qu'ils convergent vers la rétine

# Œil myope

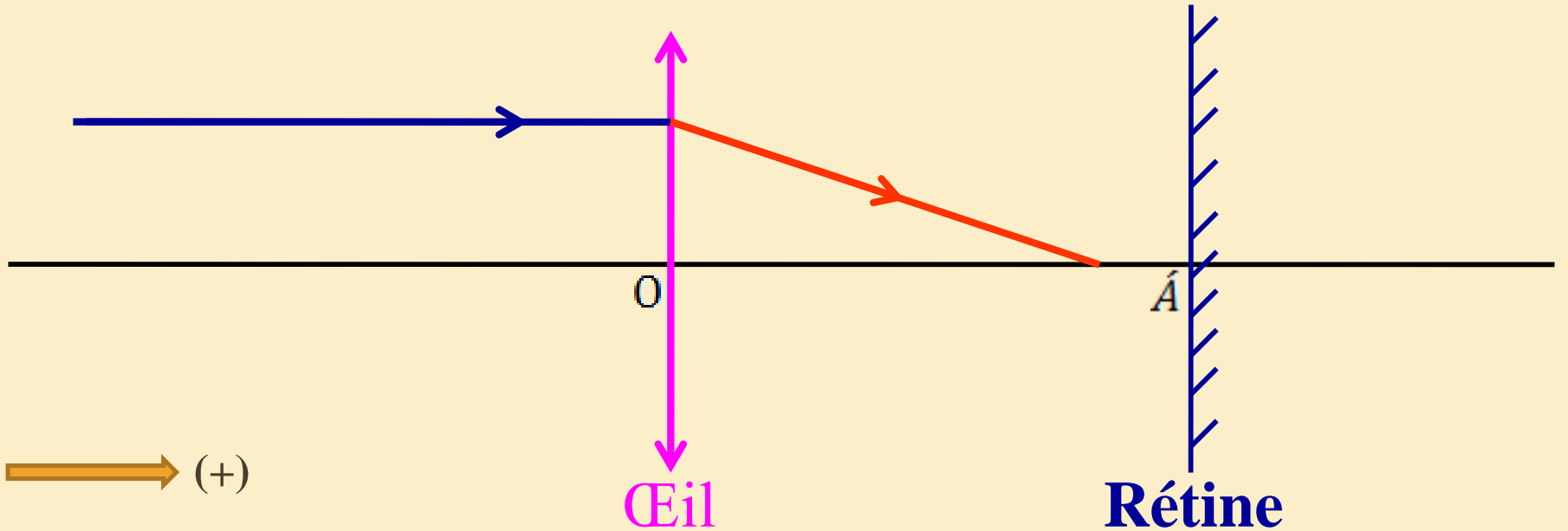
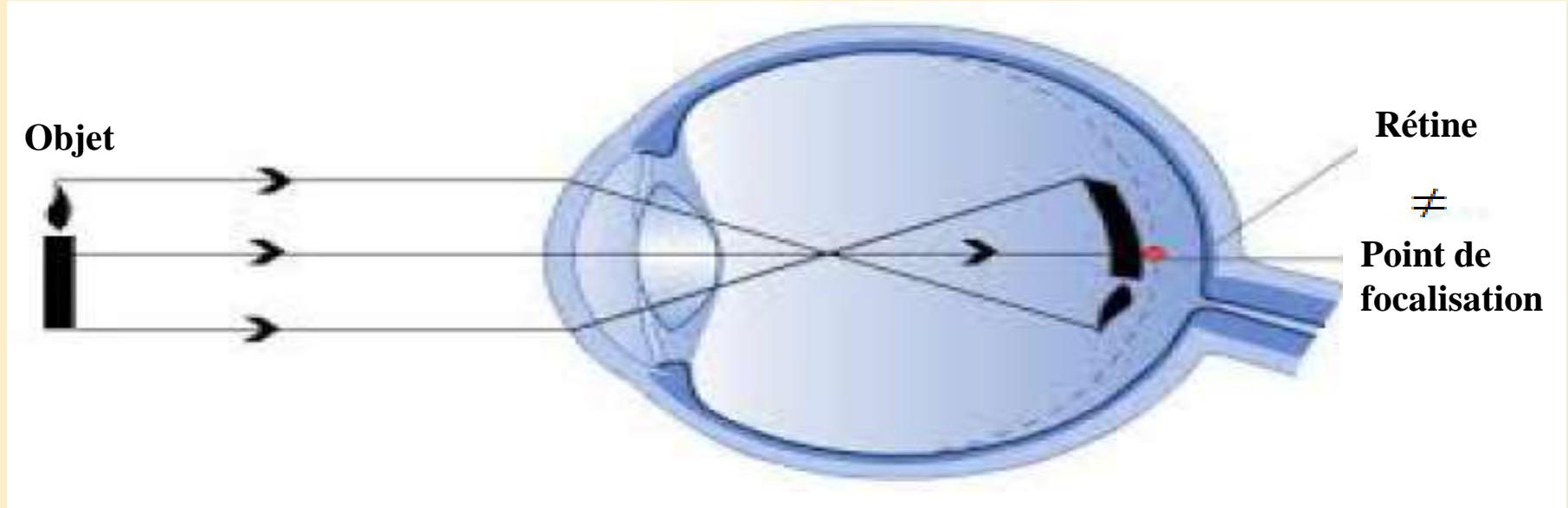


- Pour obtenir une vision nette, l'image des objets lointains doit être reculée pour être focalisée sur la rétine.
- La correction de la myopie a donc pour but de modifier le trajet des rayons lumineux pour qu'ils convergent vers la rétine

On corrige le **PR**

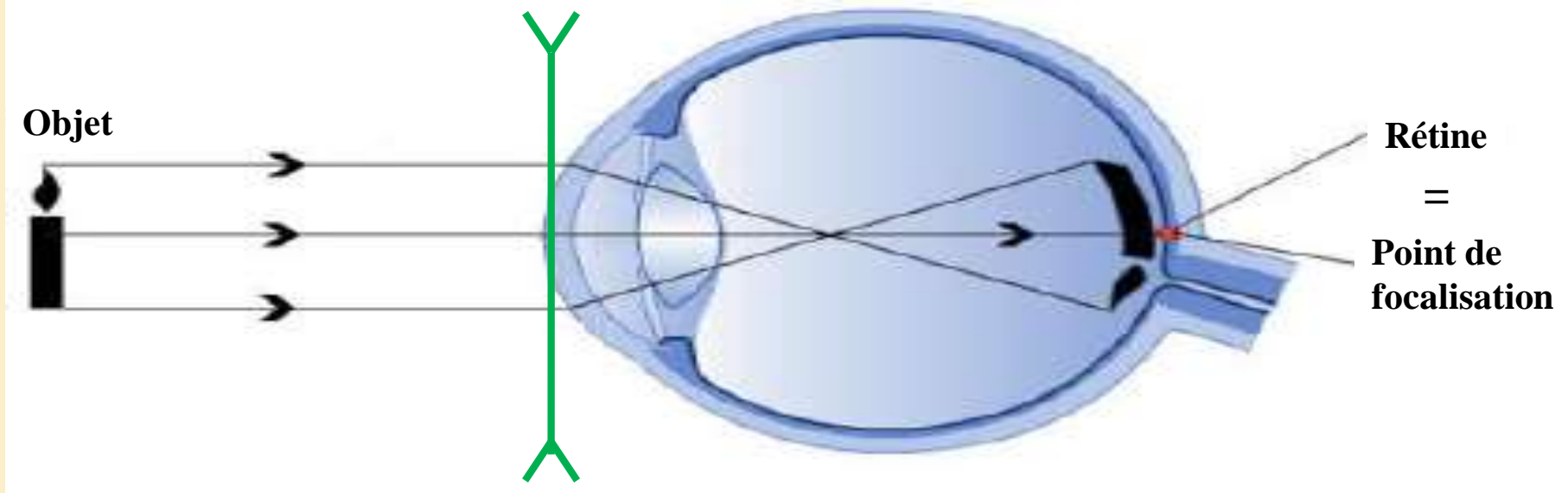
# Œil myope

Avant correction

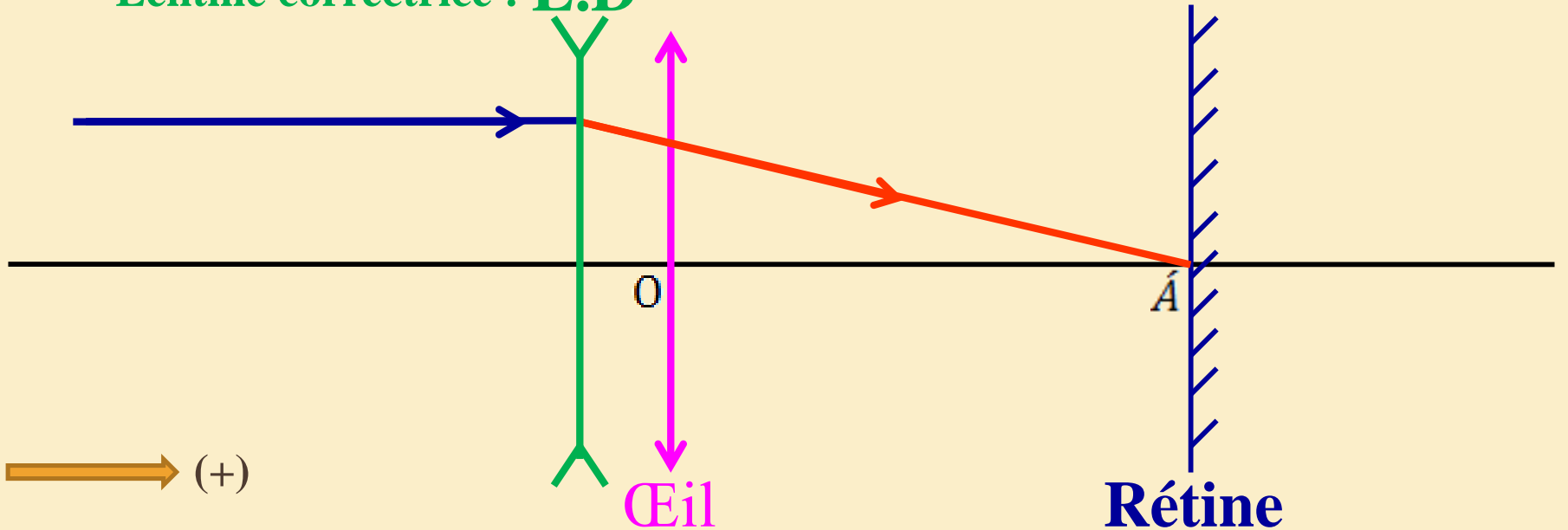


# Œil myope

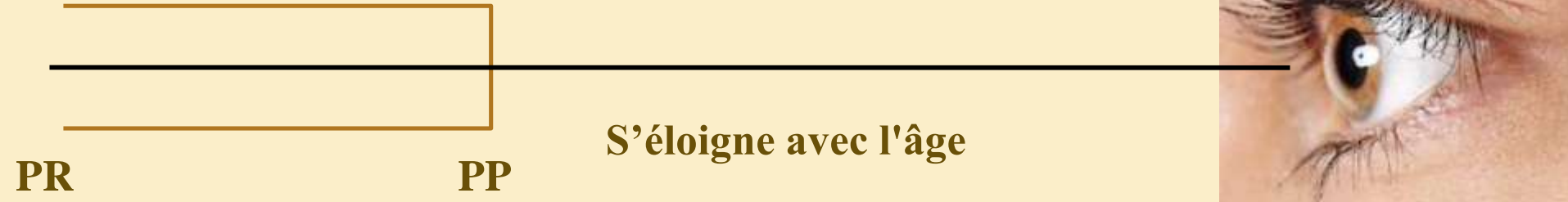
Après correction



Lentille correctrice : L.D

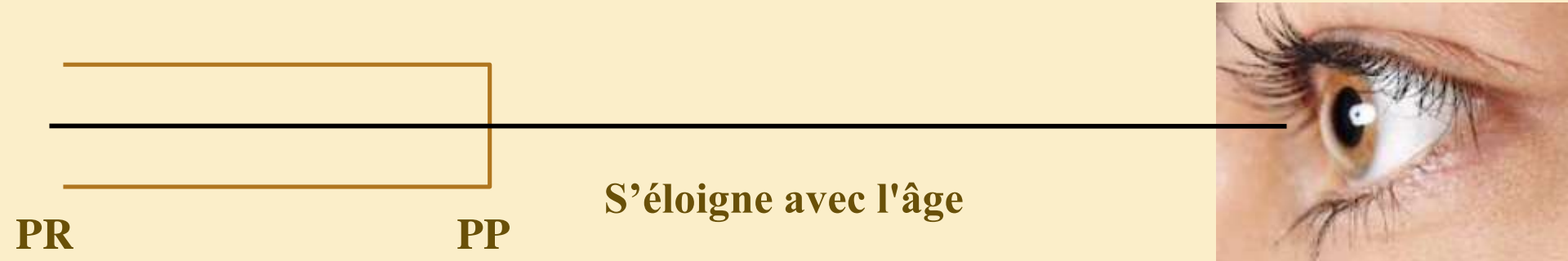


# Œil presbyte



- **La presbytie** est un trouble de la vision qui rend difficile la focalisation de la vision pour lire ou effectuer un travail de près.
- Ce n'est pas une maladie mais un processus de **vieillessement** normal de **l'œil**

# Œil presbyte



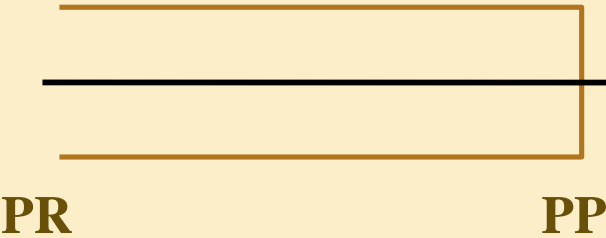
- **La presbytie** est un trouble de la vision qui rend difficile la focalisation de la vision pour lire ou effectuer un travail de près.
- Ce n'est pas une maladie mais un processus de **vieillessement** normal de **l'œil**

On corrige le **PP**

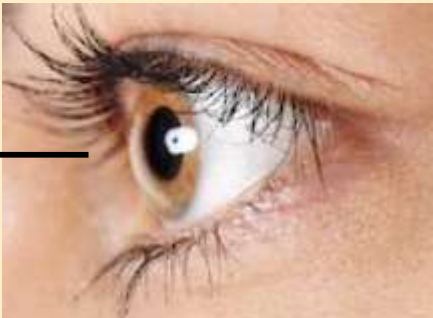


# Œil presbyte

Avant correction



S'éloigne avec l'âge

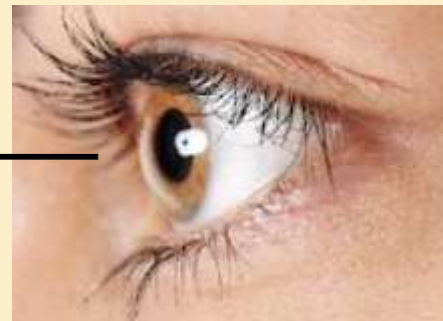


# Œil presbyte

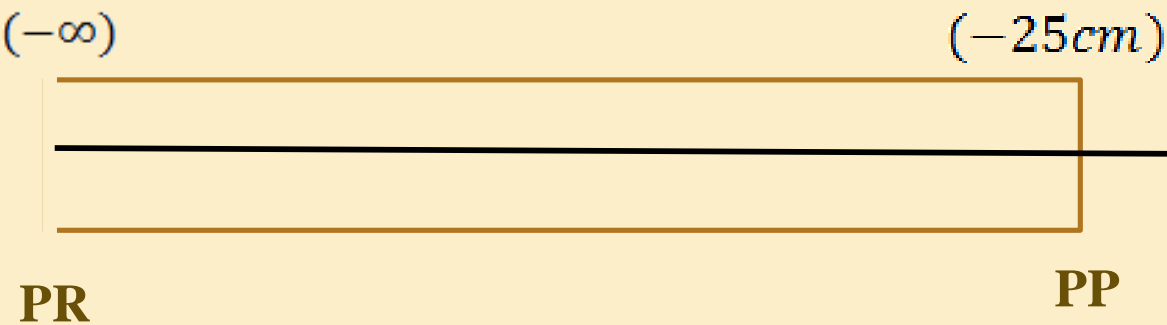
Avant correction



S'éloigne avec l'âge



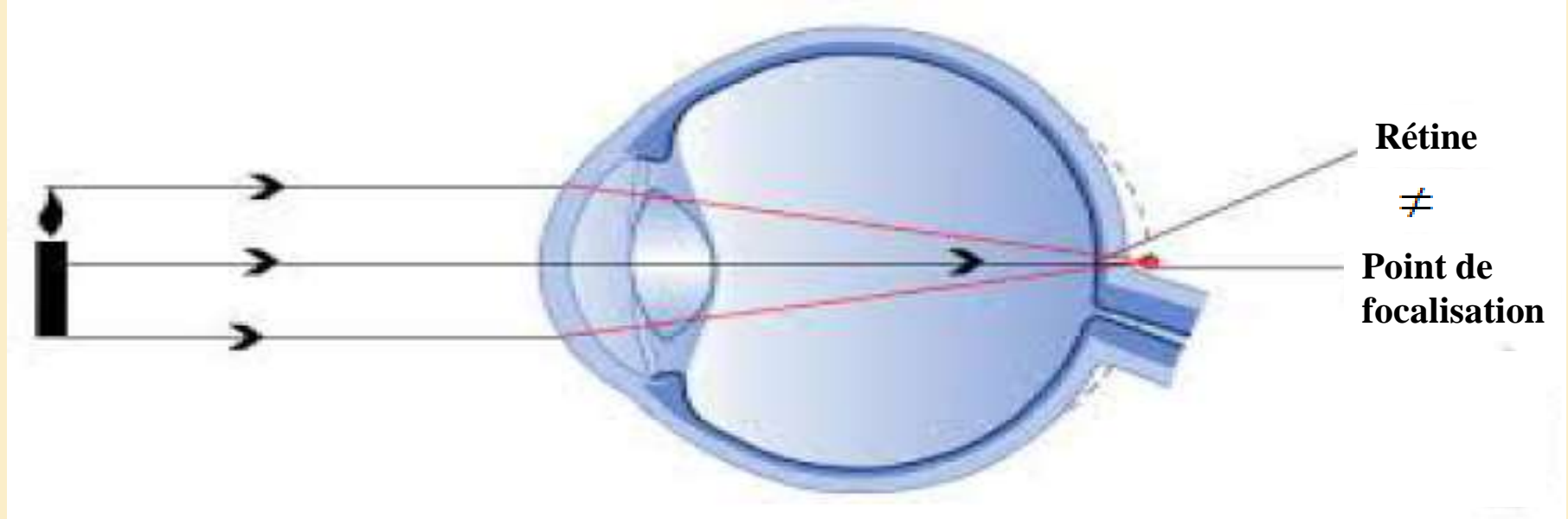
Après correction



Lentille correctrice : L.C

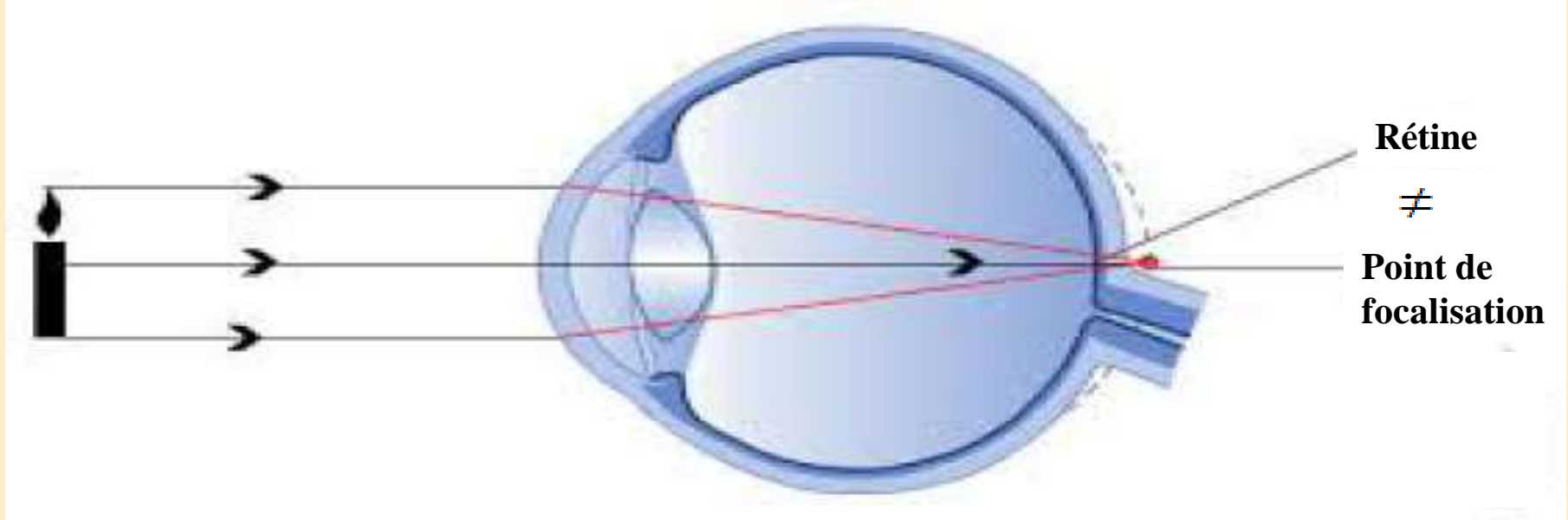


# Œil hypermétrope



- D'un point de vue optique pur, **l'hypermétropie** est le contraire de la myopie : les objets distants seraient focalisés en arrière de la rétine à travers l'œil hypermétrope au repos.

# Œil hypermétrope

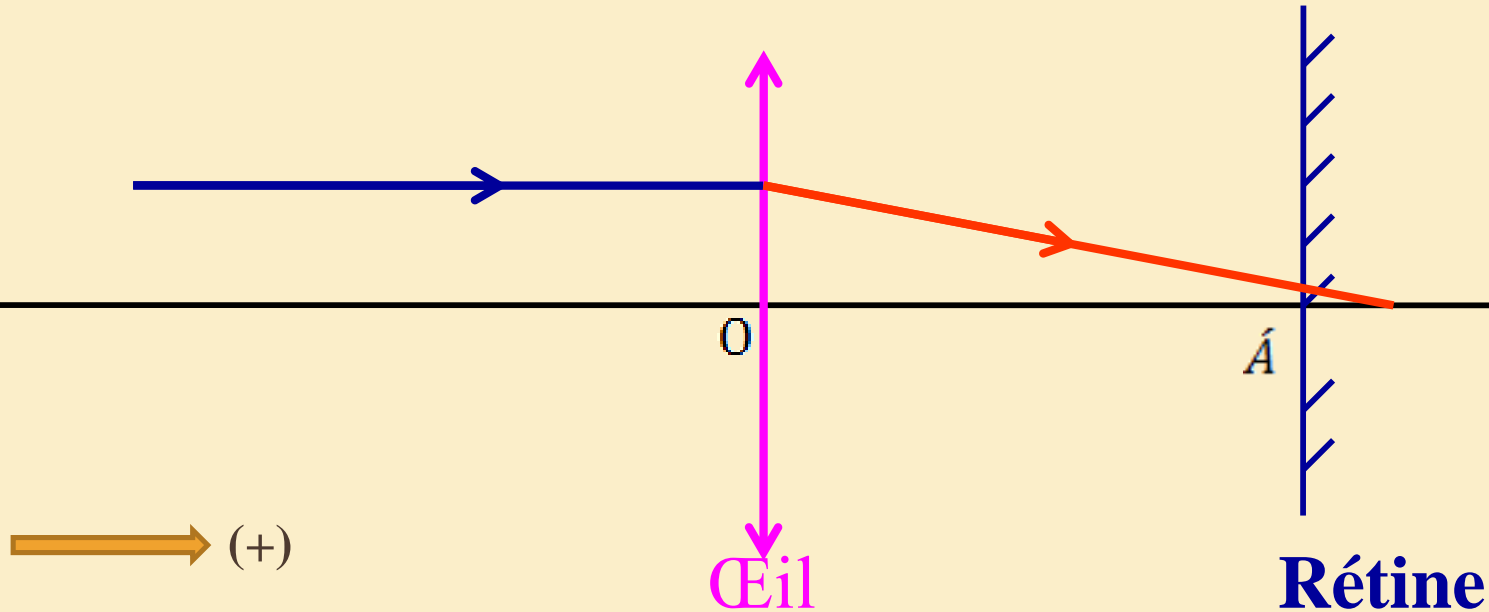
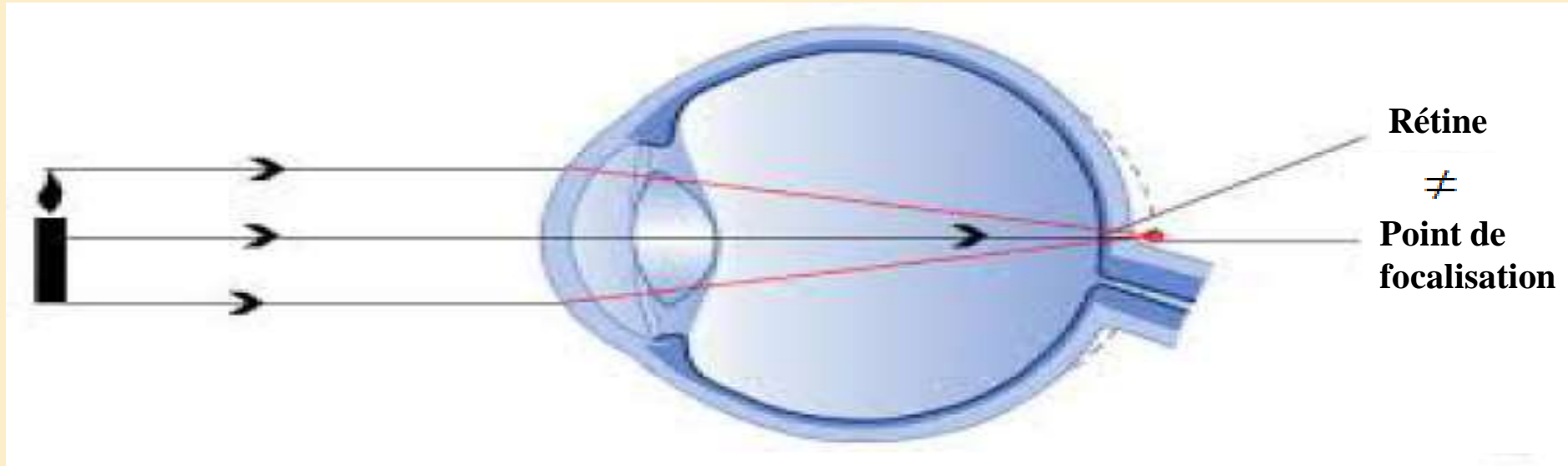


- D'un point de vue optique pur, **l'hypermétropie** est le contraire de la myopie : les objets distants seraient focalisés en arrière de la rétine à travers l'œil hypermétrope au repos.

On corrige le **PR**

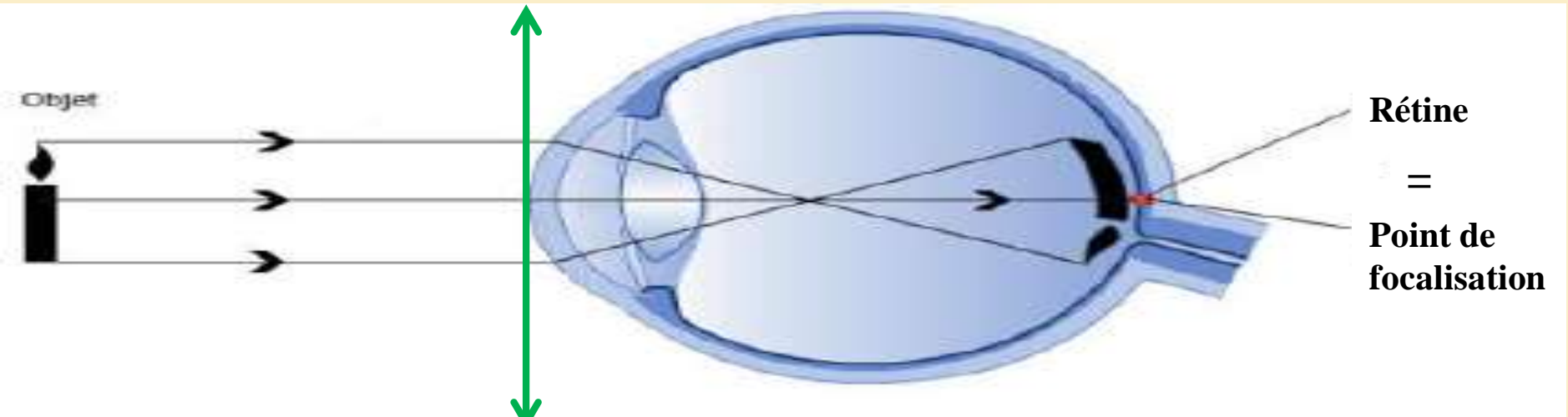
# Œil hypermétrope

Avant correction

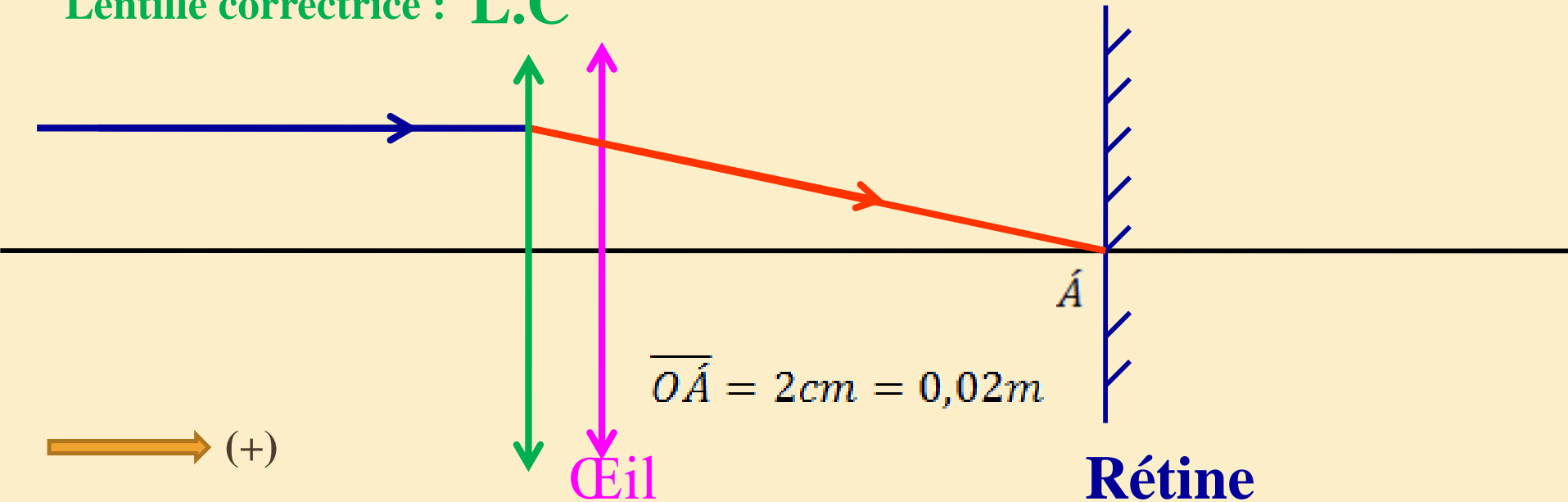


# Œil hypermétrope

Après correction



Lentille correctrice : L.C



# La puissance de la lentille correctrice

$$C = \frac{1}{\hat{f}} = C_f - C_i \quad (*)$$

$C_i$  : Puissance de l'œil avant correction.

$C_f$  : Puissance de l'œil après correction.

Avec

$$\left\{ \begin{array}{l} C_i = \frac{1}{\overline{OA_i}} - \frac{1}{\overline{OA_l}} \quad (1) \\ C_f = \frac{1}{\overline{OA_f}} - \frac{1}{\overline{OA_f}} \quad (2) \end{array} \right.$$

$$\overline{OA} = 2\text{cm} = 0,02\text{m}$$

$\overline{OA_i}$  : Position de PP ou PR avant correction.

$\overline{OA_f}$  : Position de PP ou PR après correction.

(1) et (2)



$$C = \frac{1}{\hat{f}} = \frac{1}{\overline{OA_l}} - \frac{1}{\overline{OA_f}}$$

Unité :

•  $C$  en **Dioptries** :  $\delta$

$$1\delta = \text{m}^{-1}$$

# Loupe

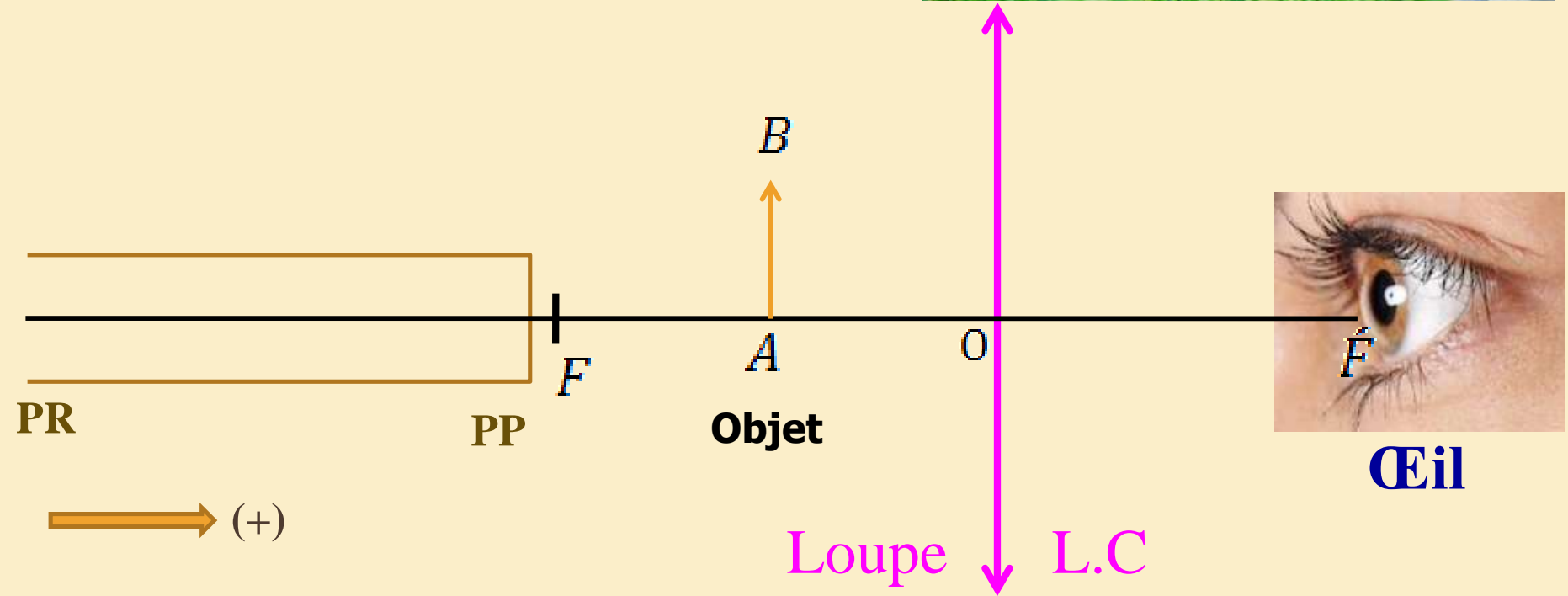
---



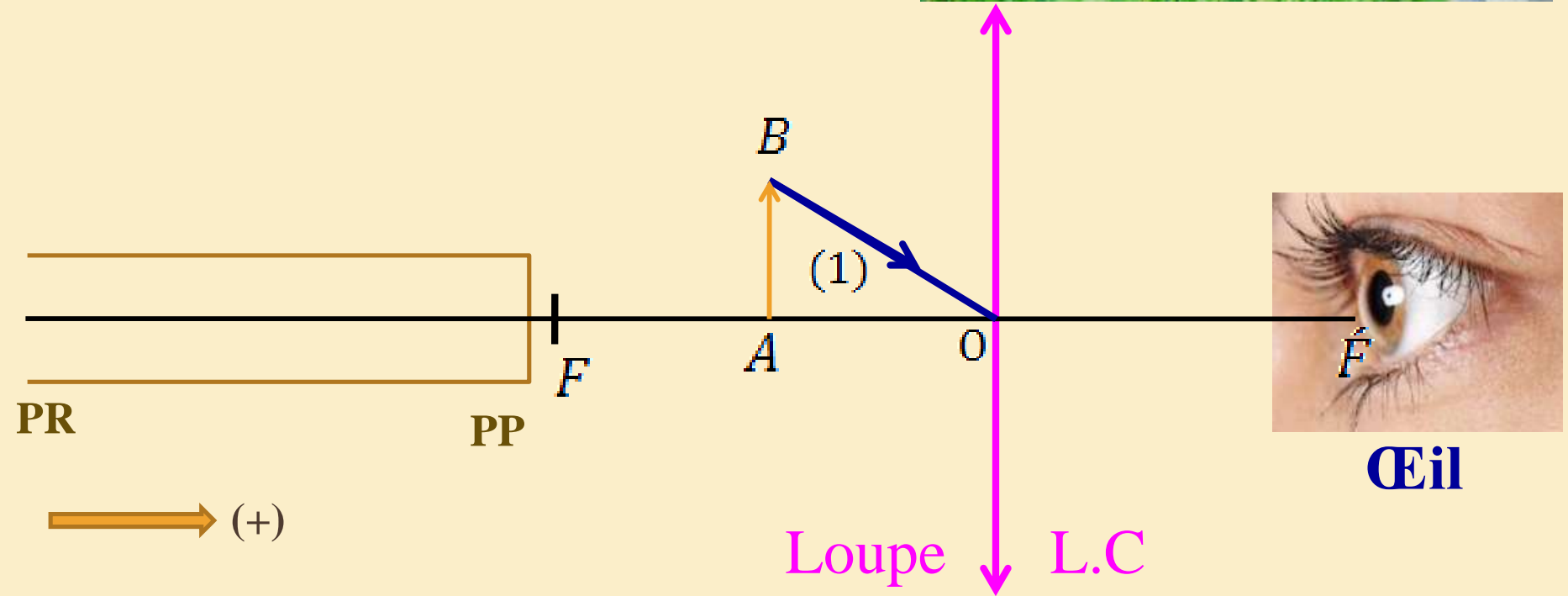


# Loupe $\longrightarrow$ Lentille Convergente $f > 0$

➤ **Loupe** est une lentille convergente de faible distance focale, utilisé pour observer les petits objets sous un angle plus grand qu'à l'œil nu.

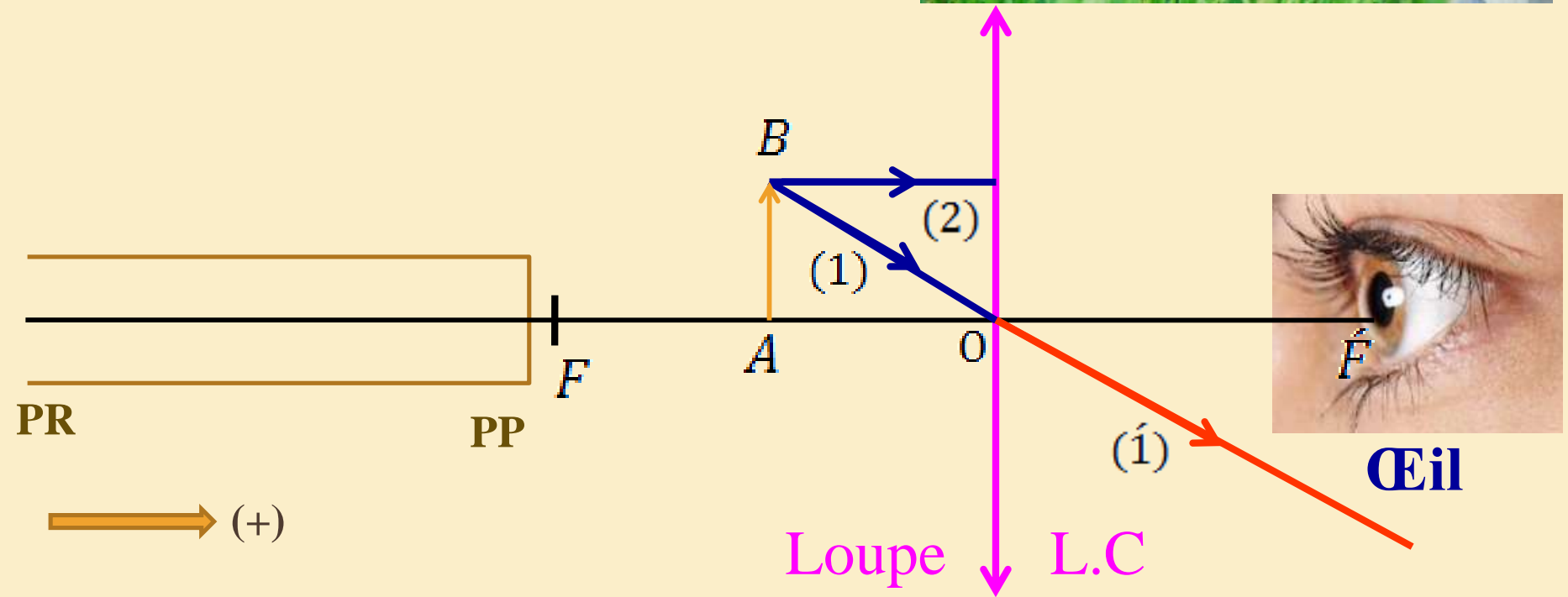


# Loupe $\longrightarrow$ Lentille Convergente $f > 0$

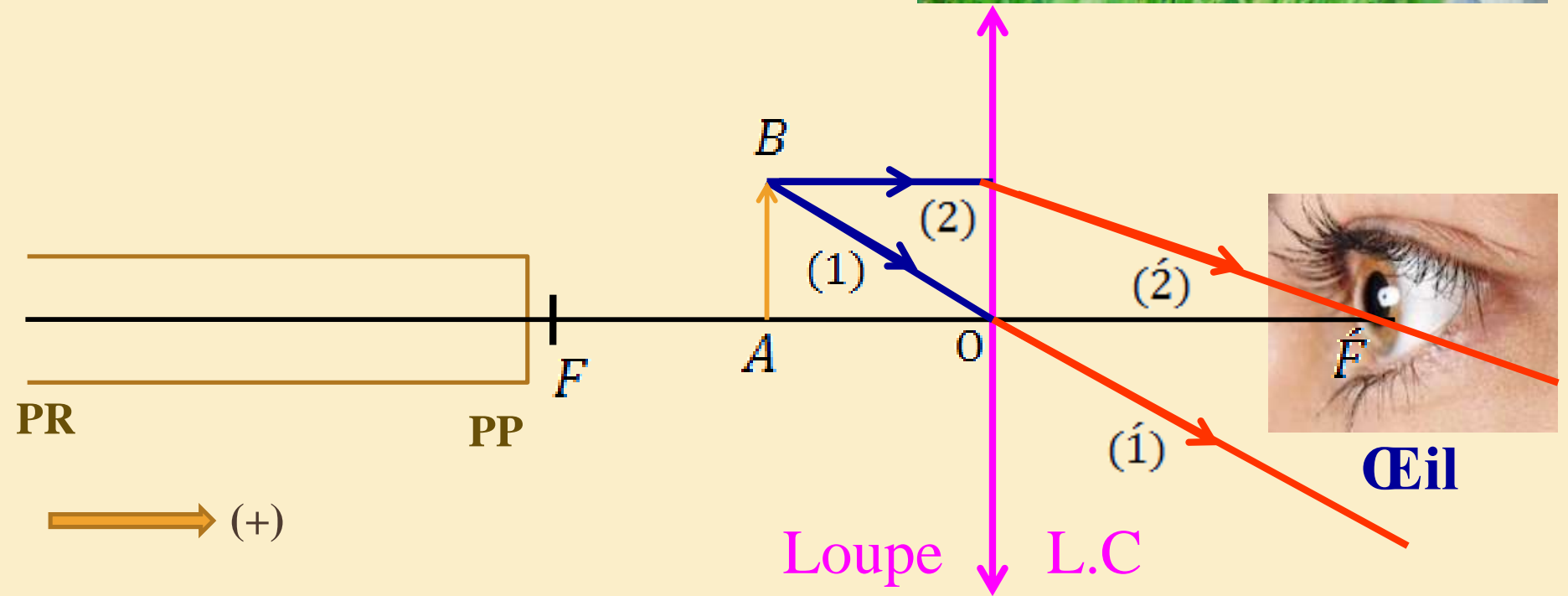




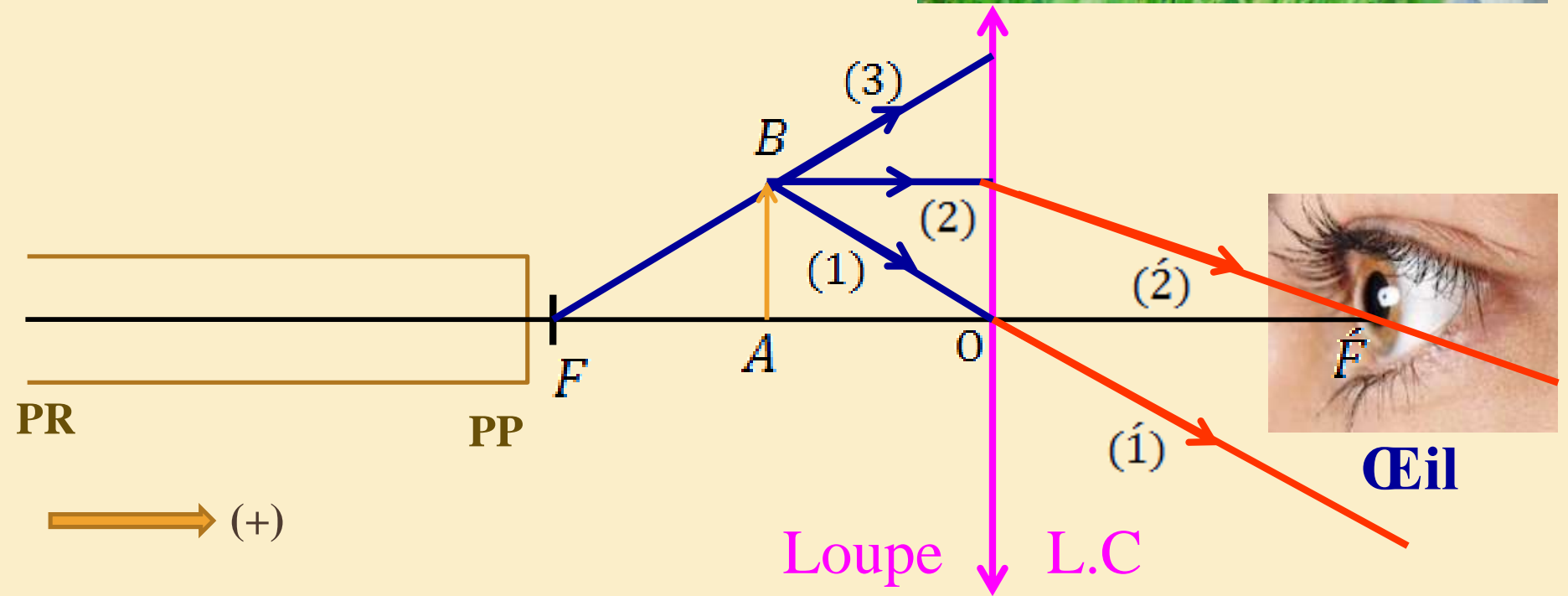
# Loupe $\longrightarrow$ Lentille Convergente $f > 0$



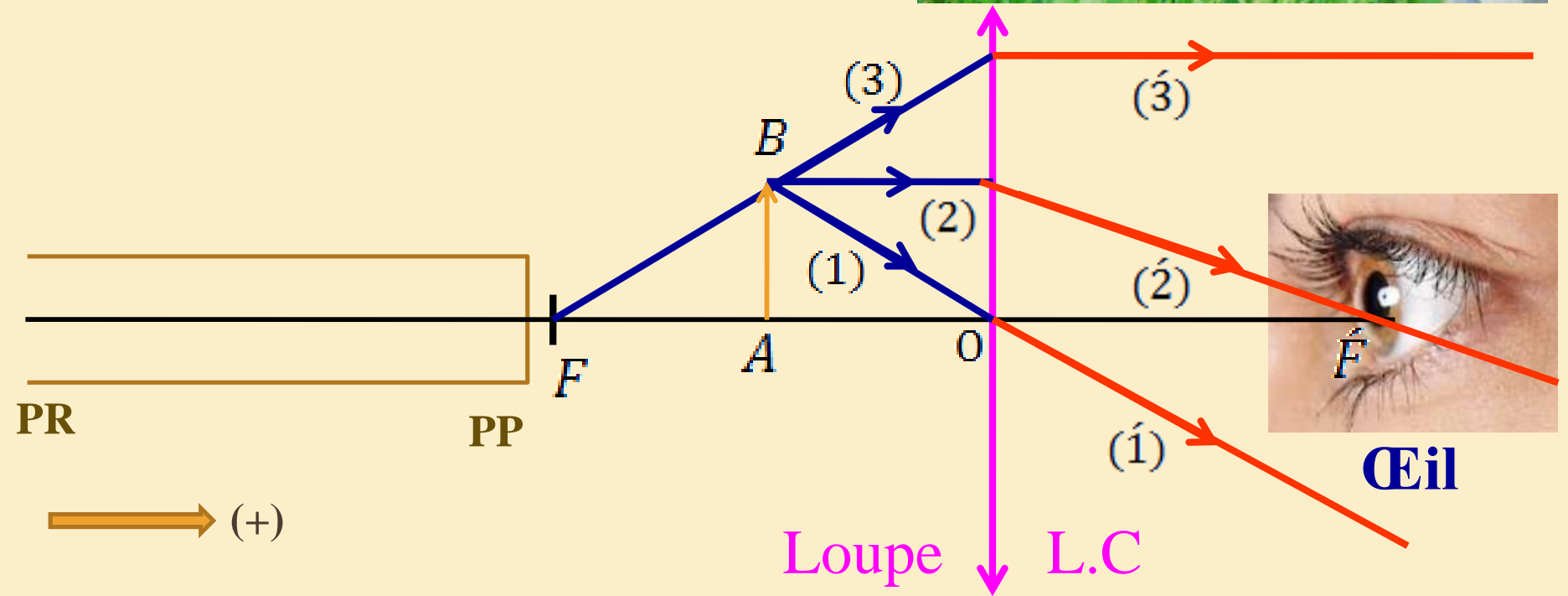
# Loupe $\longrightarrow$ Lentille Convergente $f > 0$



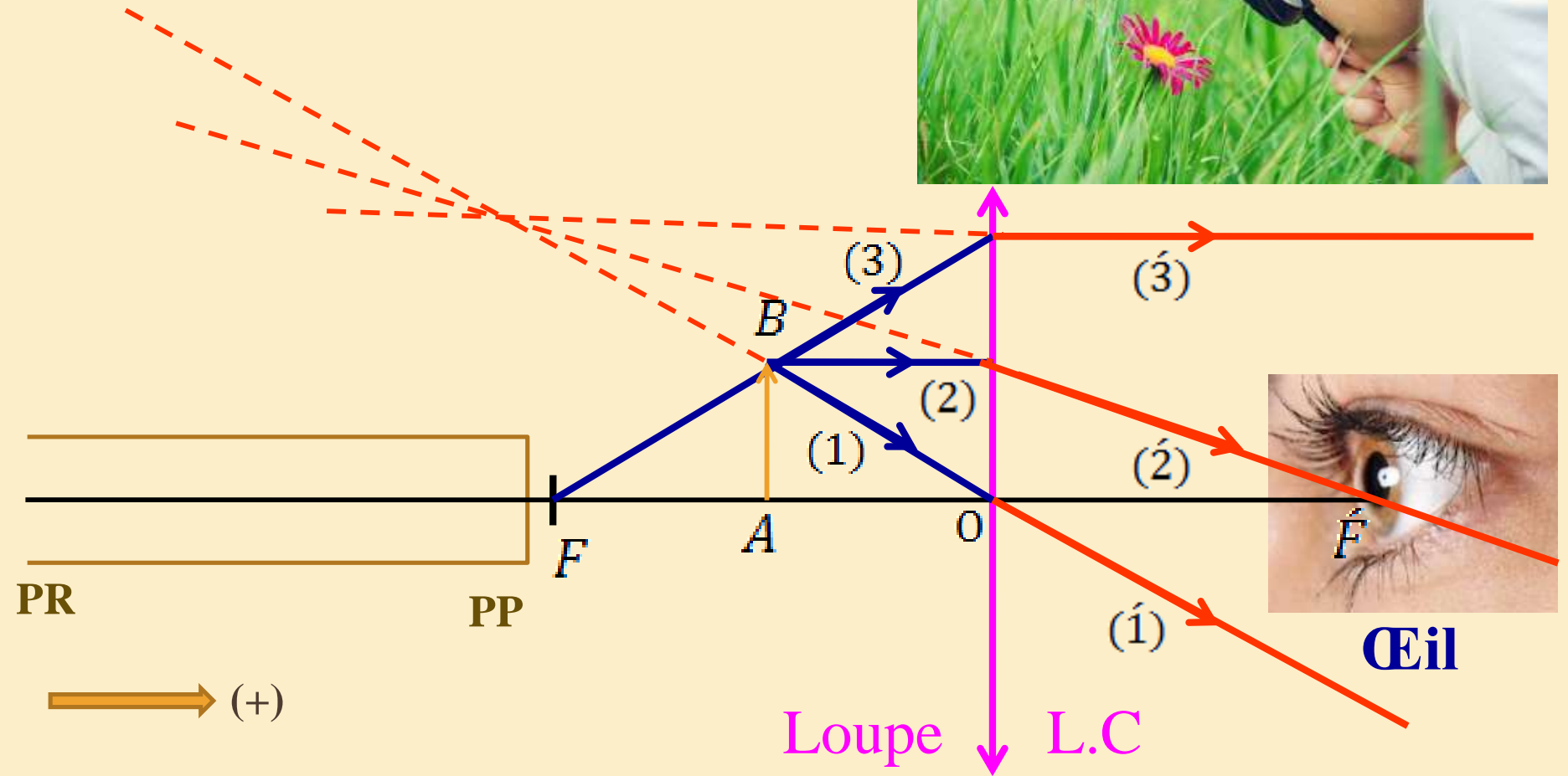
# Loupe $\longrightarrow$ Lentille Convergente $f > 0$



# Loupe $\longrightarrow$ Lentille Convergente $f > 0$

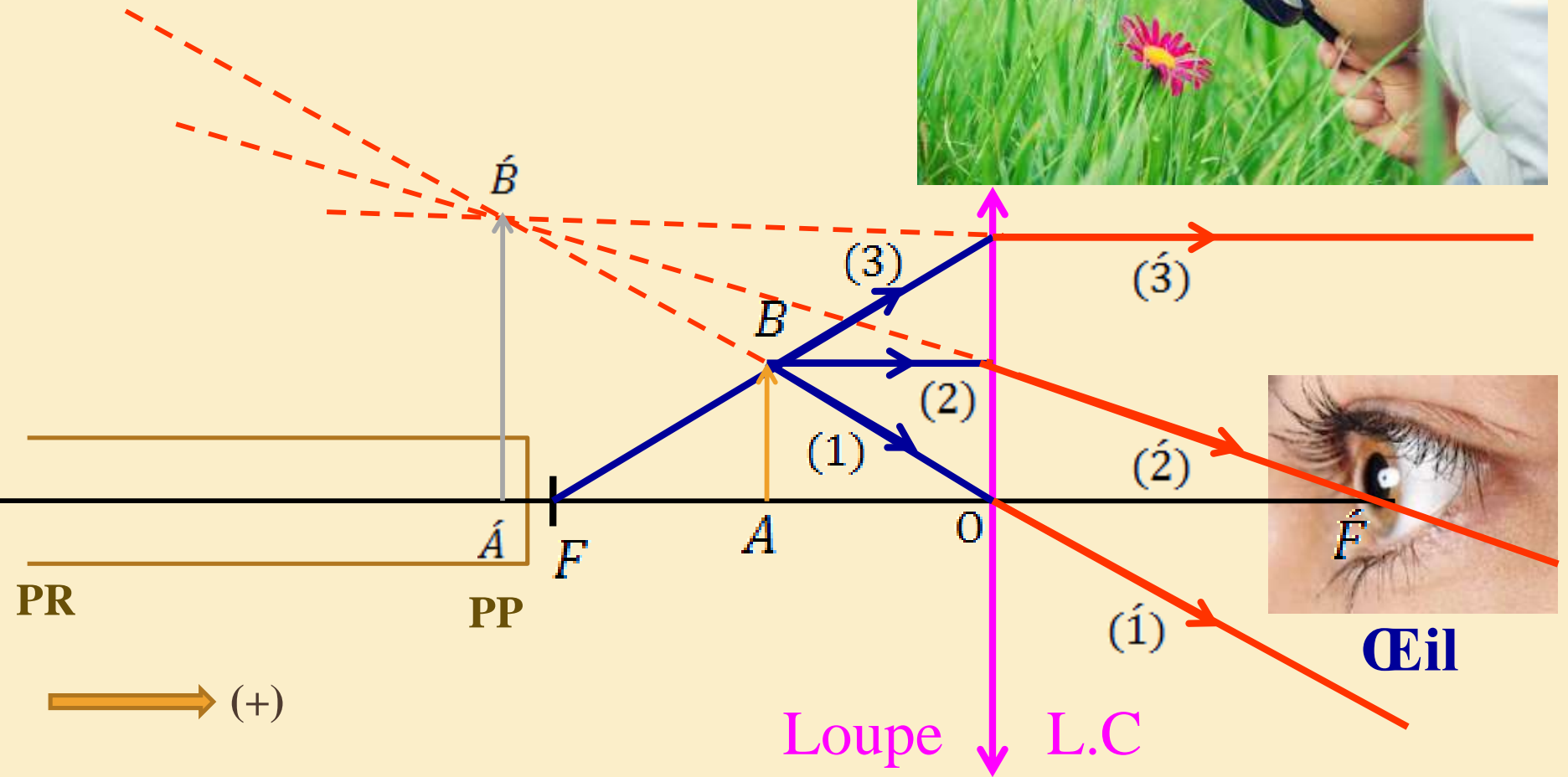


# Loupe $\longrightarrow$ Lentille Convergente $f > 0$

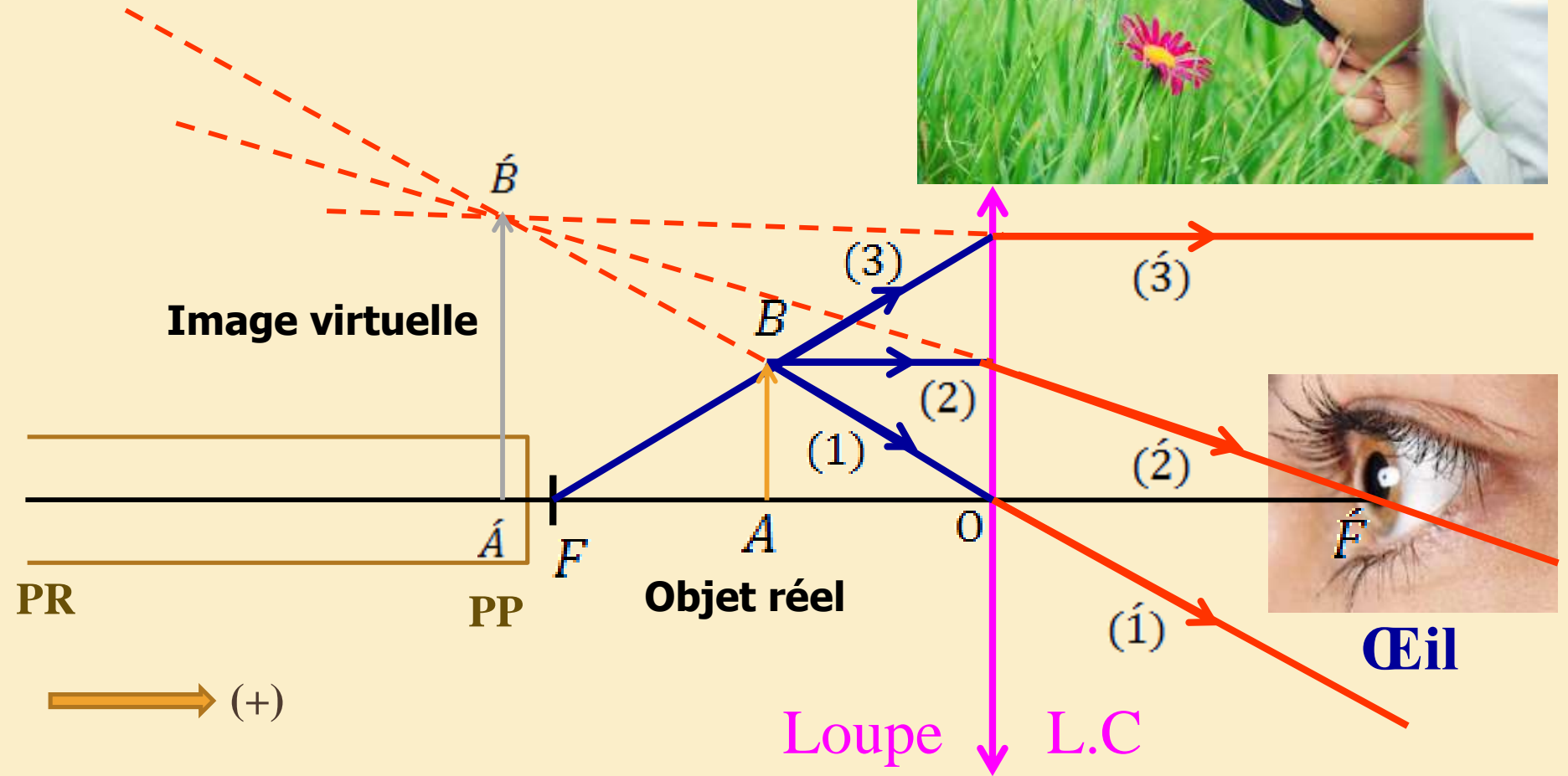




# Loupe $\longrightarrow$ Lentille Convergente $f > 0$

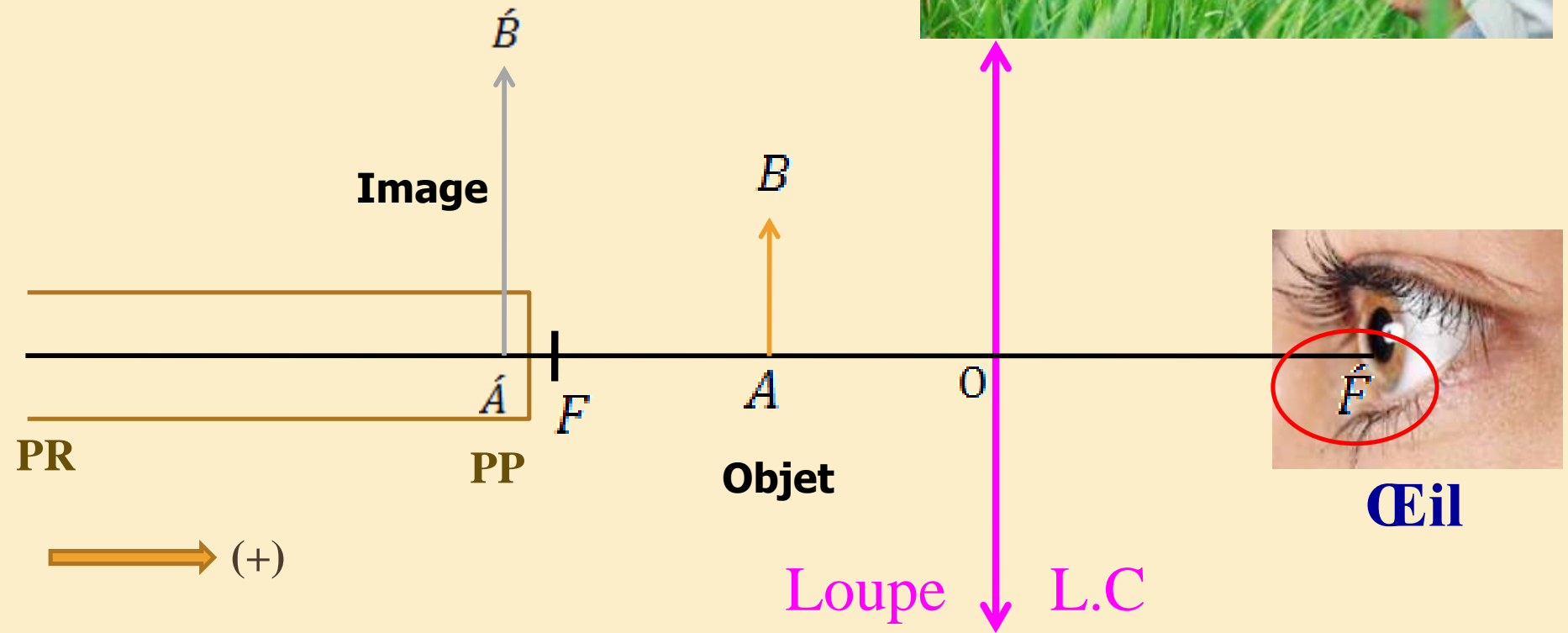


# Loupe $\longrightarrow$ Lentille Convergente $f > 0$



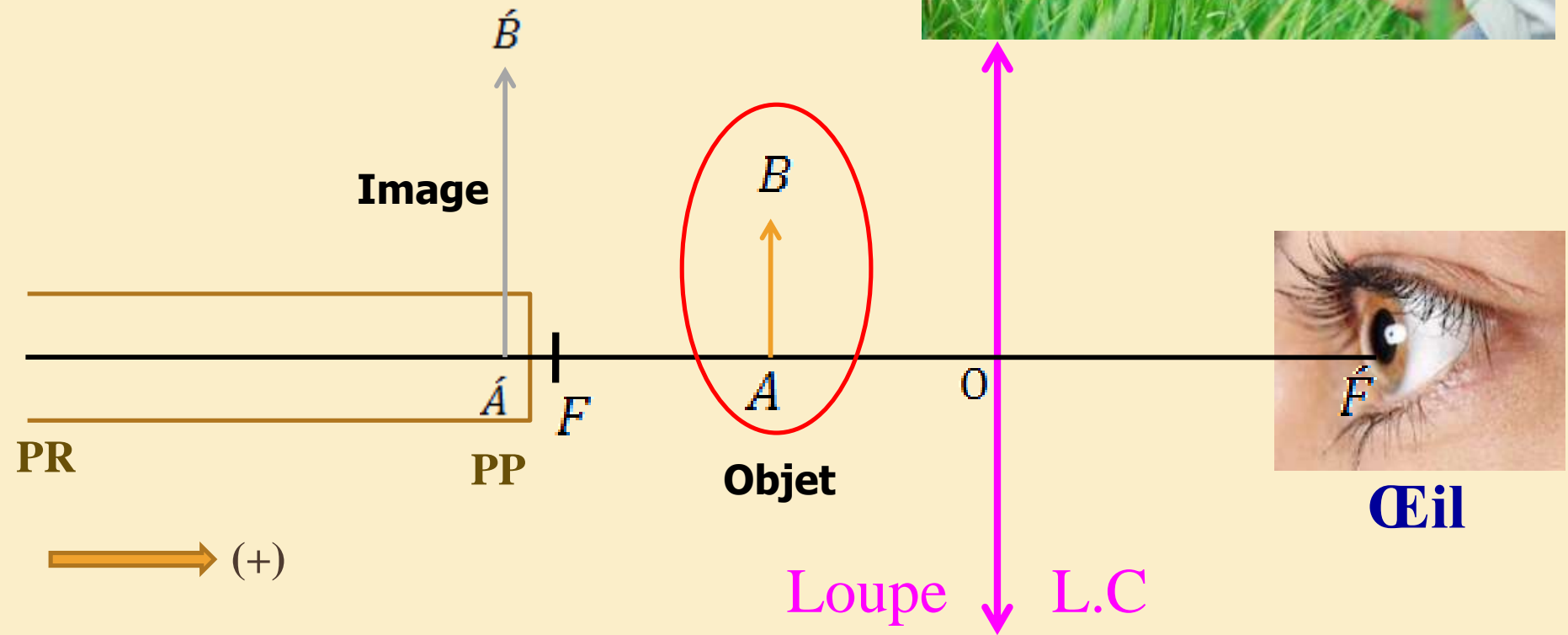
# Loupe $\longrightarrow$ Lentille Convergente $f > 0$

➤ L'œil de l'observateur se trouve sur le **Foyer image** de la loupe



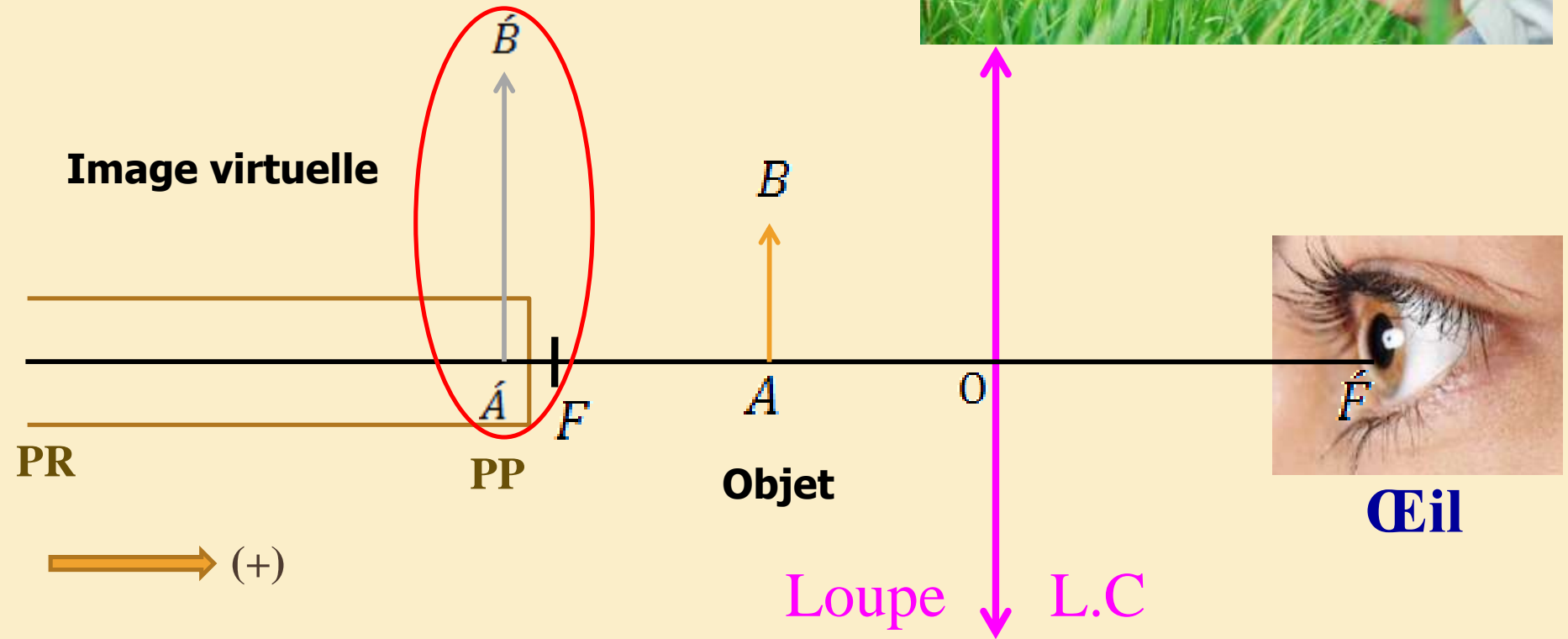
# Loupe $\longrightarrow$ Lentille Convergente $f > 0$

► Loupe est une L.C dont l'objet se trouve entre O et F.



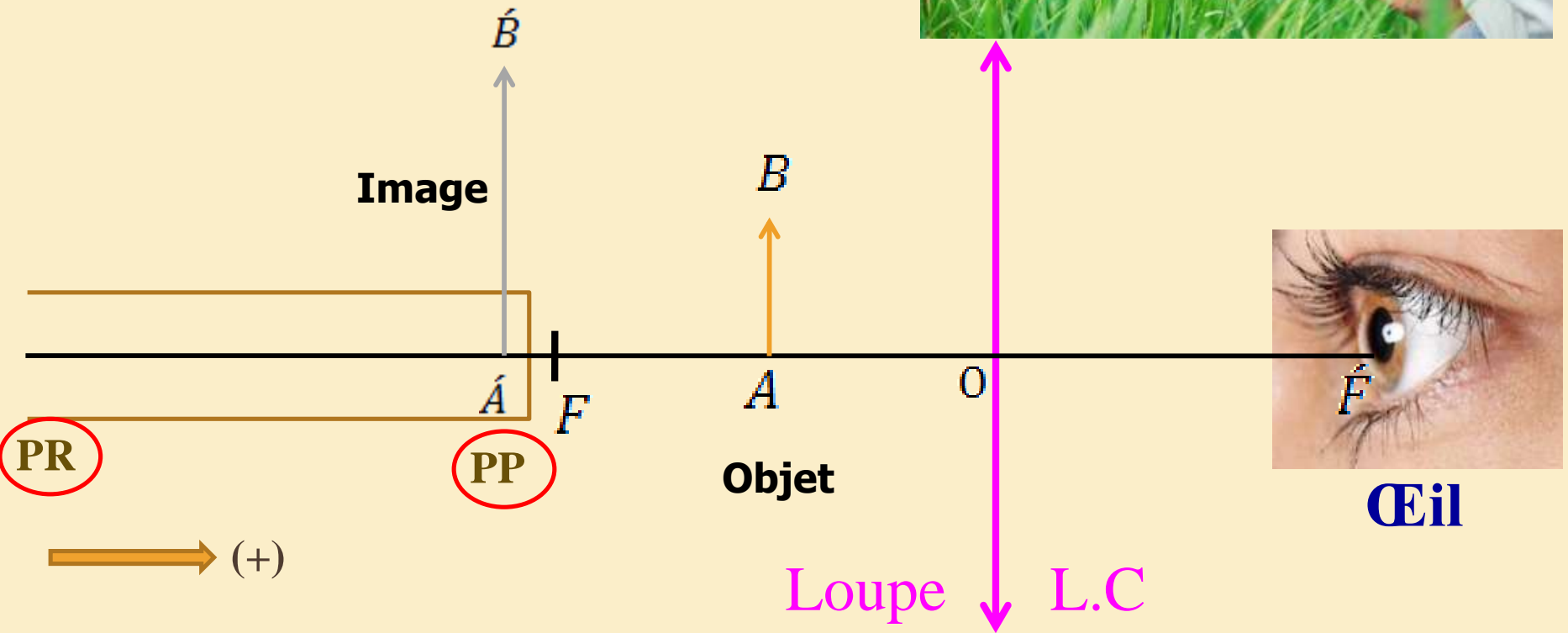
# Loupe $\longrightarrow$ Lentille Convergente $f > 0$

➤ L'image obtenue est virtuelle, droite et agrandie



# Loupe $\longrightarrow$ Lentille Convergente $f > 0$

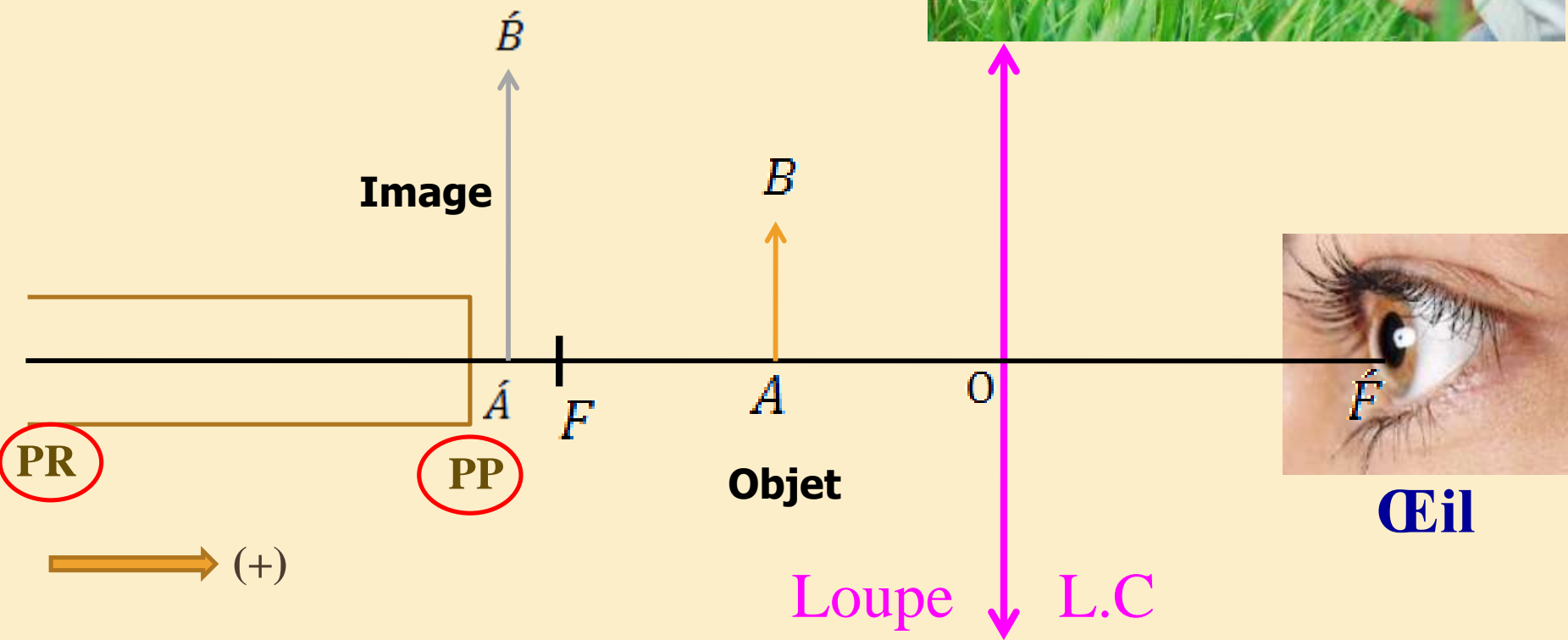
➤ Pour que l'image soit nette, il faut qu'elle se situe entre le **PP** et **PR**



# Mise au point

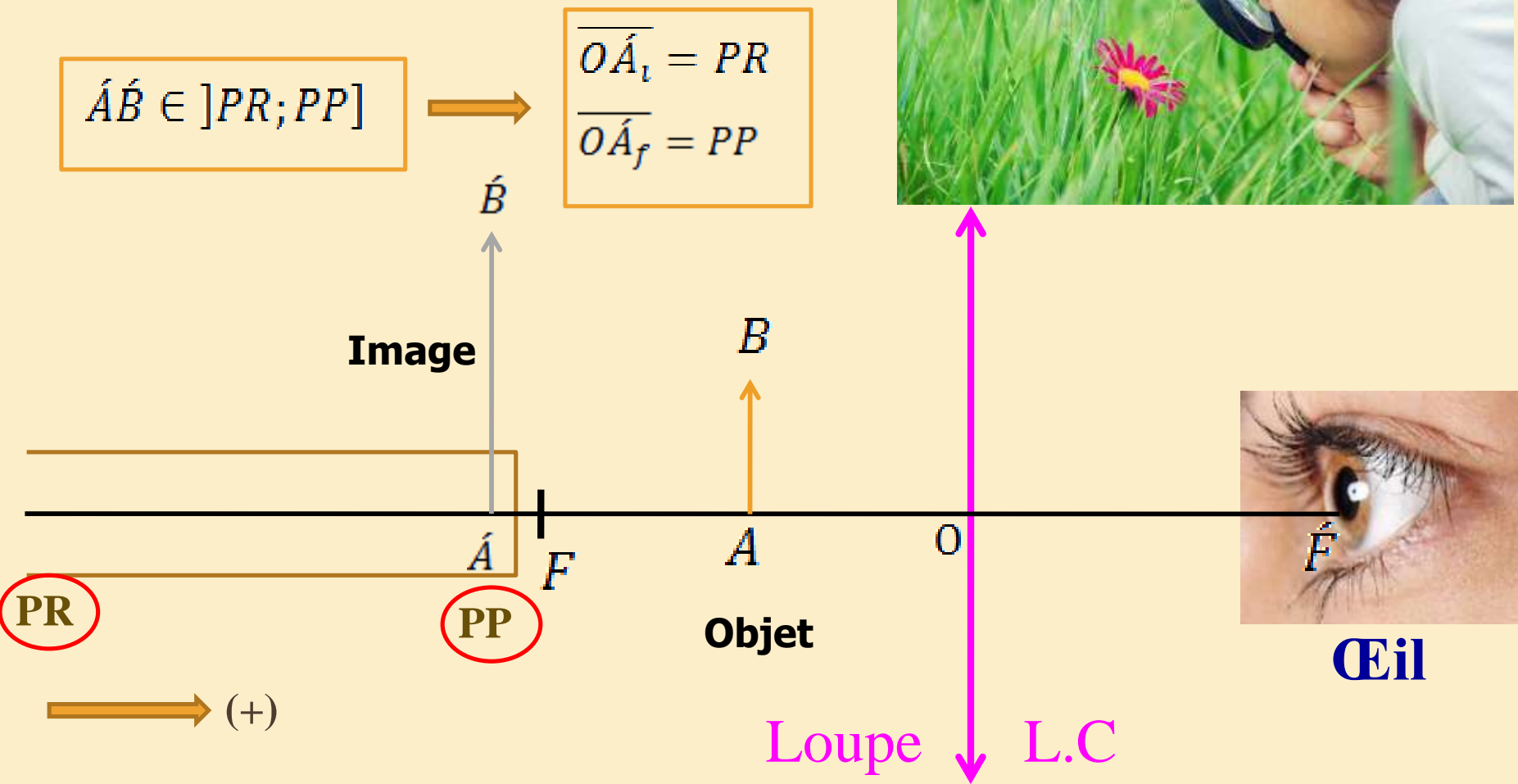
- Si l'image ne se trouve pas dans le champs de vision nette  $]PR; PP]$

→  $\hat{A}\hat{B} \notin ]PR; PP]$



# Mise au point

- il faut alors faire bouger la loupe pour ramener l'image dans le champs de vision nette  $]PR; PP[$

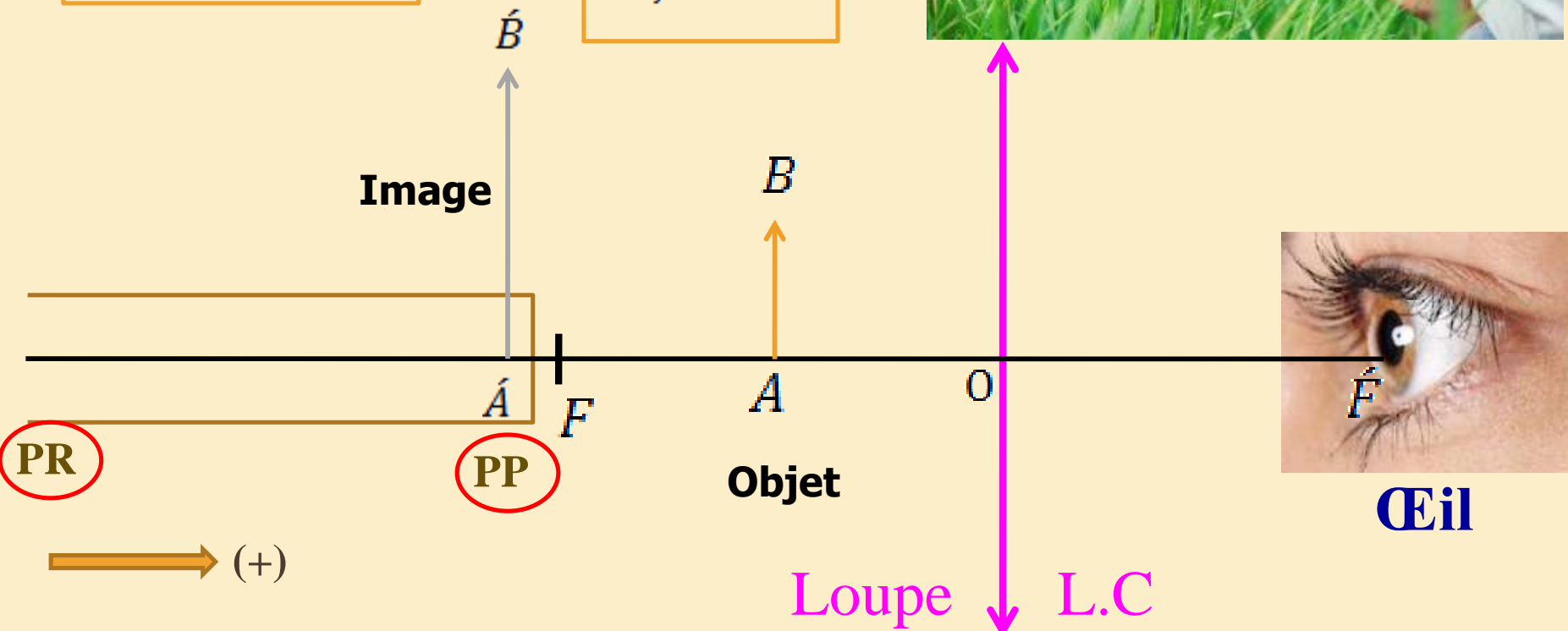
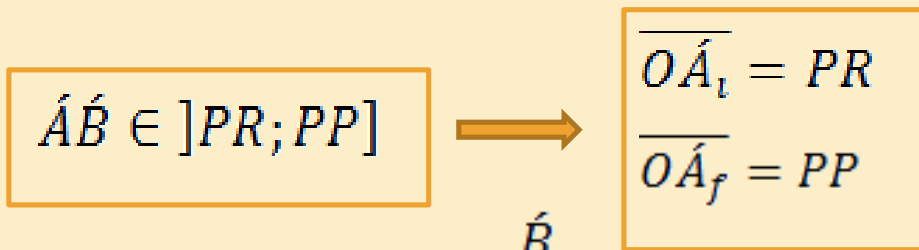




# Mise au point

➤ Cette opération est dite :

**Mise au point**



# Loupe

## ❖ Latitude de mise au point

Latitude de mise au point est l'intervalle des positions de l'objet par rapport à la loupe tel que l'image soit visible par l'œil de façon nette.

Unité :

•  $L$  en *mm*

$$L = |\overline{OA_i} - \overline{OA_f}|$$

$\overline{OA_f}$  : Position de l'objet dont l'image se trouve sur PP.  $\overline{O\hat{A}_f} = PP$

$\overline{OA_i}$  : Position de l'objet dont l'image se trouve sur PR.  $\overline{O\hat{A}_i} = PR$

# Loupe

## ❖ La formule de conjugaison

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\hat{f}}$$

## ❖ La puissance de la loupe

$$P = \frac{1}{\hat{f}}$$

Unité :

- $P$  en  $\delta$
- $\hat{f}$  en  $m$

## ❖ Le Grossissement de la loupe

$$G = d_m \cdot P$$

Unité :

- $PP$  en  $m$

$P$  : Puissance de la loupe

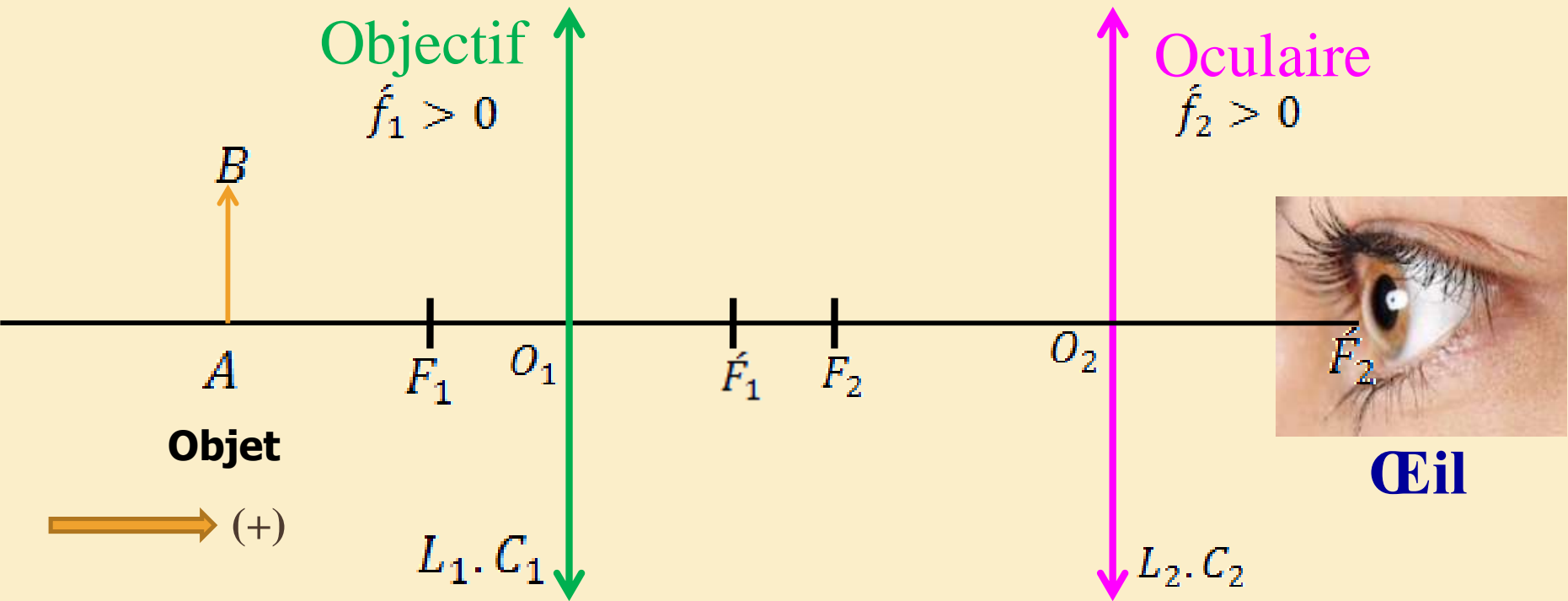
$d_m$  : Distance minimale  
de la vision distincte  $d_m = |PP|$

# Microscope optique



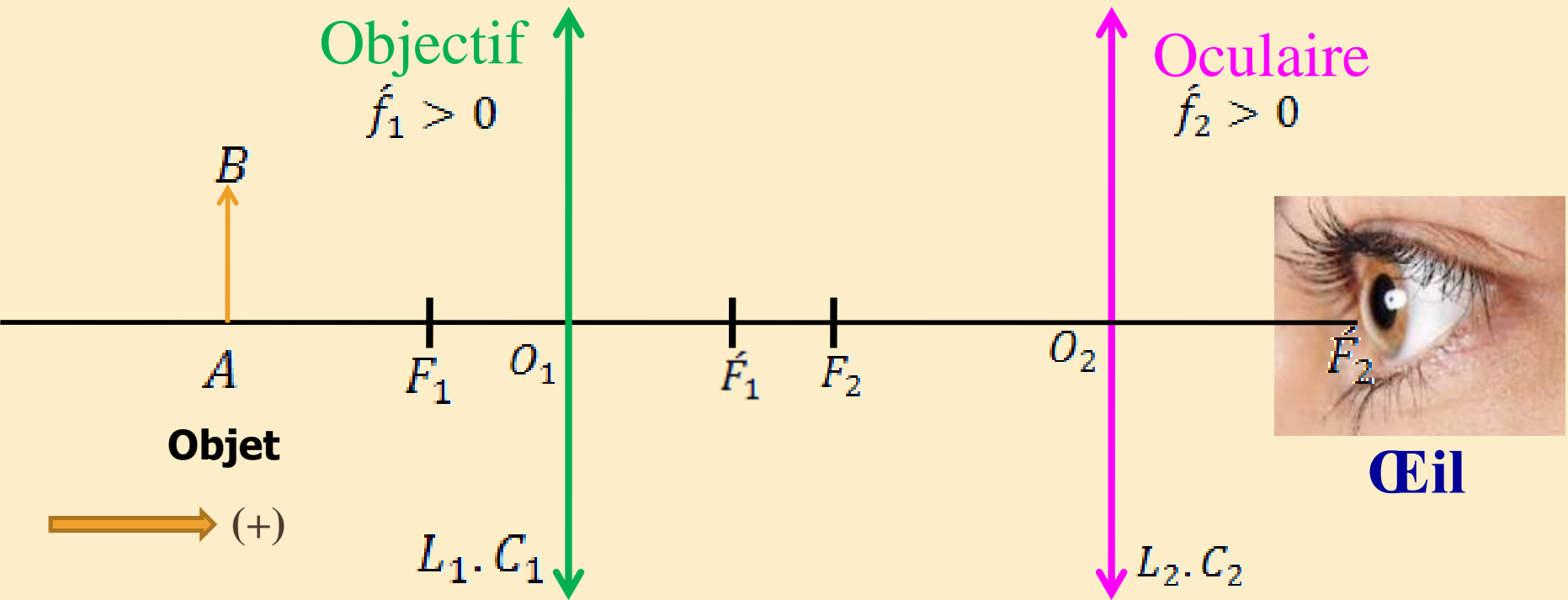
# Microscope optique

➤ **Microscope optique** est un instrument optique muni d'un **Objectif** et d'un **oculaire** qui permet de grossir l'image d'un objet de petites dimensions et de séparer les détails de cette image afin qu'il soit observable par l'œil humain.

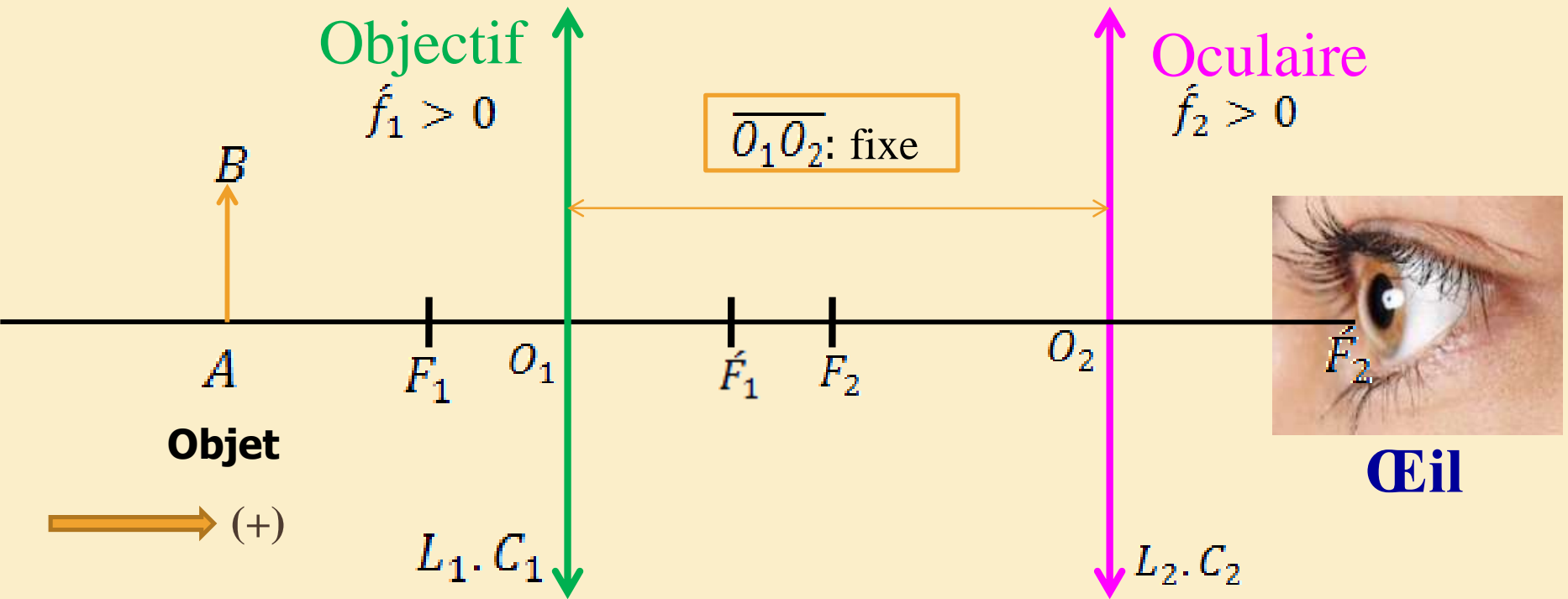
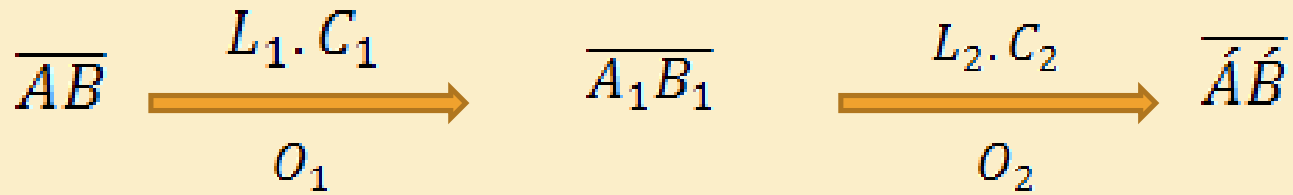


# Microscope optique

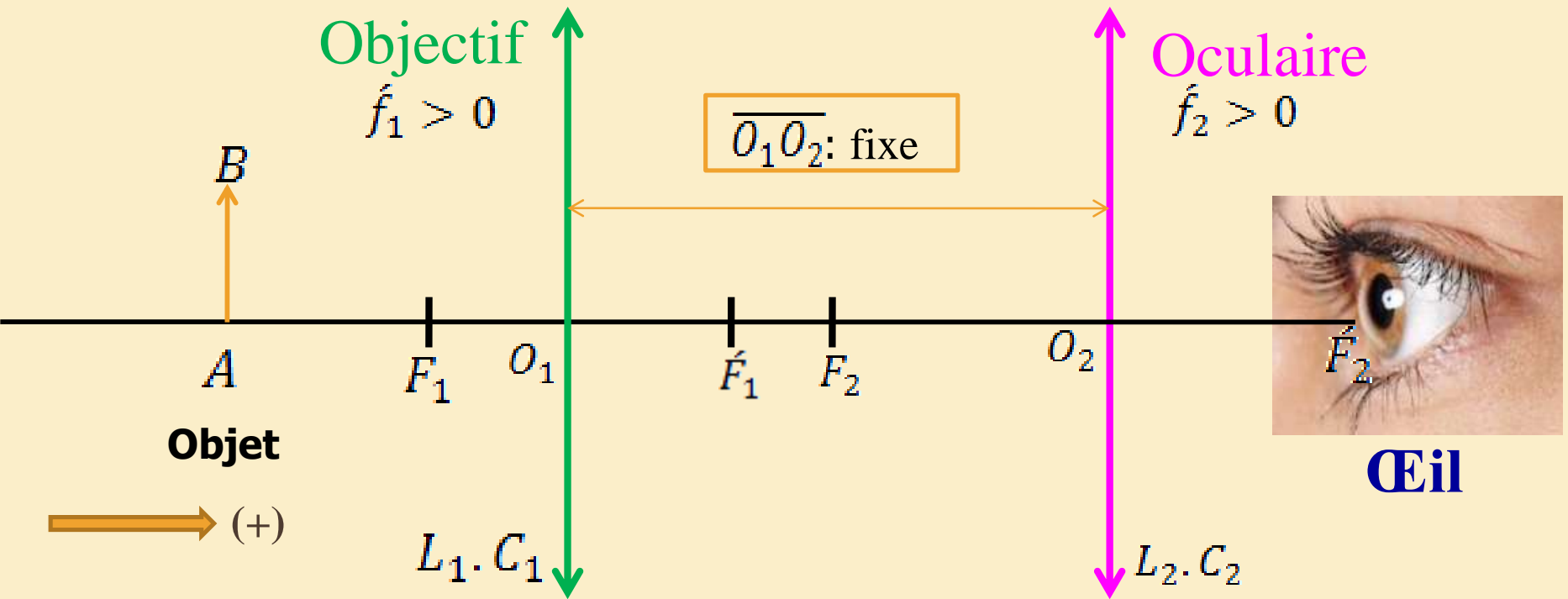
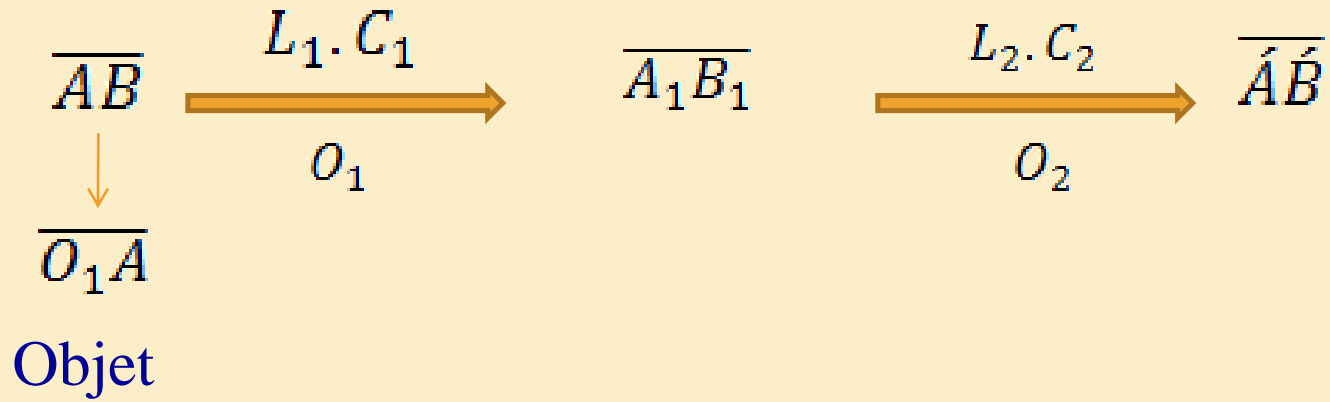
- Il est utilisé en Biologie, pour observer les cellules, les tissus.....etc.



# Microscope optique

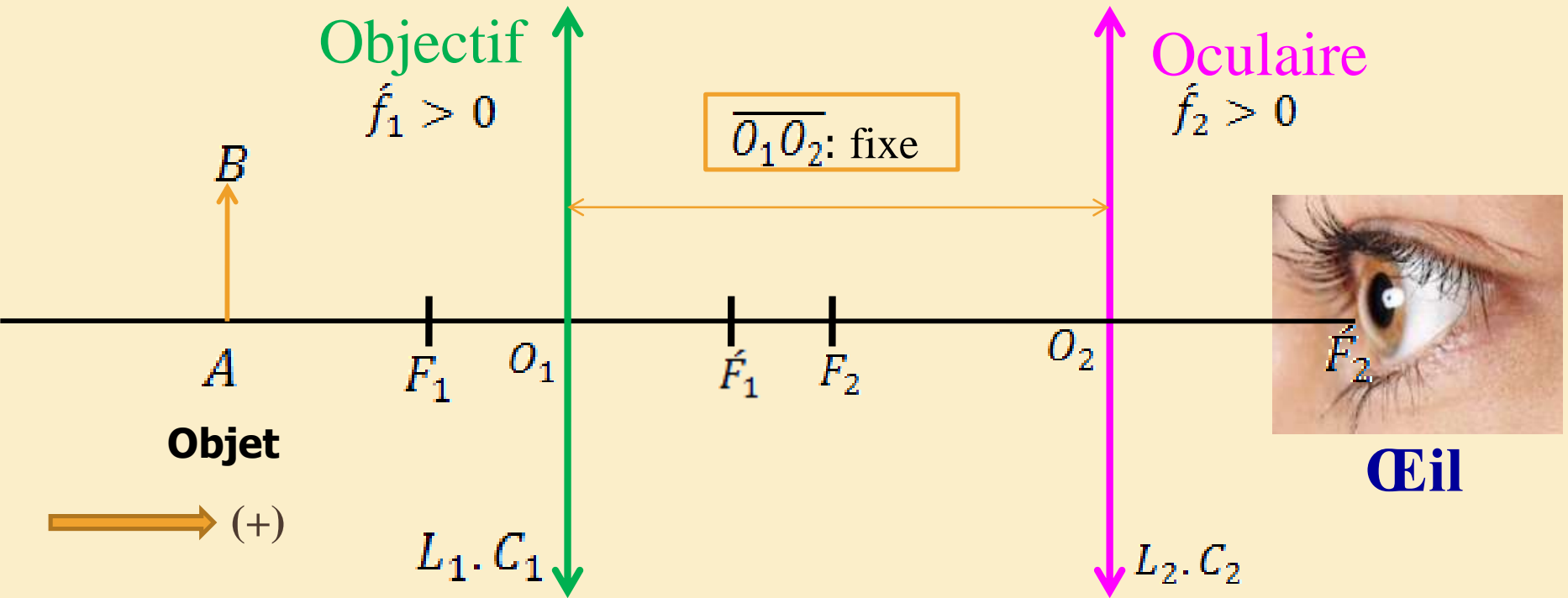
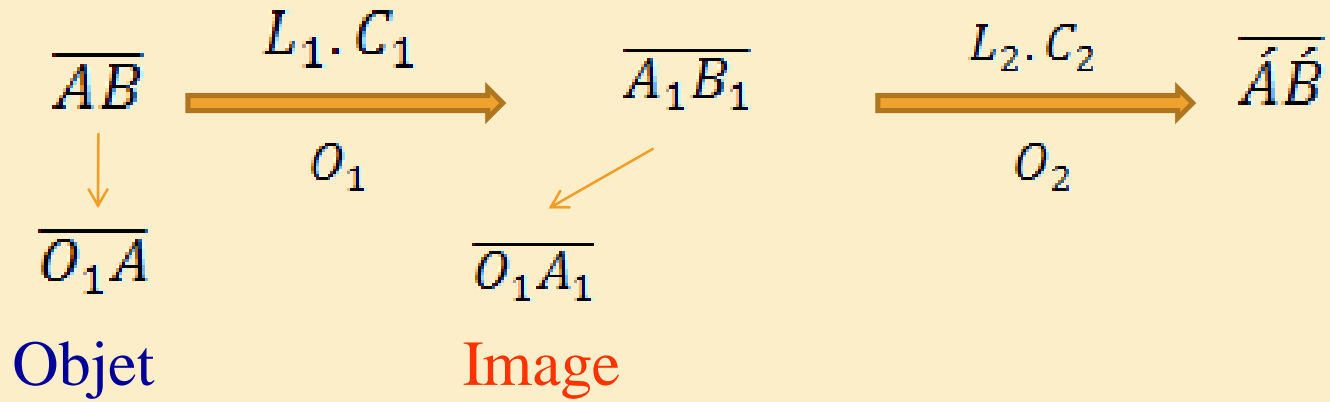


# Microscope optique

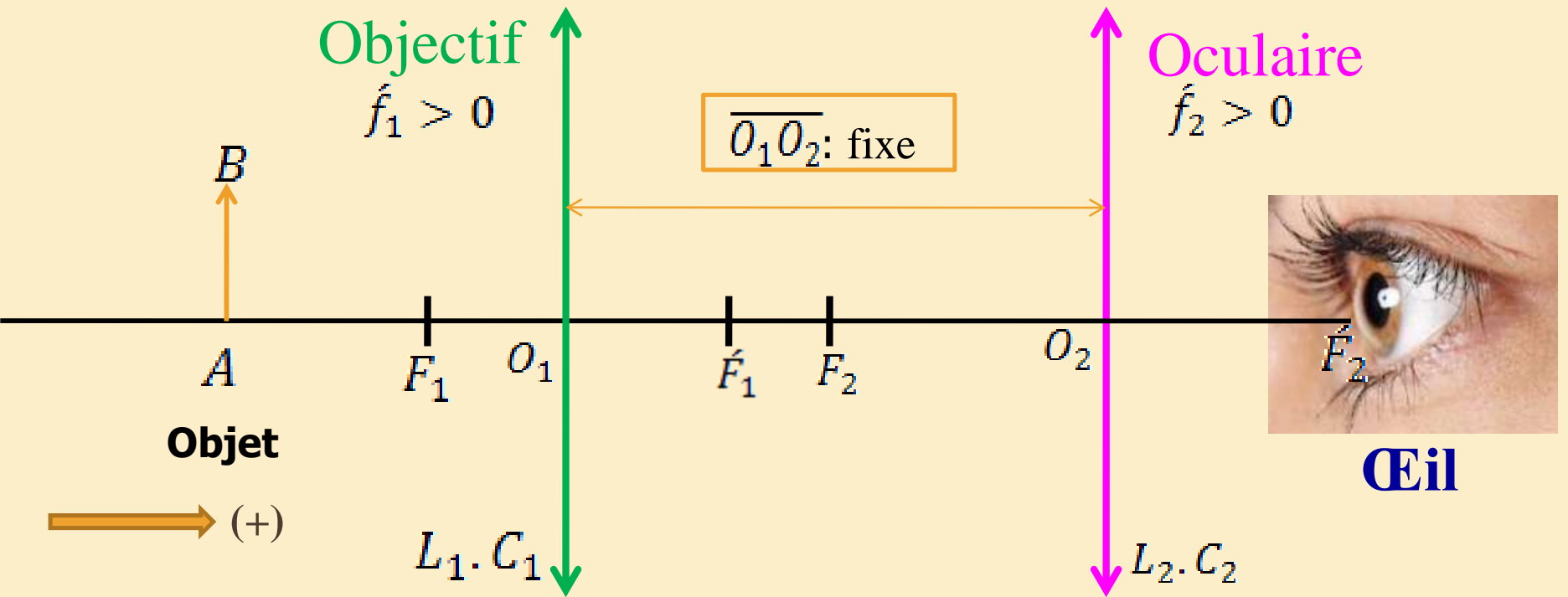
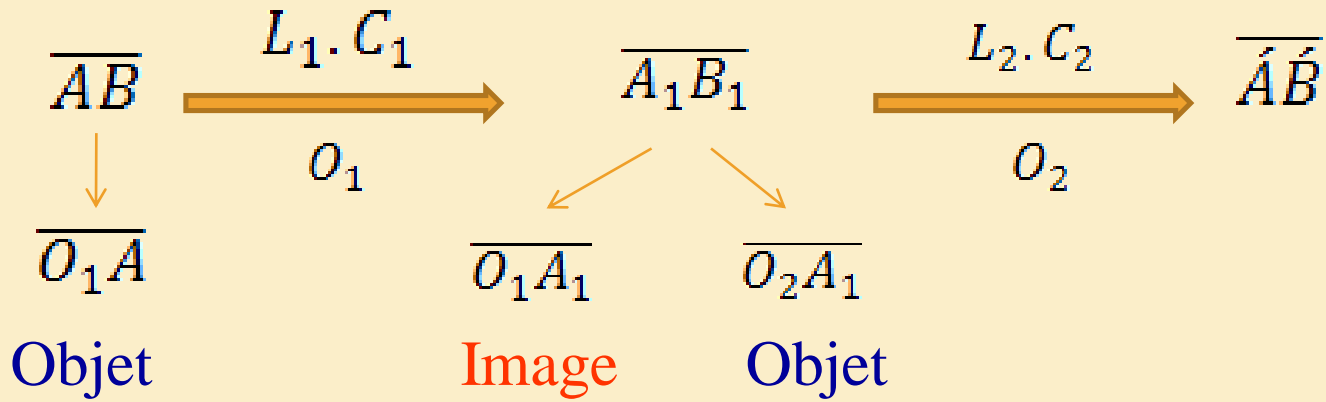




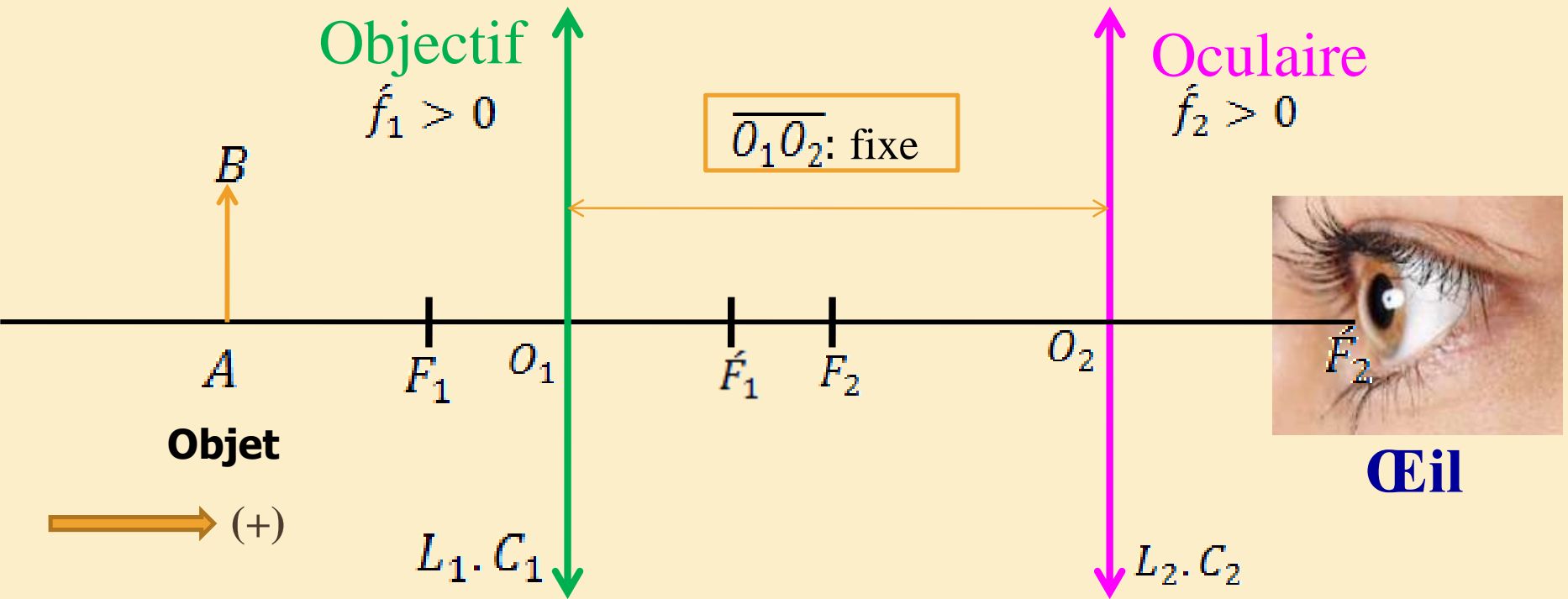
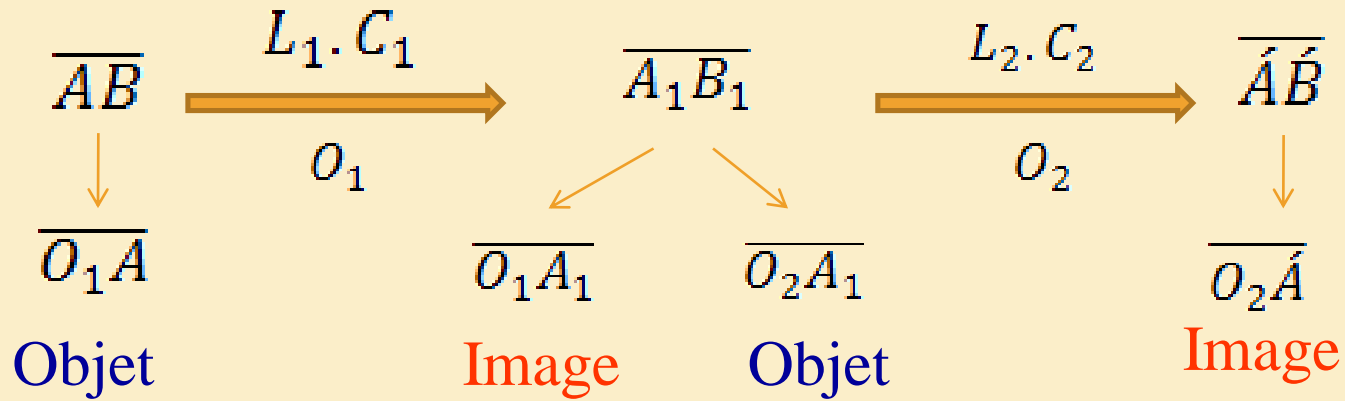
# Microscope optique



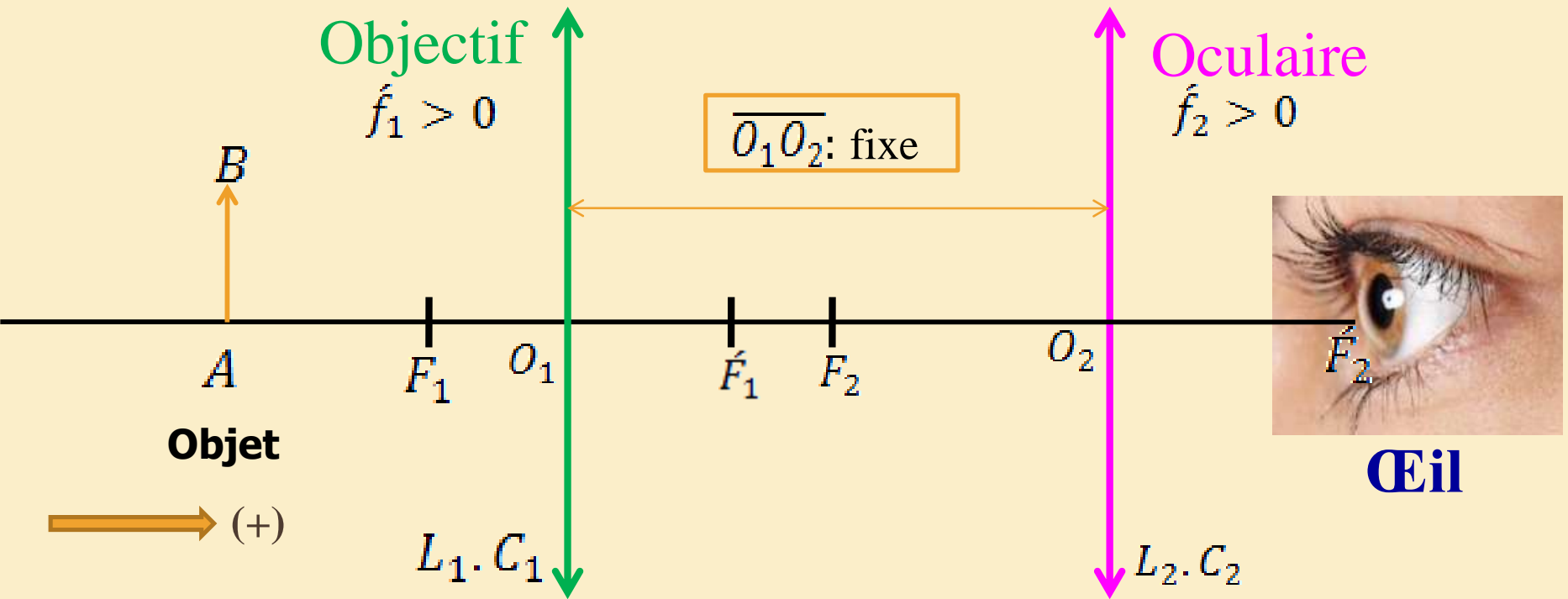
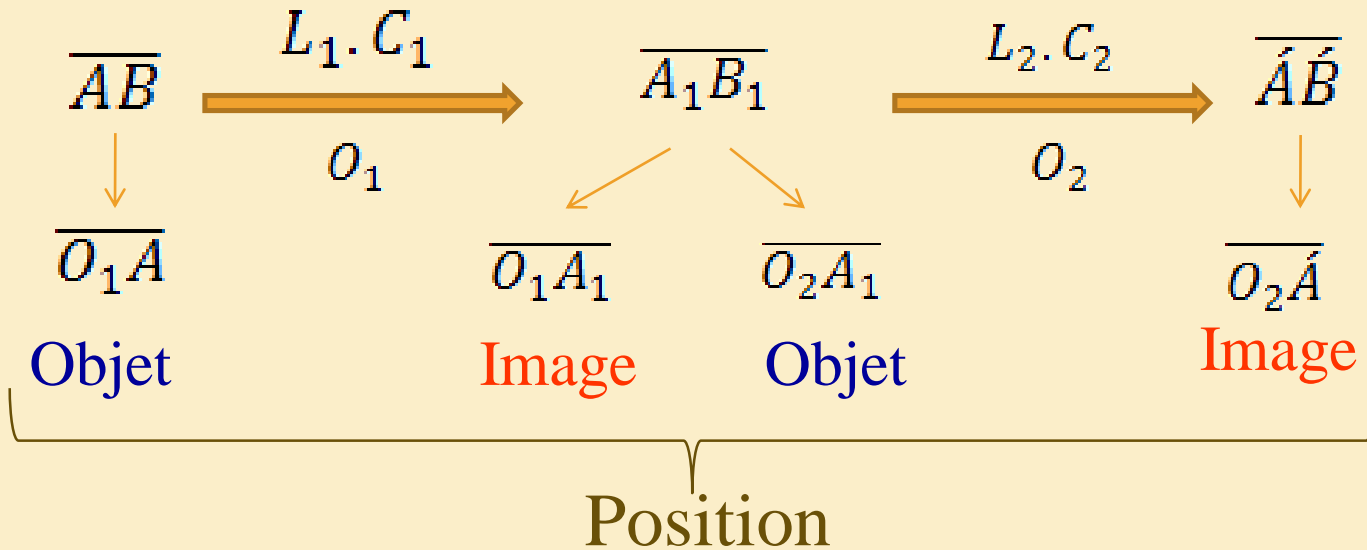
# Microscope optique



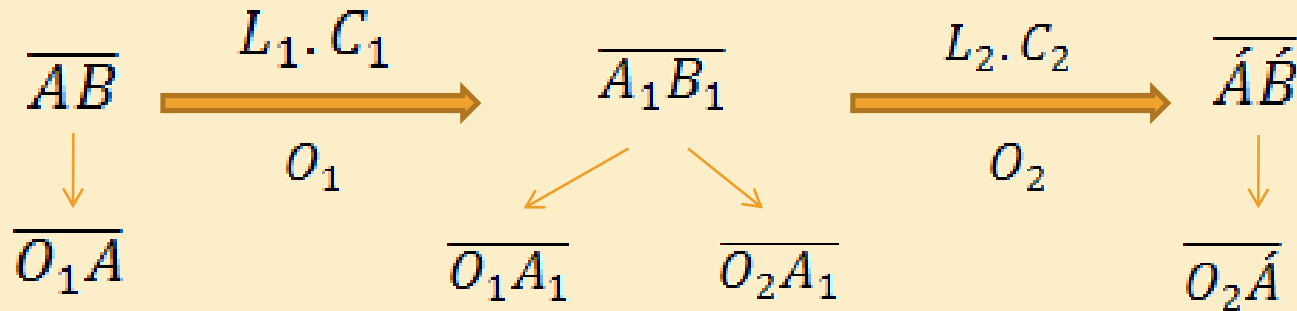
# Microscope optique



# Microscope optique



# Microscope optique



## Formule de conjugaison

Objectif

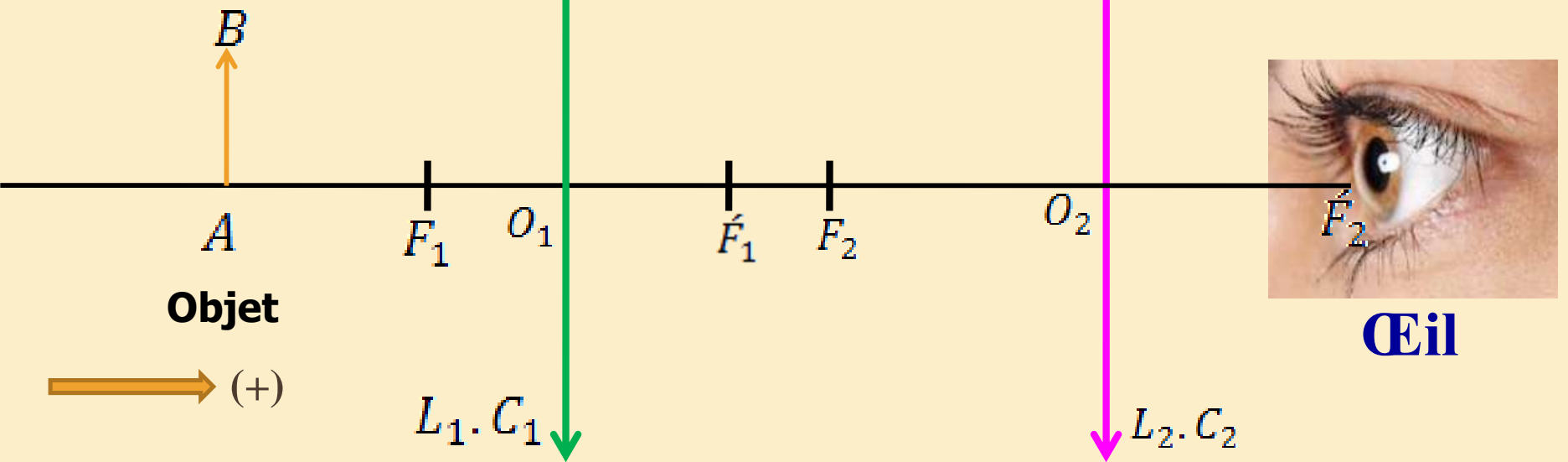
$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f_1}$$

$$f_1 > 0$$

Oculaire

$$\frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{f_2}$$

$$f_2 > 0$$

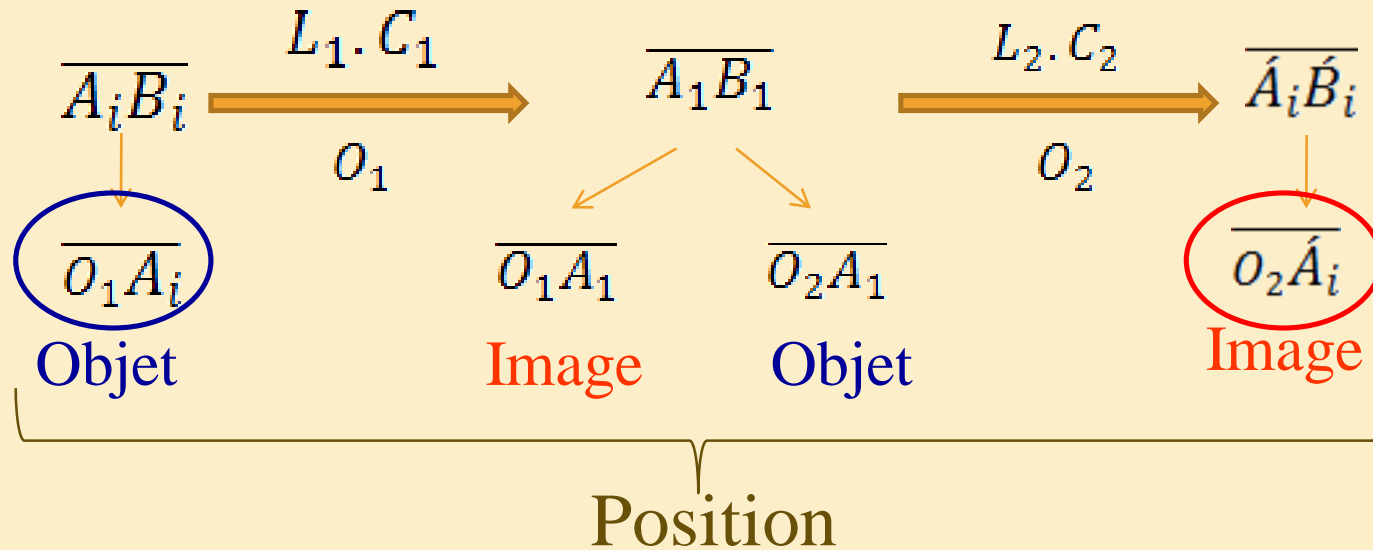


Objet



Œil

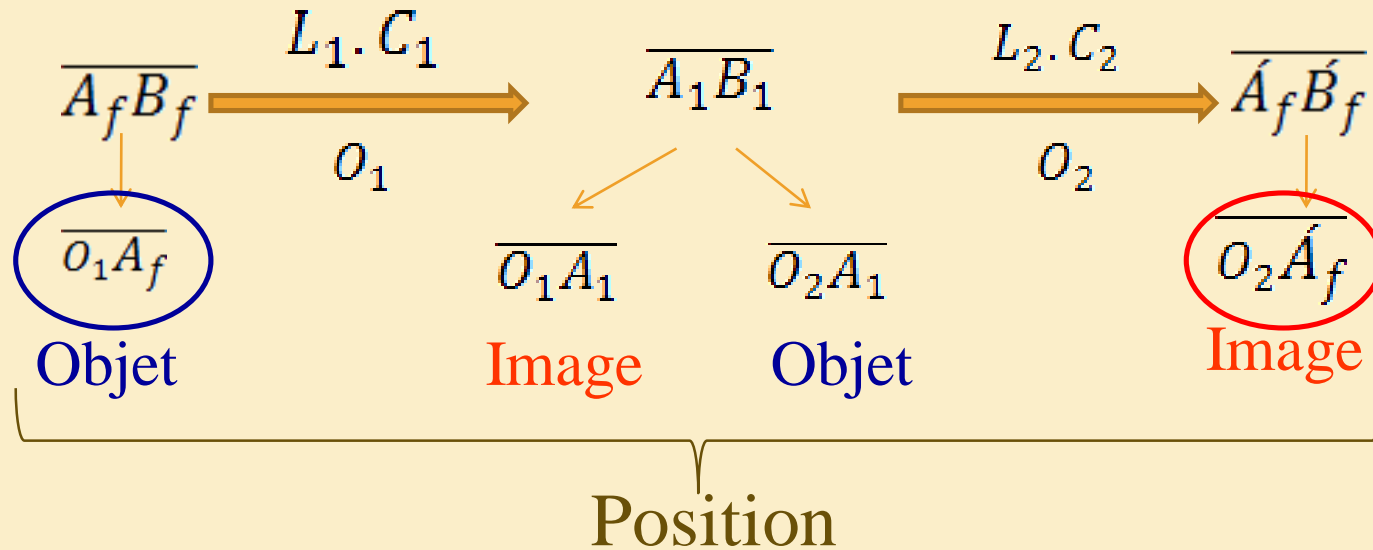
# Microscope optique



Position de l'objet dont l'image se trouve sur PR.



# Microscope optique



Position de l'objet dont l'image se trouve sur PP.



# Microscope

## ❖ Latitude de mise au point

$$L = |\overline{OA_i} - \overline{OA_f}|$$

Unité :

• L en  $\mu m$

$\overline{OA_f}$  : Position de l'objet dont l'image se trouve sur PP.  $\overline{O\hat{A}_f} = PP$

$\overline{OA_i}$  : Position de l'objet dont l'image se trouve sur PR.  $\overline{O\hat{A}_i} = PR$

## ❖ Grandissement de l'objectif $\gamma$

$$\gamma = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}}$$

- Si l'image sur PR  $\longrightarrow$  l'objet  $\overline{O_1A} = \overline{O_1A_i}$
- Si l'image sur PP  $\longrightarrow$  l'objet  $\overline{O_1A} = \overline{O_1A_f}$



# Microscope

## ❖ La puissance de l'oculaire

$$P_0 = \frac{1}{f_2}$$

Unité :

- $P_0$  en  $\delta$
- $f_2$  en m

## ❖ La puissance du microscope

$$P_m = \gamma \cdot P_0$$

## ❖ Le Grossissement du microscope

$$G = d_m \cdot P_m$$

Unité :

- $d_m$  en m

$P$  : Puissance du microscope

$d_m$  : Distance minimale  
de la vision distincte  $d_m = |PP|$

# Partie II: Mécanique des fluides

**Mécanique des fluides** est un domaine de la physique consacré à

- l'étude du comportement des fluides (liquides et gaz).
- l'étude des forces internes associées.

# Partie II: Mécanique des fluides

**Mécanique des fluides** est un domaine de la physique consacré à

- Ce domaine a de nombreuses **applications** comme la **mesure** de **pression** et de **masse volumique**.

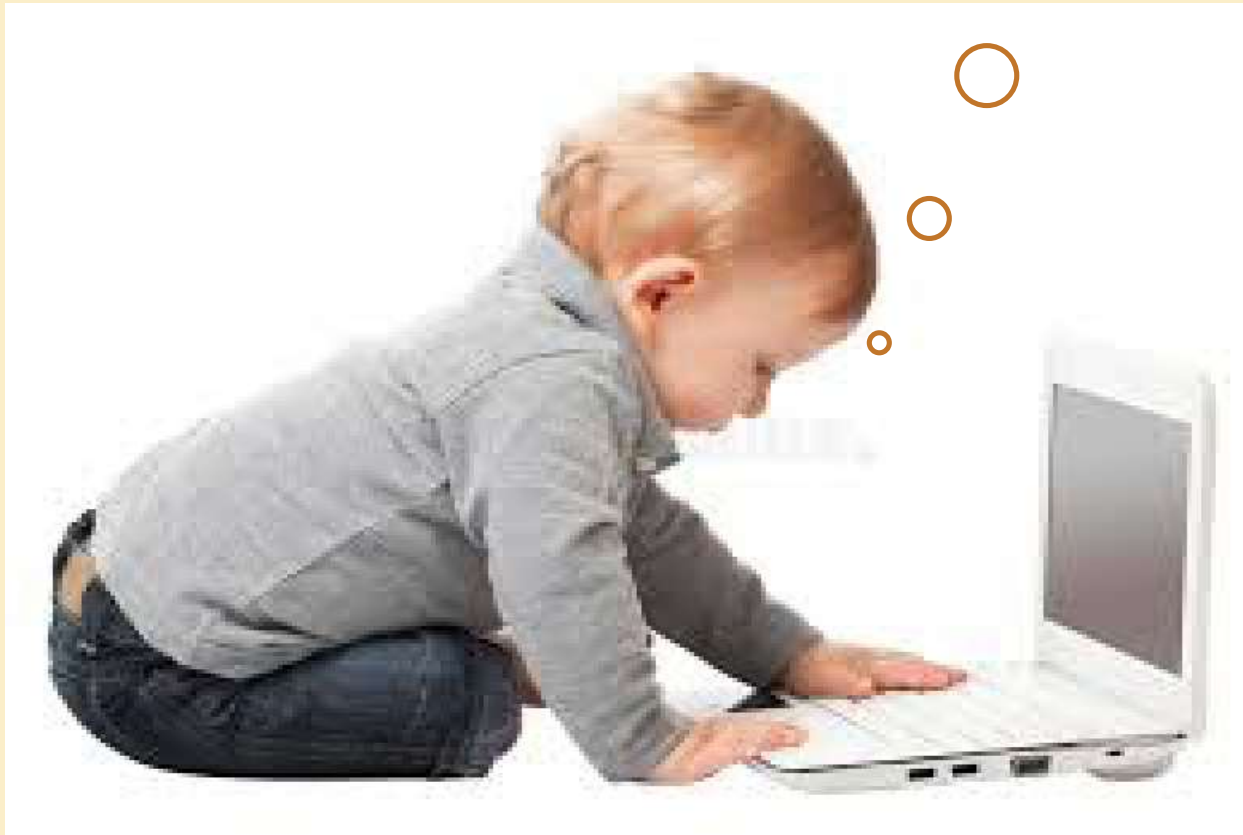
# **Partie II: Mécanique des fluides**

**1. Hydrostatique.**

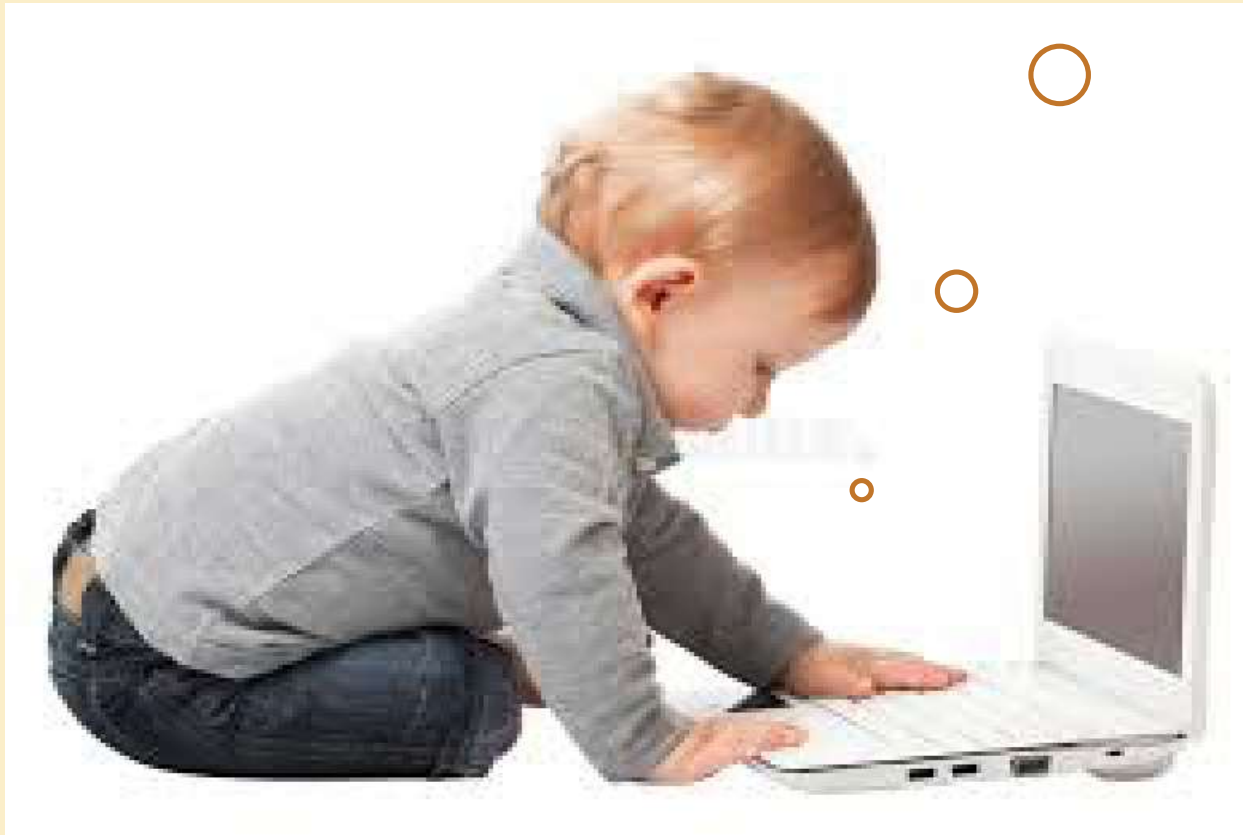
**2. Hydrodynamique.**

# **1. Hydrostatique**

Hydrostatique ?



# Etude des fluides au repos



# Définition

---



# Fluides

- **Fluides** sont des corps (liquides et gaz) qui n'ayant pas de forme propre, sont facilement déformables sous l'action de très faibles contraintes (forces) extérieures.

# Fluides

- **Fluides** sont des corps (liquides et gaz) qui n'ayant pas de forme propre, sont facilement déformables sous l'action de très faibles contraintes (forces) extérieures.
- **Fluides parfaits** se sont les fluides dans lesquels la force de frottement dans les fluides (**viscosité**) est nulle.
- **Fluides réels** se sont les fluides dans lesquels la force de frottement dans les fluides (**viscosité**) est différente de zéro.

# Fluides

- **Fluides** sont des corps (liquides et gaz) qui n'ayant pas de forme propre, sont facilement déformables sous l'action de très faibles contraintes (forces) extérieures.
- **Fluides parfaits** se sont les fluides dans lesquels la force de frottement dans les fluides (**viscosité**) est nulle.
- **Fluides réels** se sont les fluides dans lesquels la force de frottement dans les fluides (**viscosité**) est différente de zéro.

## Remarque

- ✓ En réalité tous les fluides sont réels car, dans la nature les fluides à **viscosité** nulle **n'existent pas**.

# Analogie

Mécanique Newtonienne

Mécanique des fluides

# Analogie

Mécanique Newtonienne

Mécanique des fluides

$m$  : Masse



$\rho$  : Masse volumique

$F$  : Force



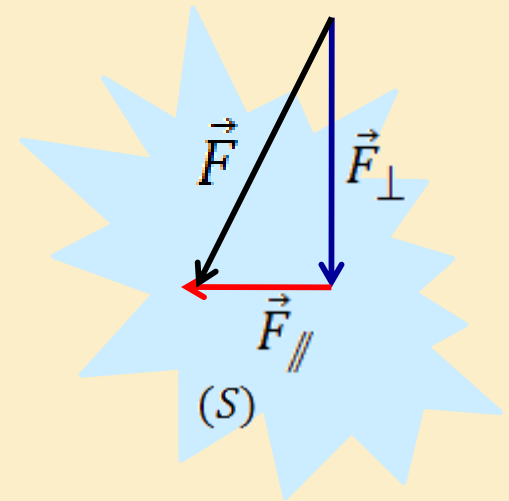
$P$  : Pression

- Les fluides ne sont pas rigides et ne peuvent pas rester longtemps au repos sous l'action de forces extérieures.

- Les fluides ne sont pas rigides et ne peuvent pas rester longtemps au repos sous l'action de forces extérieures.

On exerce sur une surface plane d'un fluide ( $S$ ) une force  $\vec{F}$

Cette force peut être décomposée en:



- Les fluides ne sont pas rigides et ne peuvent pas rester longtemps au repos sous l'action de forces extérieures.

On exerce sur une surface plane d'un fluide ( $S$ ) une force  $\vec{F}$

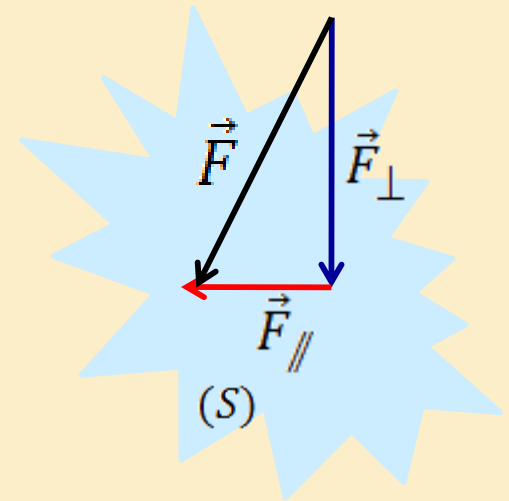
Cette force peut être décomposée en:

$\vec{F}_\perp$  : Force perpendiculaire à la surface ( $S$ )

$\vec{F}_\parallel$  : Force parallèle à la surface ( $S$ )

telles que

$$\vec{F} = \vec{F}_\parallel + \vec{F}_\perp$$





- Les fluides ne sont pas rigides et ne peuvent pas rester longtemps au repos sous l'action de forces extérieures.

On exerce sur une surface plane d'un fluide ( $S$ ) une force  $\vec{F}$

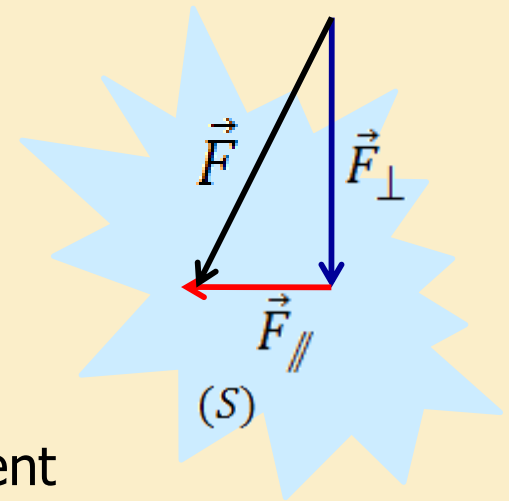
Cette force peut être décomposée en:

$\vec{F}_\perp$  : Force perpendiculaire à la surface ( $S$ )

$\vec{F}_\parallel$  : Force parallèle à la surface ( $S$ )

telles que  $\vec{F} = \vec{F}_\parallel + \vec{F}_\perp$

- Lorsque:  $\vec{F}_\parallel \neq 0$   $\longrightarrow$  Fluide en Mouvement
- Lorsque:  $\vec{F}_\parallel = 0$   $\longrightarrow$  Fluide au repos



- Les fluides ne sont pas rigides et ne peuvent pas rester longtemps au repos sous l'action de forces extérieures.

On exerce sur une surface plane d'un fluide ( $S$ ) une force  $\vec{F}$

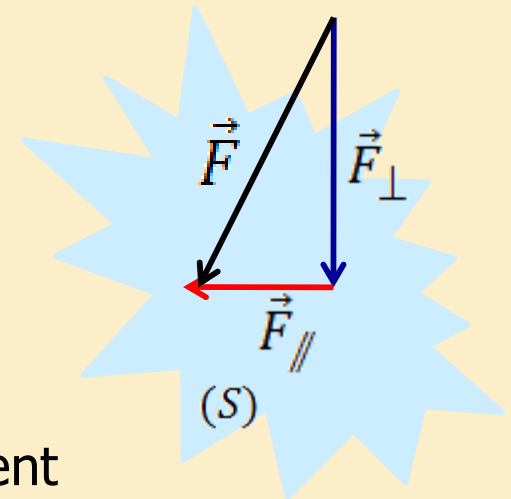
Cette force peut être décomposée en:

$\vec{F}_\perp$ : Force perpendiculaire à la surface ( $S$ )

$\vec{F}_\parallel$ : Force parallèle à la surface ( $S$ )

telles que  $\vec{F} = \vec{F}_\parallel + \vec{F}_\perp$

- Lorsque:  $\vec{F}_\parallel \neq 0 \longrightarrow$  Fluide en Mouvement
- Lorsque:  $\vec{F}_\parallel = 0 \longrightarrow$  Fluide au repos



## Remarque

- ✓ Le déplacement d'un fluide est conditionné par l'existence d'une force parallèle appliquée sur sa surface.

# Pression

---

# Pression

La pression est la force qui s'exerce par unité de surface

$$P = \frac{F}{S}$$

(\*)

Unité :

• **P** en **Pascale**,

$$1 \text{ Pascal} = 1 \text{ Pa} = 1 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2 = 1 \text{ N/m}^2$$

*F* : Force s'exerçant perpendiculairement à la surface (*S*) .

# Pression

La pression est la force qui s'exerce par unité de surface

$$P = \frac{F}{S}$$

(\*)

Unité :

• **P** en **Pascale**,

$$1 \text{ Pascal} = 1 \text{ Pa} = 1 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2 = 1 \text{ N/m}^2$$

*F* : Force s'exerçant perpendiculairement à la surface

## ❖ Pression atmosphérique

La pression atmosphérique est le poids de l'air exercé sur **1m<sup>2</sup>** de la surface de la Terre.

# Pression

## Remarque

- ✓ Plus on s'éloigne de la surface de la Terre , plus il y a moins de molécules d'air. Donc la pression diminue avec l'altitude  $h$ .
  - Au niveau de la mer  $h=0$  (à  $T = 0^{\circ}\text{C}$ ):

$$P = P_0 = 1 \text{ atmosphère} = 1 \text{ atm}$$

# Pression

## Remarque

- ✓ Plus on s'éloigne de la surface de la Terre , plus il y a moins de molécules d'air. Donc la pression diminue avec l'altitude  $h$ .

- Au niveau de la mer  $h=0$  (à  $T = 0^{\circ}\text{C}$ ):

$$P = P_0 = 1 \text{ atmosphère} = 1 \text{ atm}$$

- ✓ Unités de la pression:

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm} &= 1,013 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,013 \text{ bar} \\ &= 760 \text{ mm. Hg} = 760 \text{ Torr} \end{aligned}$$

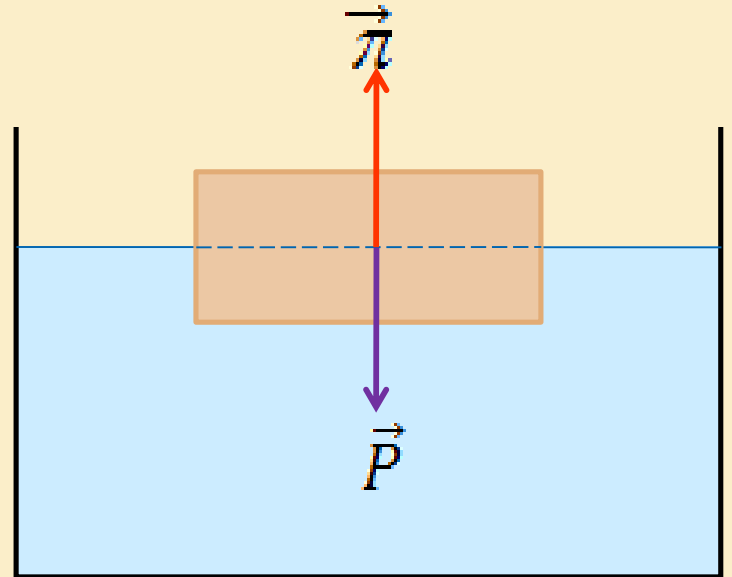
# Poussée d'Archimède

---



# Poussée d'Archimède

Lorsque un corps solide est plongé dans un fluide, il reçoit une poussée (force) verticale, dirigée vers le haut et égale au poids du fluide déplacé.



# Poussée d'Archimède

Lorsque un corps solide est plongé dans un fluide, il reçoit une poussée (force) verticale, dirigée vers le haut et égale au poids du fluide déplacé.

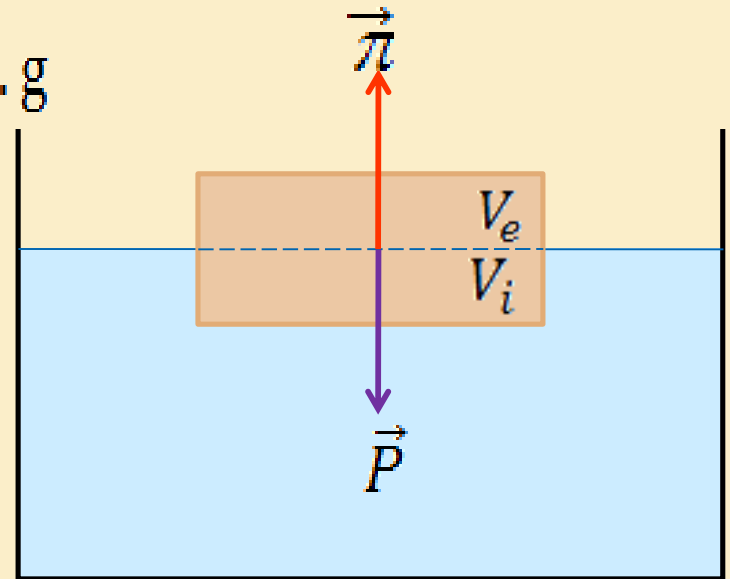
- Le poids du corps est:  $P = m \cdot g = (\rho \cdot V) \cdot g$

Avec  $V = (V_i + V_e)$

$V_e$ : Volume émergé

$V_i$ : Volume immergé

→  $P = \rho \cdot (V_i + V_e) \cdot g$  (1)



$\rho$ : Masse volumique du solide.

# Poussée d'Archimède

Lorsque un corps solide est plongé dans un fluide, il reçoit une poussée (force) verticale, dirigée vers le haut et égale au poids du fluide déplacé.

- Le poids du corps est:  $P = m \cdot g = (\rho \cdot V) \cdot g$

Avec  $V = (V_i + V_e)$

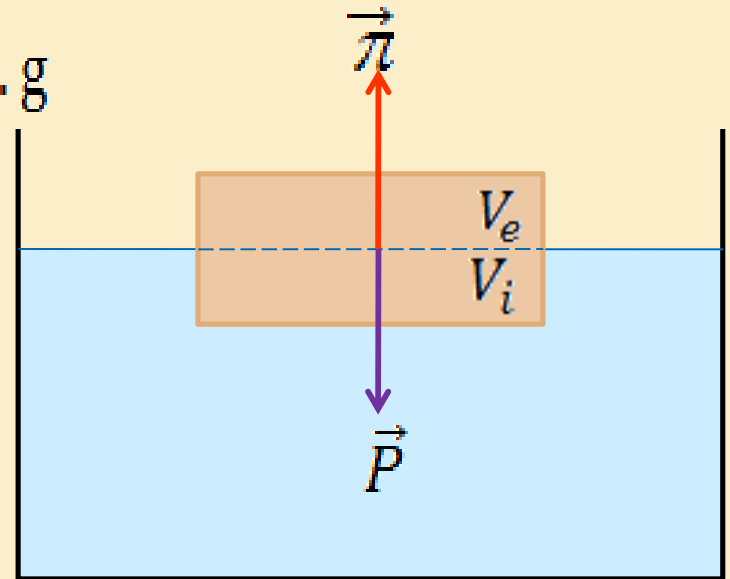
$V_e$  : Volume émergé

$V_i$  : Volume immergé

→  $P = \rho \cdot (V_i + V_e) \cdot g$  (1)

- La poussée d'Archimède :

$$\vec{\pi} = \rho_0 \cdot V_i \cdot g$$
 (2)



$\rho$  : Masse volumique du solide.  
 $\rho_0$  : Masse volumique du fluide.

# Poussée d'Archimède

Lorsque un corps solide est plongé dans un fluide, il reçoit une poussée (force) verticale, dirigée vers le haut et égale au poids du fluide déplacé.

- Le poids du corps est:  $P = m \cdot g = (\rho \cdot V) \cdot g$

Avec  $V = (V_i + V_e)$

$V_e$ : Volume émergé

$V_i$ : Volume immergé

→  $P = \rho \cdot (V_i + V_e) \cdot g$  (1)

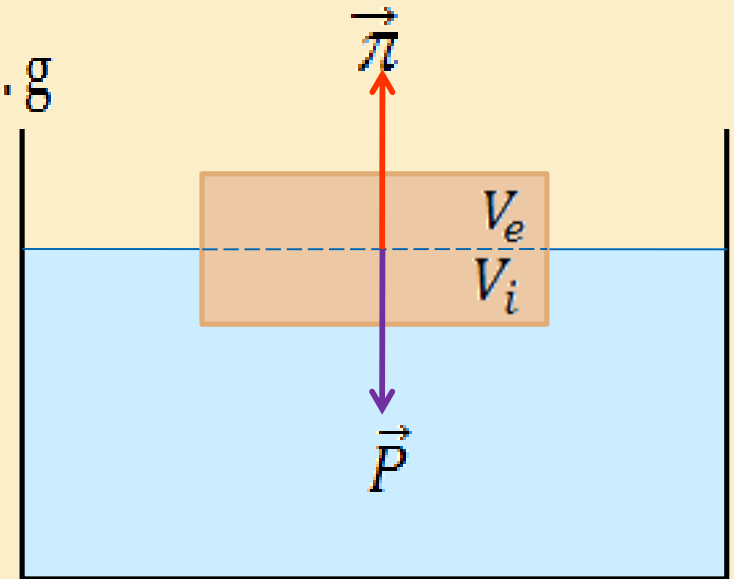
- La poussée d'Archimède :

$$\vec{\pi} = \rho_0 \cdot V_i \cdot g \quad (2)$$

à l'équilibre on a :  $\pi = P$

(1) = (2) →

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{V_i}{(V_i + V_e)}$$



$\rho$ : Masse volumique du solide.  
 $\rho_0$ : Masse volumique du fluide.

# Poussée d'Archimède

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{V_i}{(V_i + V_e)}$$

Selon les valeurs de  $\rho$  et de  $\rho_0$ , on distingue les phénomènes suivants

# Poussée d'Archimède

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{V_i}{(V_i + V_e)}$$

Selon les valeurs de  $\rho$  et de  $\rho_0$ , on distingue les phénomènes suivants

- $\rho > \rho_0$  → **Une immersion:** le corps solide se trouve complètement immergé dans le fluide.

# Poussée d'Archimède

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{V_i}{(V_i + V_e)}$$

Selon les valeurs de  $\rho$  et de  $\rho_0$ , on distingue les phénomènes suivants

- $\rho > \rho_0$  → **Une immersion:** le corps solide se trouve complètement immergé dans le fluide.
- $\rho < \rho_0$  → **Une flottaison:** le corps solide flotte à la surface du liquide

# Poussée d'Archimède

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{V_i}{(V_i + V_e)}$$

Selon les valeurs de  $\rho$  et de  $\rho_0$ , on distingue les phénomènes suivants

- $\rho > \rho_0$  —→ **Une immersion:** le corps solide se trouve complètement immergé dans le fluide.
- $\rho < \rho_0$  —→ **Une flottaison:** le corps solide flotte à la surface du liquide
- $\rho = \rho_0$  —→ **Une suspension:** le cas de certains médicaments (Sirops)

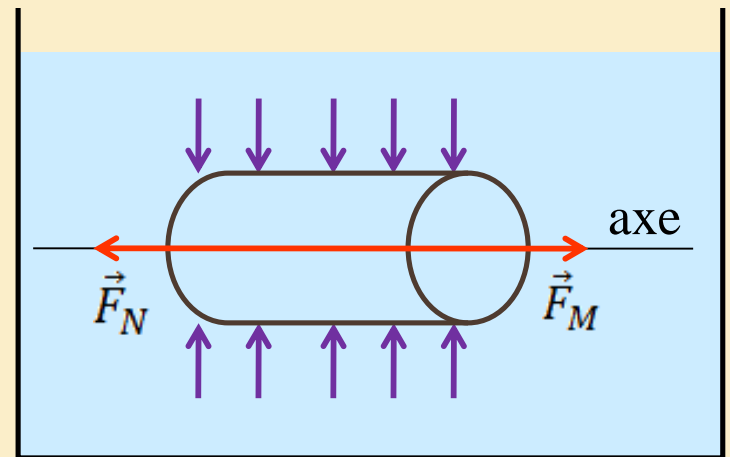


# Loi de Pascal

---

# Loi de Pascal

- En absence de gravité la **pression** dans un fluide **au repos** est **la même en tout point**.



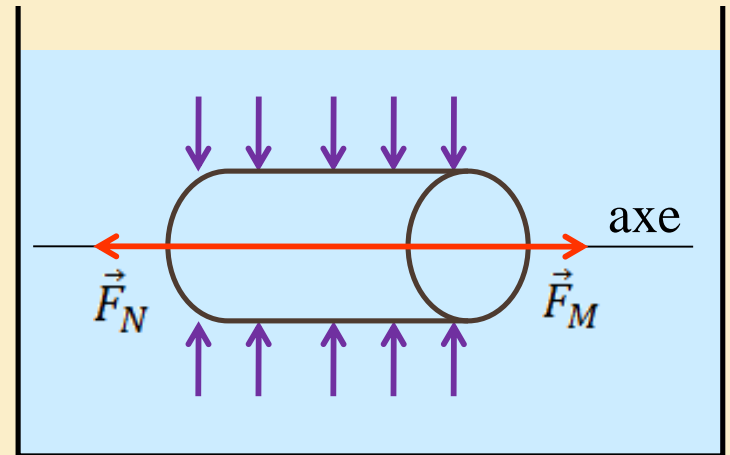
S : Surface du cylindre.

# Loi de Pascal

- En absence de gravité la **pression** dans un fluide **au repos** est **la même en tout point**.

Au repos (En raison de symétrie)

$$\sum \vec{F}_{\perp \text{cylindre}} = \vec{0}$$



S : Surface du cylindre.

# Loi de Pascal

- En absence de gravité la **pression** dans un fluide **au repos** est **la même en tout point**.

Au repos (En raison de symétrie)

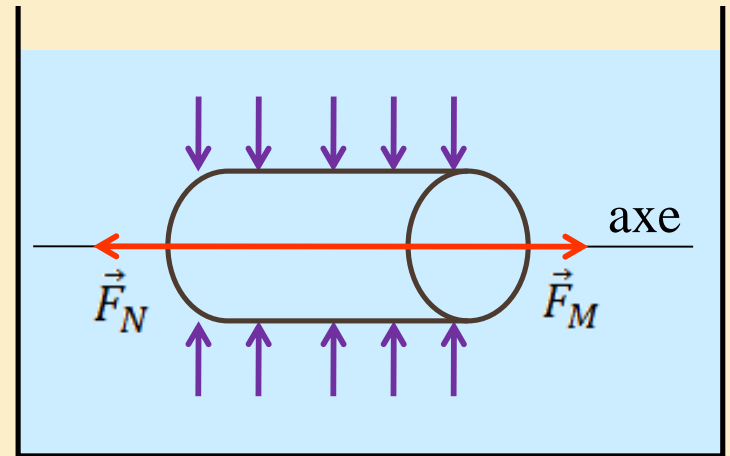
$$\sum \vec{F}_{\perp \text{cylindre}} = \vec{0}$$

de même

$$\sum \vec{F}_{\parallel \text{cylindre}} = \vec{0}$$

$$\longrightarrow \sum \vec{F}_{\parallel \text{cylindre}} = \vec{F}_M + \vec{F}_N = \vec{0}$$

$$\longrightarrow \|\vec{F}_M\| = \|\vec{F}_N\| \longrightarrow \frac{F_M}{S} = \frac{F_N}{S} \xrightarrow{(*)} \boxed{P_M = P_N}$$



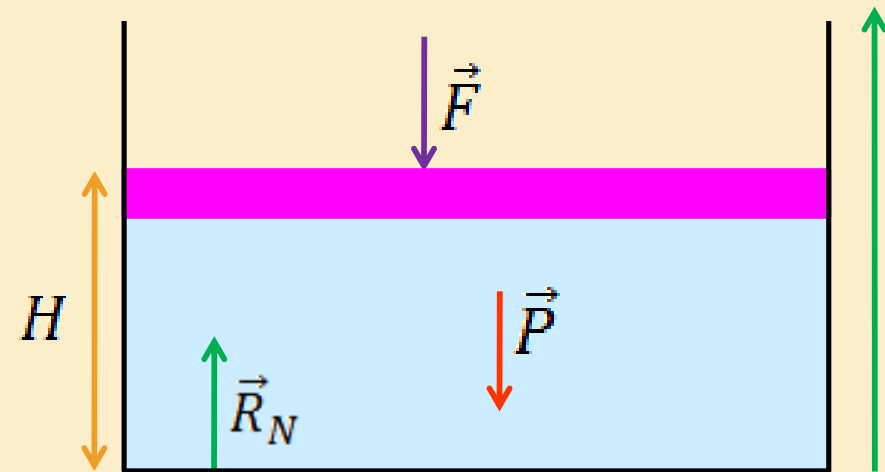
S : Surface du cylindre.

# Pression hydrostatique

---

# Pression hydrostatique

Soit un cylindre contenant un fluide, Soit  $\vec{F}$  une force  $\perp$  au piston de section  $S$  et de de masse négligeable ( $\vec{P}_{\text{piston}} = \vec{0}$ ).



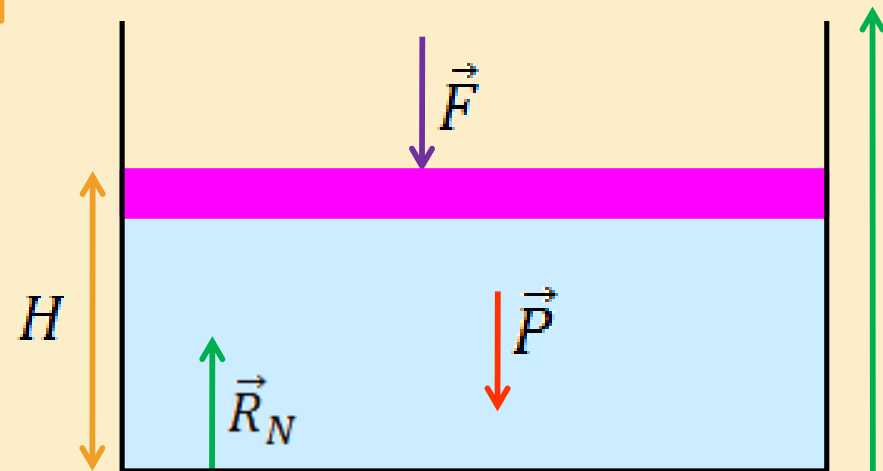
$S$  : Section du piston.  
 $\vec{P}$  : Pesanteur du liquide  
 $\vec{R}_N$  : Réaction normale

# Pression hydrostatique

Soit un cylindre contenant un fluide, Soit  $\vec{F}$  une force  $\perp$  au piston de section  $S$  et de de masse négligeable ( $\vec{P}_{\text{piston}} = \vec{0}$ ).

- La pression sous le piston

$$P_0 = \frac{F}{S}$$



$S$  : Section du piston.

$\vec{P}$  : Pesanteur du liquide

$\vec{R}_N$  : Réaction normale

# Pression hydrostatique

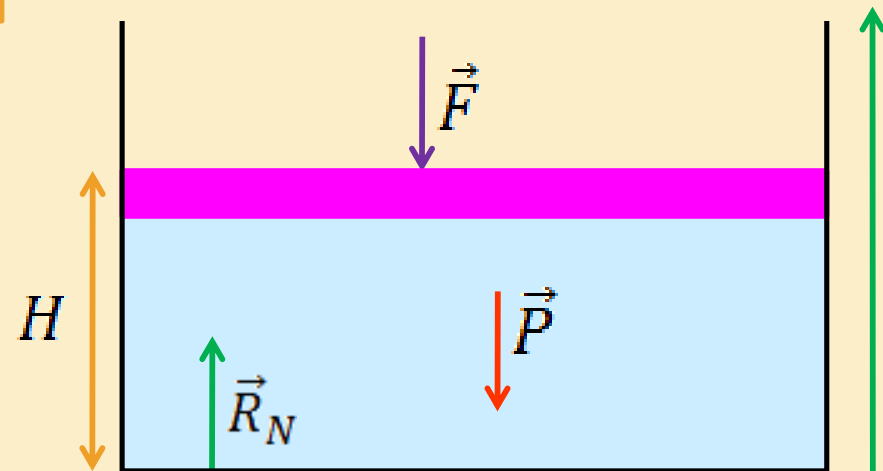
Soit un cylindre contenant un fluide, Soit  $\vec{F}$  une force  $\perp$  au piston de section  $S$  et de de masse négligeable ( $\vec{P}_{\text{piston}} = \vec{0}$ ).

- La pression sous le piston  $P_0 = \frac{F}{S}$

- L'équilibre du fluide se traduit par

$$\vec{R}_N + \vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$$

Projection:  $R_N = P + F$



$S$  : Section du piston.  
 $\vec{P}$  : Pesanteur du liquide  
 $\vec{R}_N$  : Réaction normale



# Pression hydrostatique

Soit un cylindre contenant un fluide, Soit  $\vec{F}$  une force  $\perp$  au piston de section  $S$  et de de masse négligeable ( $\vec{P}_{\text{piston}} = \vec{0}$ ).

- La pression sous le piston

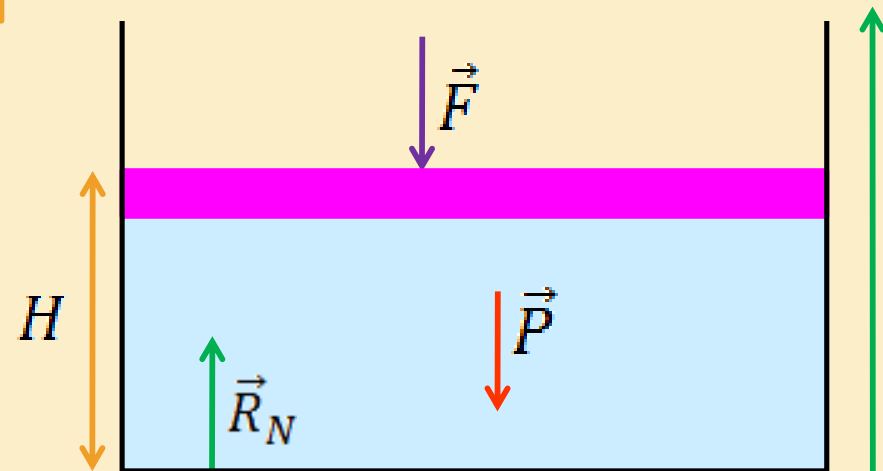
$$P_0 = \frac{F}{S}$$

- L'équilibre du fluide se traduit par

$$\vec{R}_N + \vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$$

Projection:  $R_N = P + F$

En multipliant par:  $\frac{1}{S}$



$S$  : Section du piston.  
 $\vec{P}$  : Pesanteur du liquide  
 $\vec{R}_N$  : Réaction normale

# Pression hydrostatique

Soit un cylindre contenant un fluide, Soit  $\vec{F}$  une force  $\perp$  au piston de section  $S$  et de de masse négligeable ( $\vec{P}_{\text{piston}} = \vec{0}$ ).

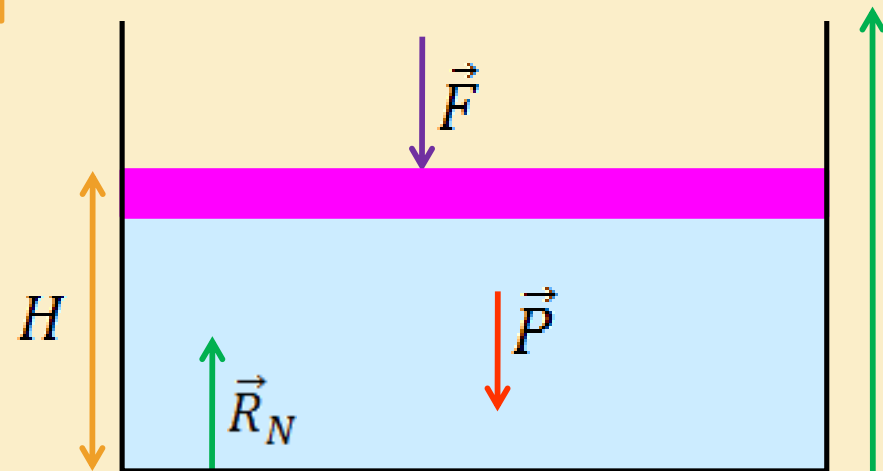
- La pression sous le piston  $P_0 = \frac{F}{S}$

- L'équilibre du fluide se traduit par

$$\vec{R}_N + \vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$$

Projection:  $R_N = P + F$

$$\longrightarrow P_H = \frac{R_N}{S} = \frac{P}{S} + \frac{F}{S}$$



$S$  : Section du piston.  
 $\vec{P}$  : Pesanteur du liquide  
 $\vec{R}_N$  : Réaction normale

# Pression hydrostatique

Soit un cylindre contenant un fluide, Soit  $\vec{F}$  une force  $\perp$  au piston de section  $S$  et de de masse négligeable ( $\vec{P}_{\text{piston}} = \vec{0}$ ).

- La pression sous le piston

$$P_0 = \frac{F}{S}$$

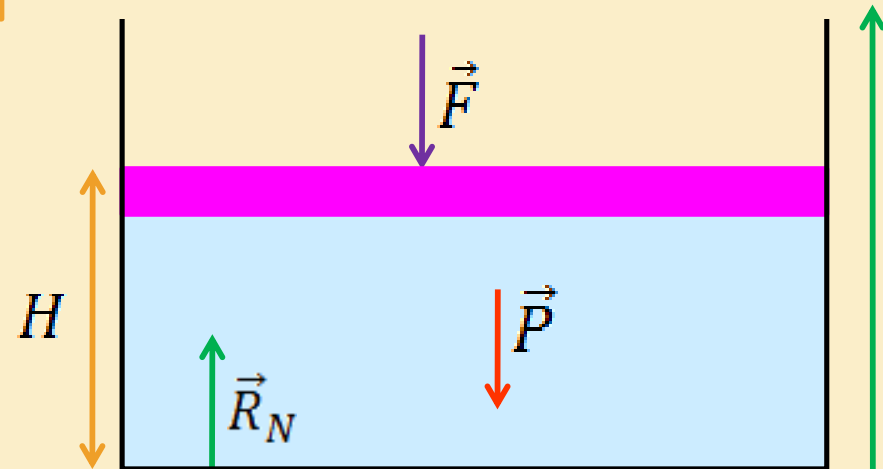
- L'équilibre du fluide se traduit par

$$\vec{R}_N + \vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$$

Projection:  $R_N = P + F$

$$\longrightarrow P_H = \frac{R_N}{S} = \frac{P}{S} + \frac{F}{S}$$

$$\longrightarrow P_H = \frac{m \cdot g}{S} + P_0$$



$S$  : Section du piston.  
 $\vec{P}$  : Pesanteur du liquide  
 $\vec{R}_N$  : Réaction normale

# Pression hydrostatique

Soit un cylindre contenant un fluide, Soit  $\vec{F}$  une force  $\perp$  au piston de section  $S$  et de de masse négligeable ( $\vec{P}_{\text{piston}} = \vec{0}$ ).

- La pression sous le piston

$$P_0 = \frac{F}{S}$$

- L'équilibre du fluide se traduit par

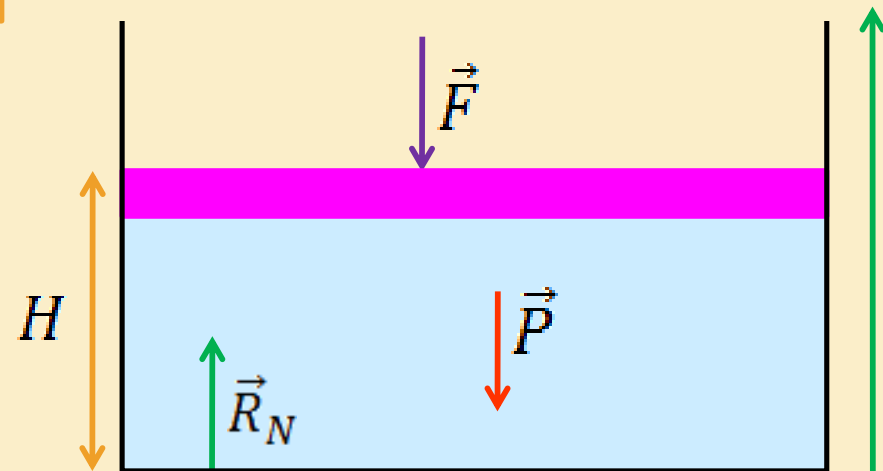
$$\vec{R}_N + \vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$$

Projection:  $R_N = P + F$

$$\longrightarrow P_H = \frac{R_N}{S} = \frac{P}{S} + \frac{F}{S}$$

$$\longrightarrow P_H = \frac{m \cdot g}{S} + P_0$$

Avec  $m = \rho \cdot V = \rho \cdot (S \cdot H)$



$S$  : Section du piston.  
 $\vec{P}$  : Pesanteur du liquide  
 $\vec{R}_N$  : Réaction normale

# Pression hydrostatique

Soit un cylindre contenant un fluide, Soit  $\vec{F}$  une force  $\perp$  au piston de section  $S$  et de de masse négligeable ( $\vec{P}_{\text{piston}} = \vec{0}$ ).

- La pression sous le piston  $P_0 = \frac{F}{S}$

- L'équilibre du fluide se traduit par

$$\vec{R}_N + \vec{P} + \vec{F} = \vec{0}$$

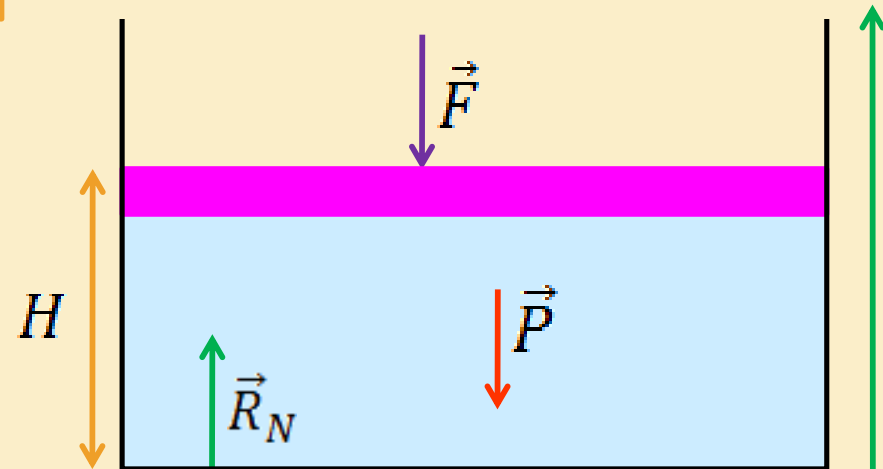
Projection:  $R_N = P + F$

$$\longrightarrow P_H = \frac{R_N}{S} = \frac{P}{S} + \frac{F}{S}$$

$$\longrightarrow P_H = \frac{m \cdot g}{S} + P_0$$

Avec  $m = \rho \cdot V = \rho \cdot (S \cdot H)$

On trouve  $P_H = \rho \cdot g \cdot H + P_0$



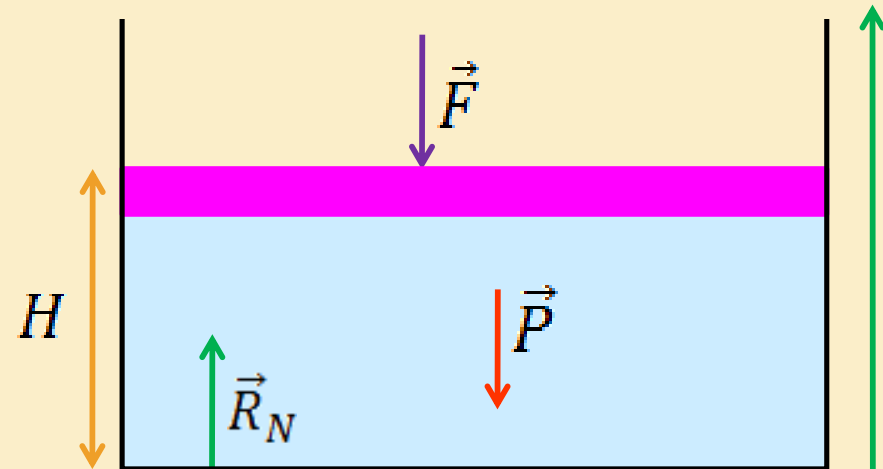
$S$  : Section du piston.  
 $\vec{P}$  : Pesanteur du liquide  
 $\vec{R}_N$  : Réaction normale

# Pression hydrostatique

## Remarque

$$P_H = \rho \cdot g \cdot H + P_0$$

- ✓ Lorsque  $H$  est **constant**,  
la **pression** à cette  
profondeur est **constante**.

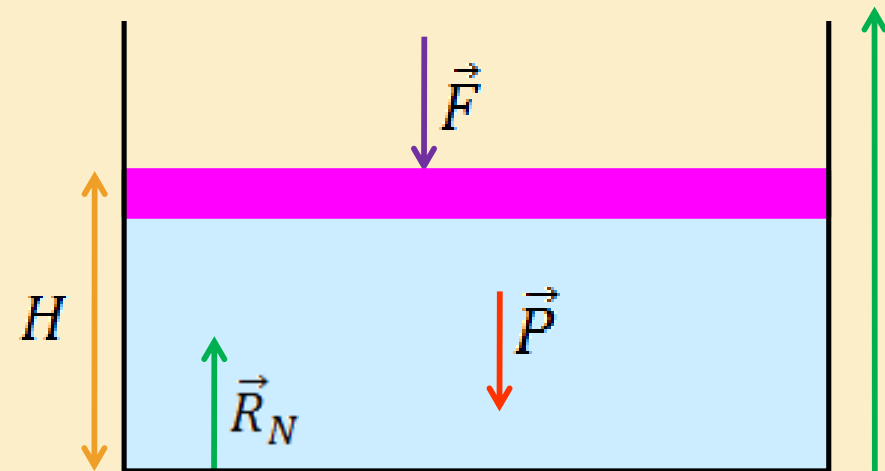


# Pression hydrostatique

## Remarque

$$P_H = \rho \cdot g \cdot H + P_0$$

✓ Lorsque  $H$  est **constant**,  
la **pression** à cette  
profondeur est **constante**.



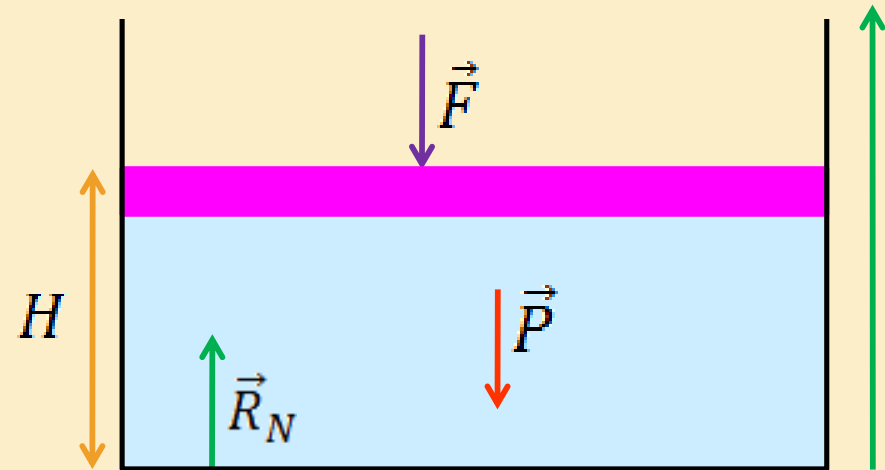
✓ La **pression** dans un fluide **augmente** avec la profondeur  **$H$** .

# Pression hydrostatique

## Remarque

$$P_H = \rho \cdot g \cdot H + P_0$$

✓ Lorsque  $H$  est **constant**, la **pression** à cette profondeur est **constante**.



✓ La **pression** dans un fluide **augmente** avec la profondeur **H**.

✓ La **pression** dans un fluide **au repos** est **la même** en tout point situé sur une **même horizontale**.



# Appareils de mesure de la pression

---

# 1. Baromètre

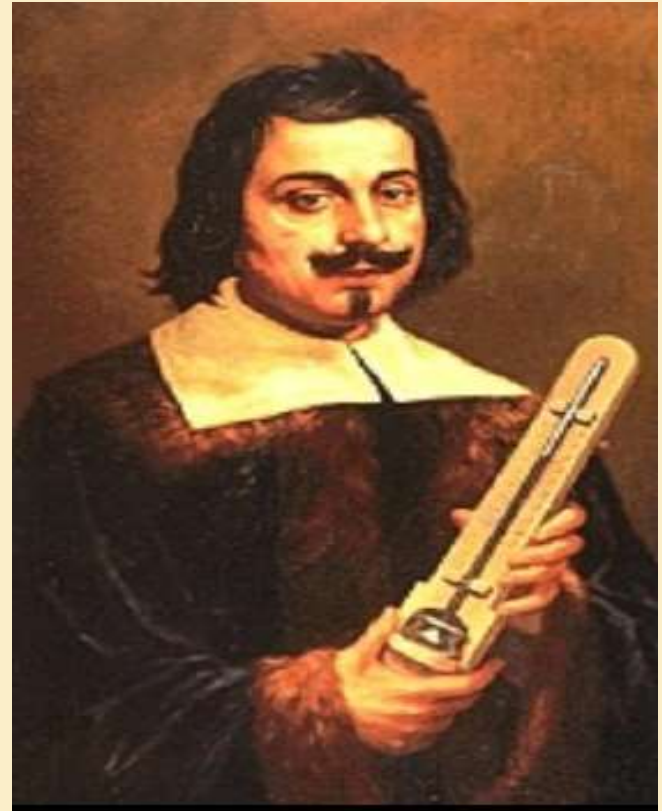
➤ **Baromètre** est un instrument qui sert à mesurer la **Pression atmosphérique**.



# 1. Baromètre

## ➤ Baromètre à mercure

Ce baromètre est inventé en 1643 par le physicien italien **Evangelista Torricelli**.



**Torricelli**

# 1. Baromètre

## ➤ Baromètre à mercure

### ❖ Expérience de Torricelli

**Torricelli** a l'idée de remplir un tube de verre de mercure, de le boucher avec un doigt et de le retourner dans un bassin rempli de mercure.



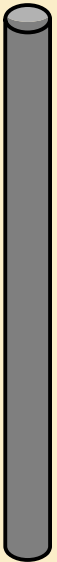
**Torricelli**

# 1. Baromètre

## ➤ Baromètre à mercure

### ❖ Expérience de Torricelli

- Remplir un tube de verre avec le mercure.



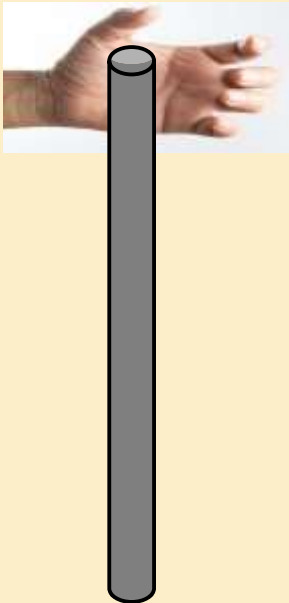
Mercure

# 1. Baromètre

## ➤ Baromètre à mercure

### ❖ Expérience de Torricelli

- Remplir un tube de verre avec le mercure.
- Le boucher avec le doigt

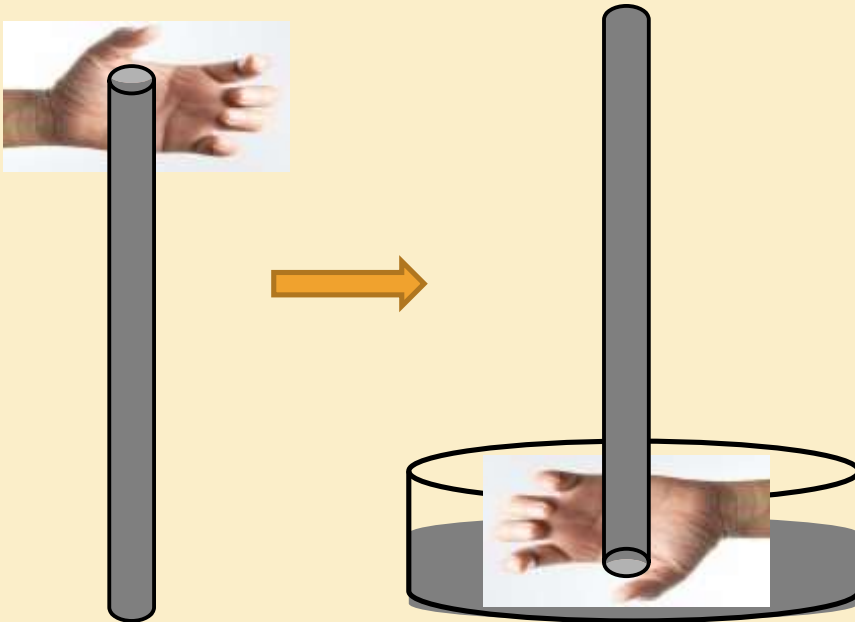


# 1. Baromètre

## ➤ Baromètre à mercure

### ❖ Expérience de Torricelli

- Le retourner dans un bassin rempli de mercure.

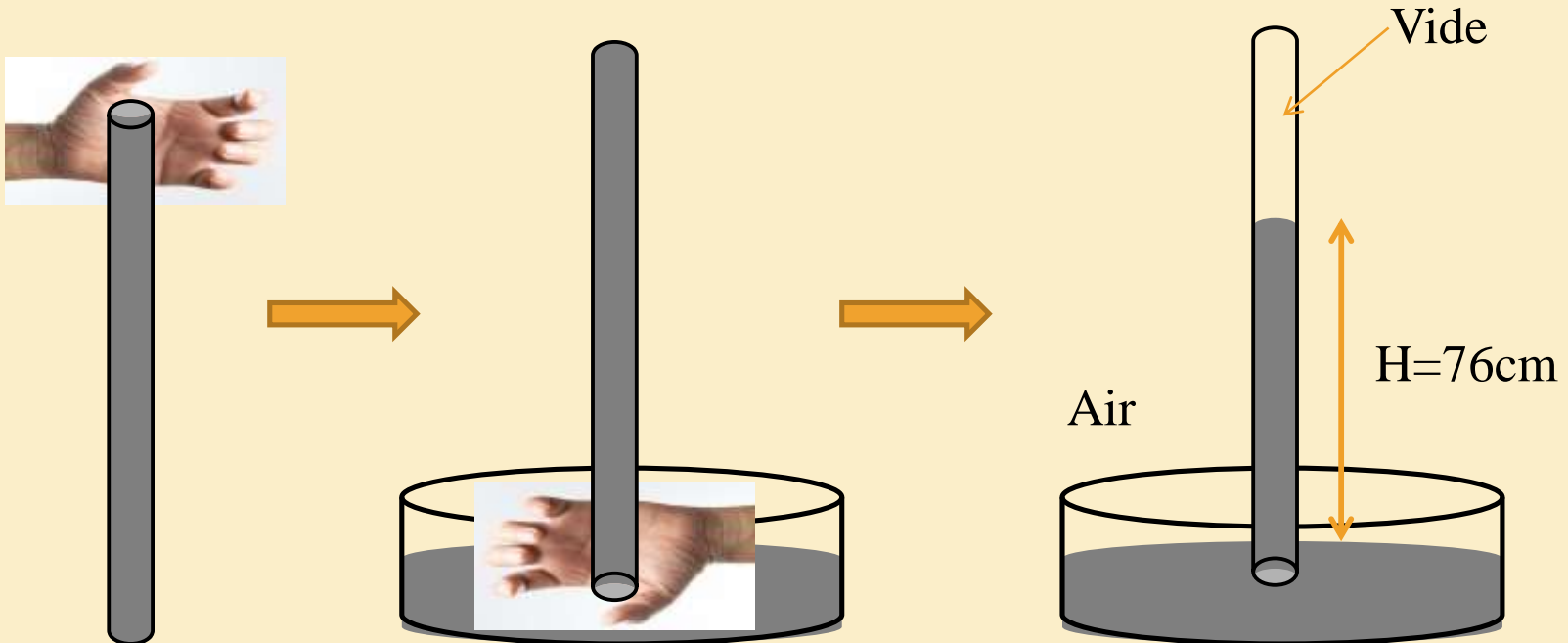


# 1. Baromètre

## ➤ Baromètre à mercure

### ❖ Expérience de Torricelli

- Quand on retire le doigt, le mercure **descend** un peu dans le tube et on observe que sa surface libre se fixe à une distance  $H$  de la surface libre inférieure voisine de **76 cm**.





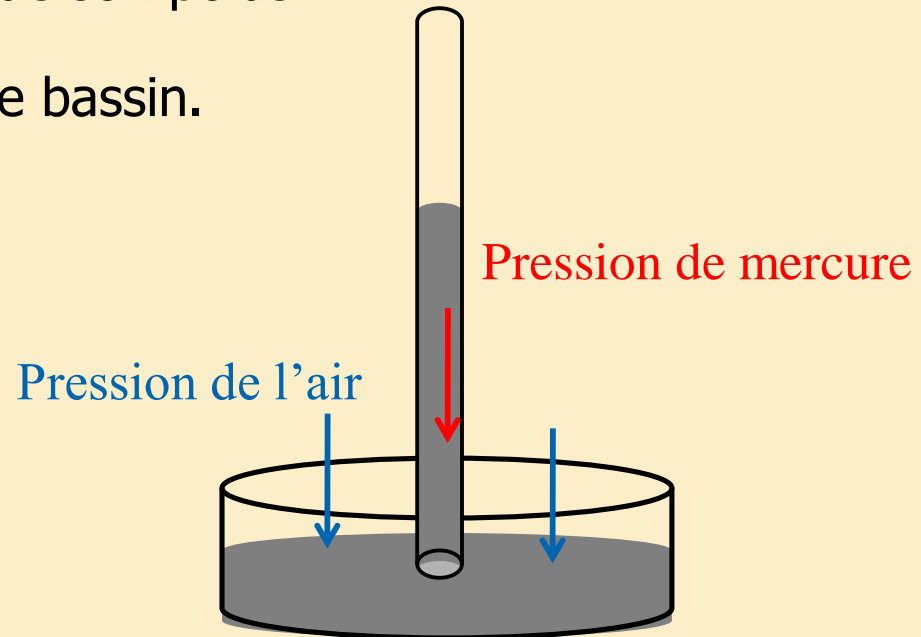
# 1. Baromètre

## ➤ Baromètre à mercure

### ❖ Principe physique

Le principe physique du fonctionnement du baromètre est **l'équilibre des forces**.

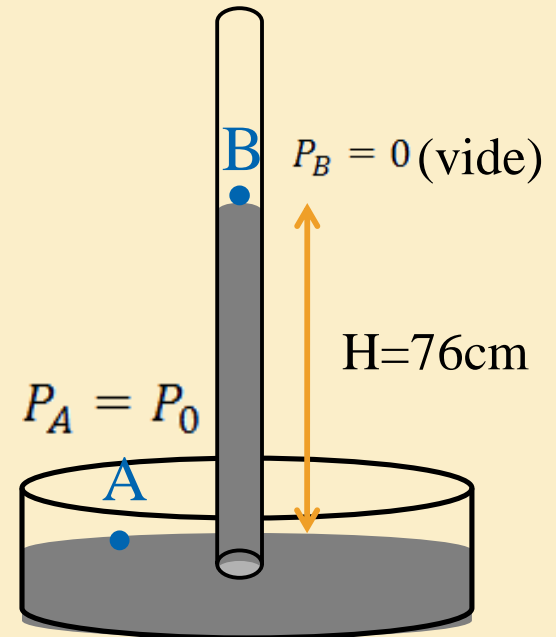
- La colonne de mercure contenue dans le tube cherche à descendre sous l'effet de son poids.
- L'air pousse sur le mercure dans le bassin.



# 1. Baromètre

## ➤ Baromètre à mercure

- Au point B:  $P_B = 0$  (Le vide)



# 1. Baromètre

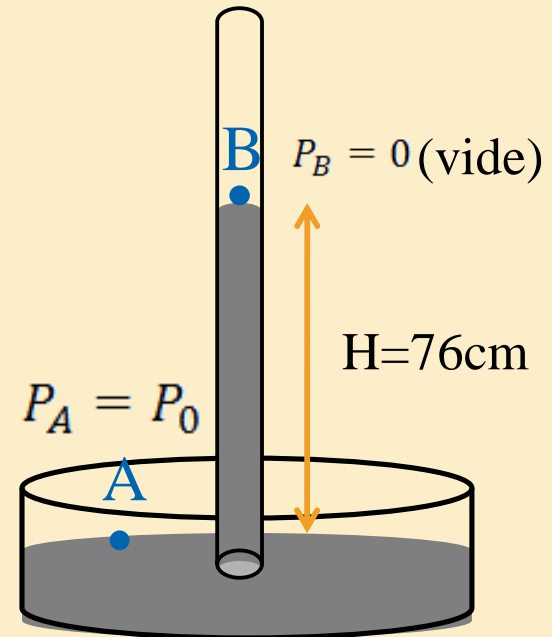
## ➤ Baromètre à mercure

- Au point B:  $P_B = 0$  (Le vide)

- Au point A:

La pression à la surface du mercure est égale à la pression atmosphérique

$$P_A = P_{atm} = P_0$$



# 1. Baromètre

## ➤ Baromètre à mercure

- Au point B:  $P_B = 0$  (Le vide)

- Au point A:

La pression à la surface du mercure est égale à la pression atmosphérique

$$P_A = P_{atm} = P_0$$

- En appliquant la loi de la pression hydrostatique

$$P_0 = 0 + \rho \cdot g \cdot H \longrightarrow P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$\rho$  : Masse volumique du mercure.

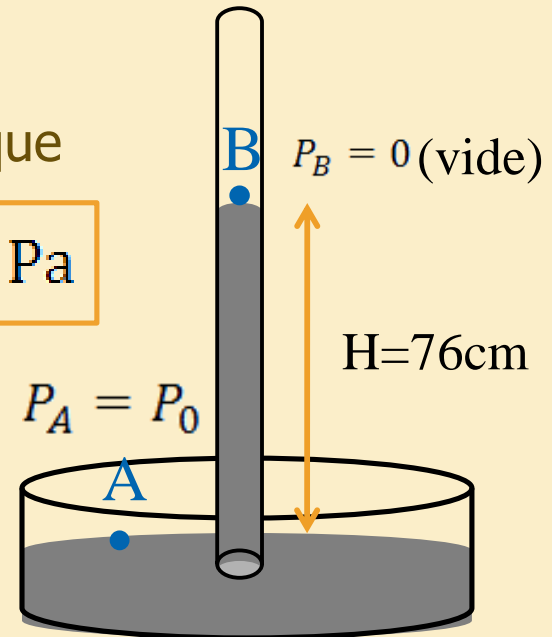
$$\rho = 1360 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$g$  : Accélération de la pesanteur

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$H$  : Colonne du mercure dans le tube

$$H = 0,76 \text{ m}$$



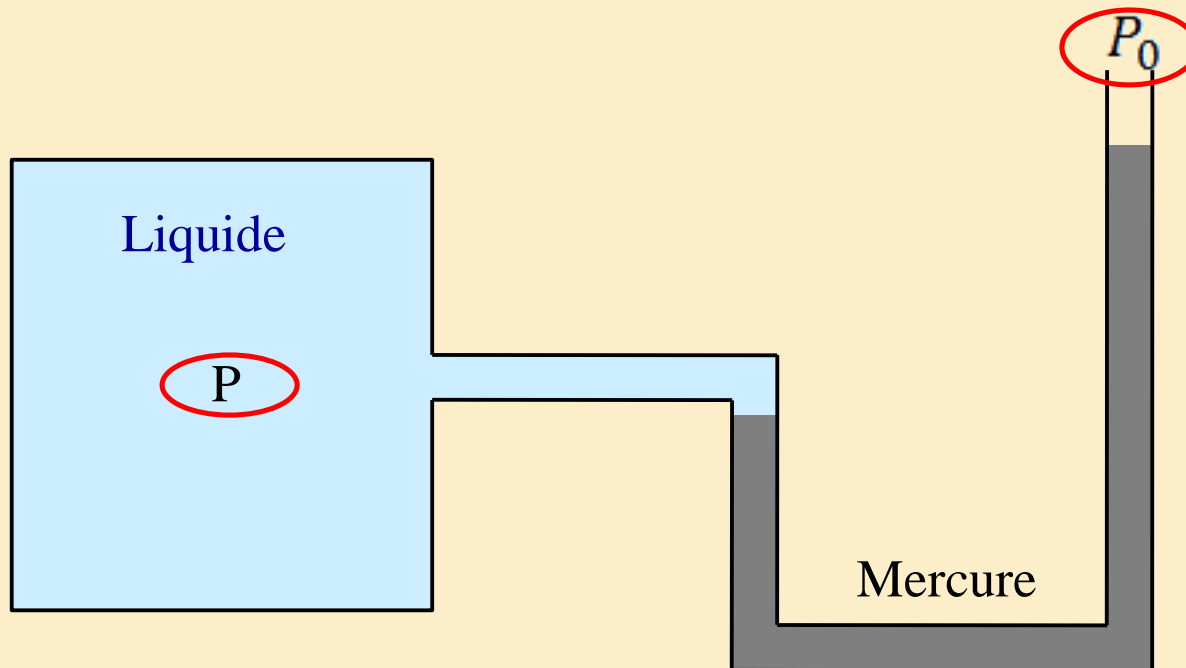
## 2. Manomètre

➤ **Manomètre** est un instrument qui sert à mesurer la **Pression** d'un **fluide** dans un **espace fermé**.



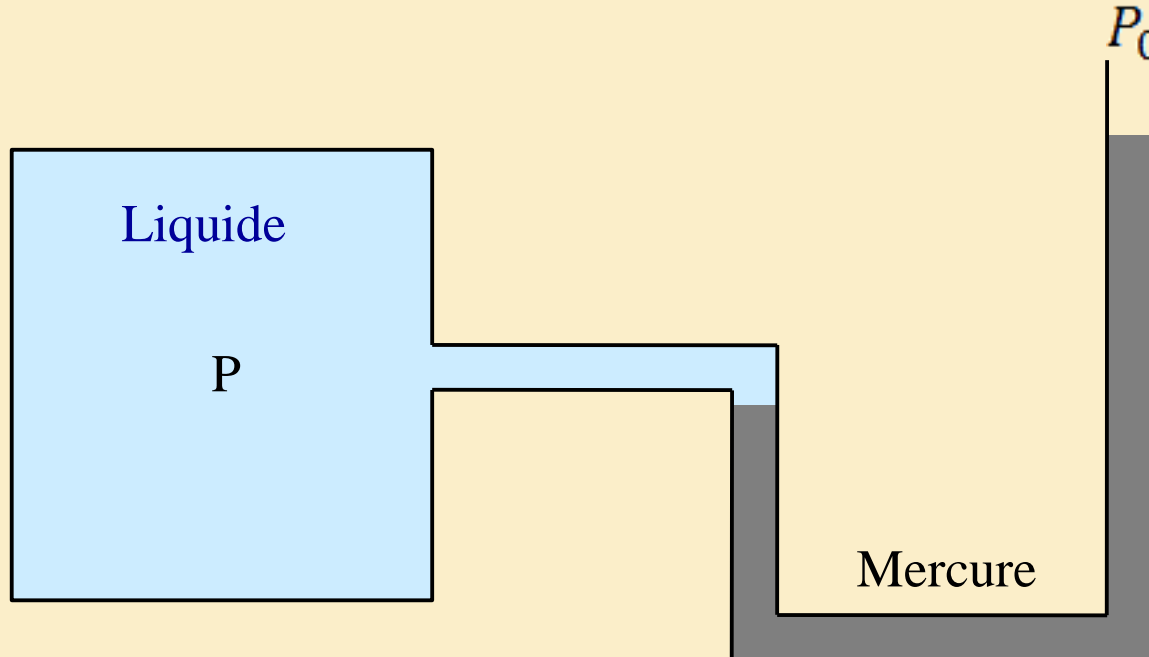
## 2. Manomètre

- Il mesure la **différence** entre la **pression absolue**  $P$  dans le fluide et la **pression atmosphérique**  $P_0$



## 2. Manomètre

- Il est constitué d'un tube en U dans lequel se trouve une certaine quantité du mercure.
- Une branche de ce tube est introduite dans un réservoir contenant un fluide pour lequel on veut mesurer la pression  $P$ .
- L'autre branche est à la pression atmosphérique  $P_0$ .

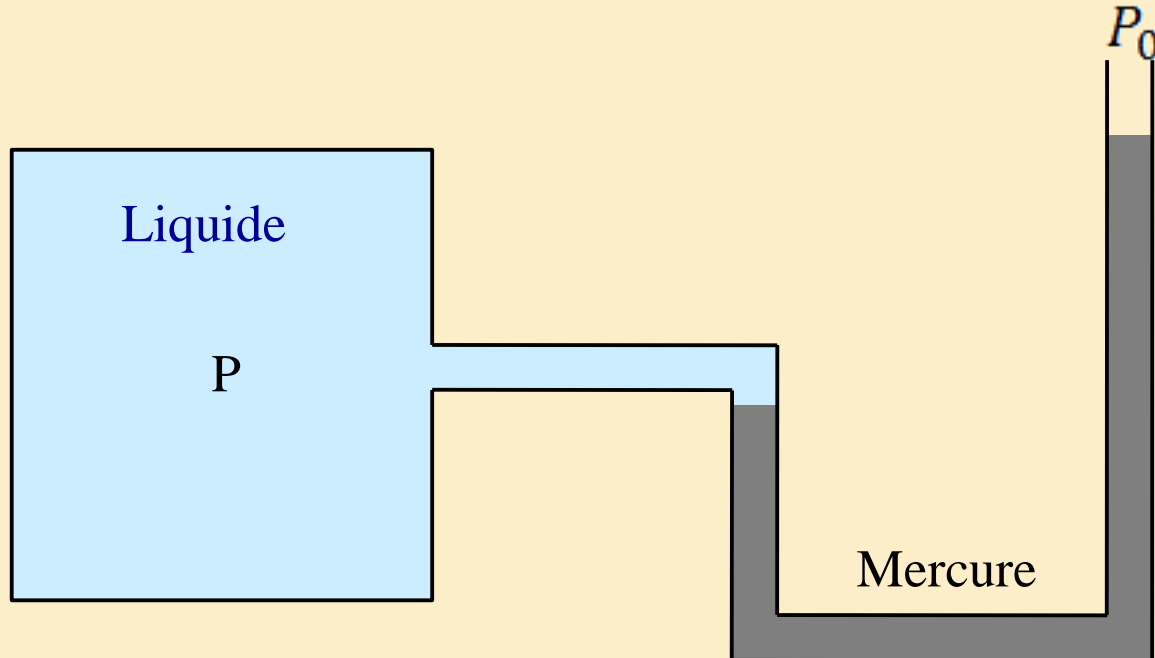


## 2. Manomètre

Le manomètre nous donne directement la différence de ces deux pressions

$$\bar{P} = P - P_0$$

Cette différence de pressions est souvent appelée **pression de jauge**

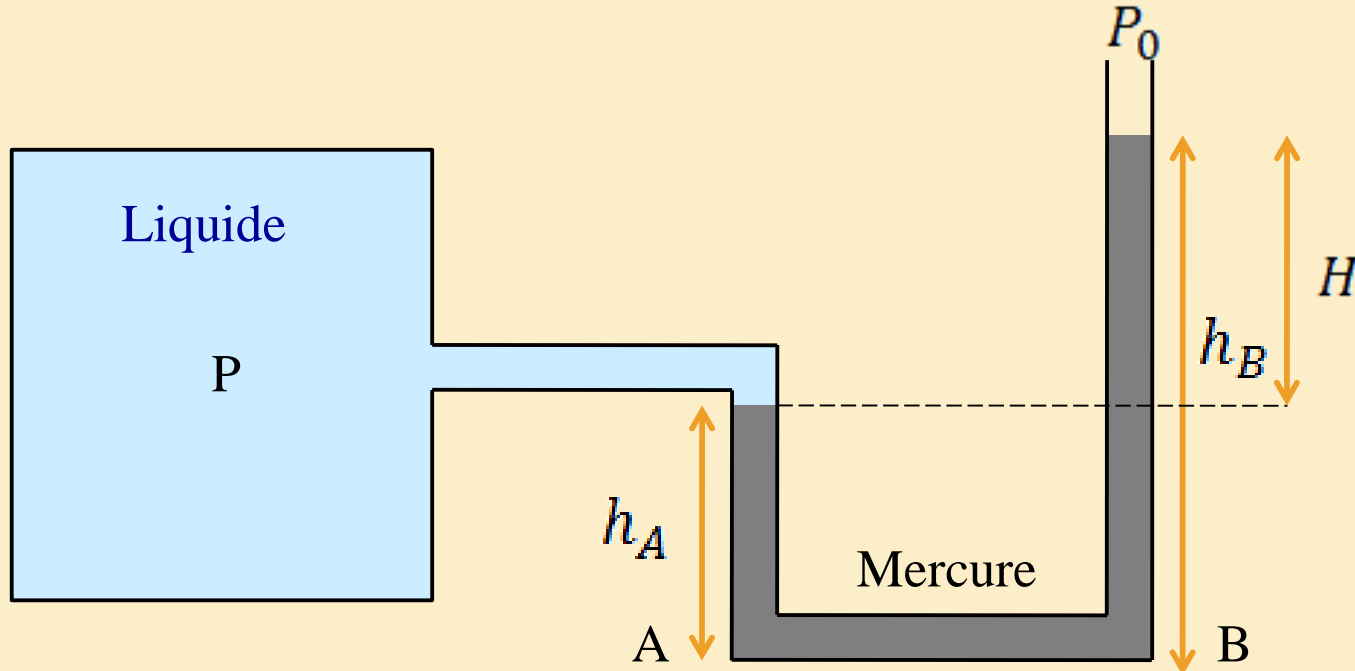




## 2. Manomètre

Les points à l'intérieur du tube, se trouvent sur la même horizontale, que le point A sont à la même pression.

$$P + \rho \cdot g \cdot h_A = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_B$$



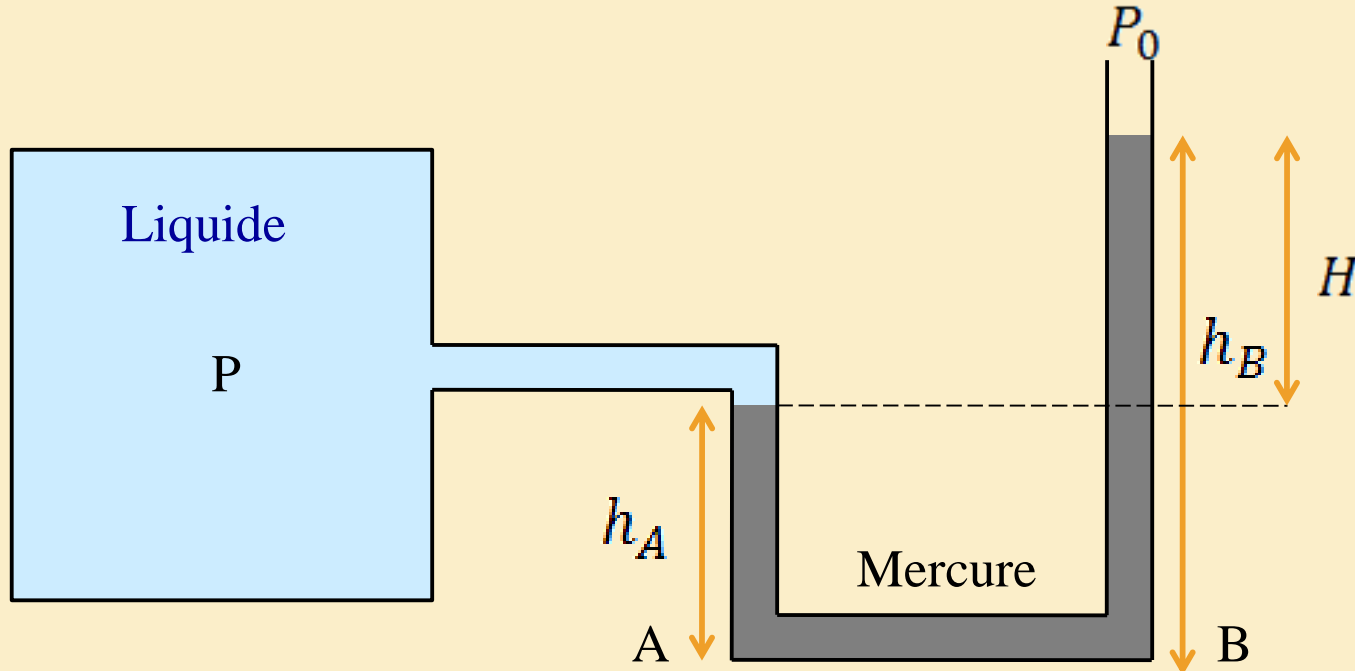
## 2. Manomètre

Les points à l'intérieur du tube, se trouvant sur la même horizontale, que le point A sont à la même pression.

$$P + \rho \cdot g \cdot h_A = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_B$$

$$\longrightarrow P - P_0 = \rho \cdot g \cdot (h_B - h_A)$$

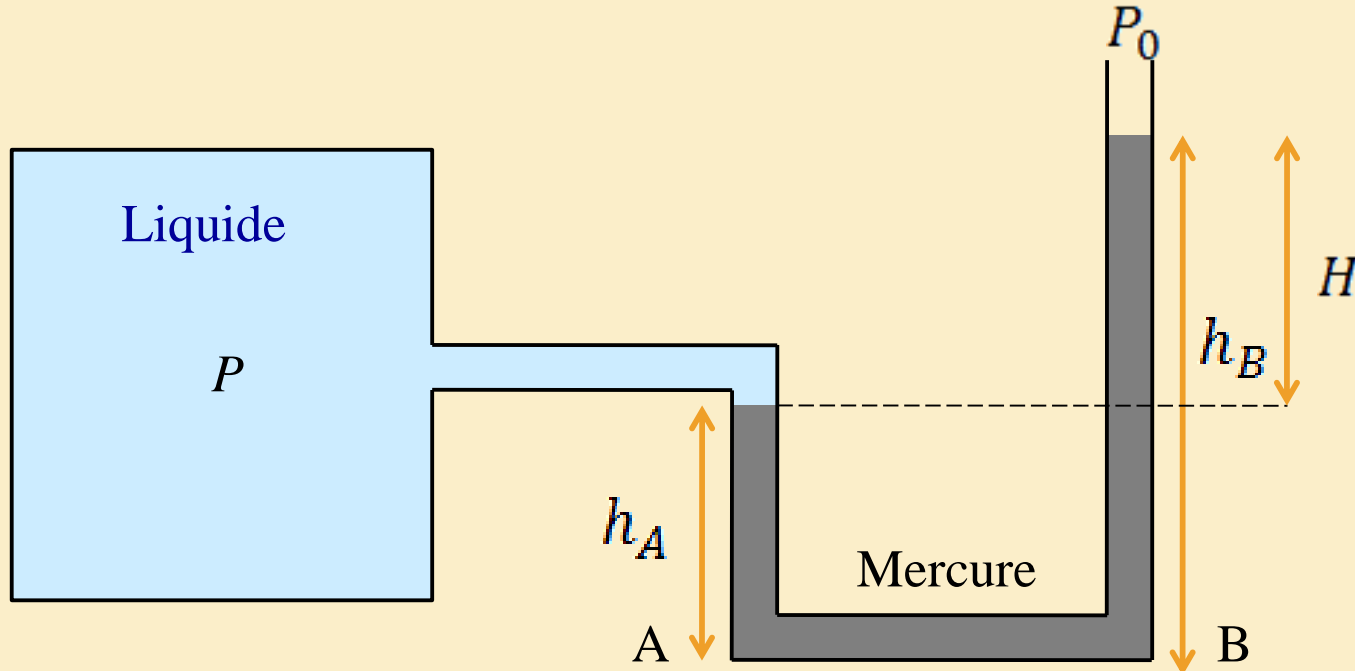
$$\longrightarrow \bar{P} = \rho \cdot g \cdot H$$



## 2. Manomètre

$$\bar{P} = P - P_0 = \rho \cdot g \cdot H$$

La différence entre la pression absolue  $P$  dans le fluide et la pression atmosphérique  $P_0$



# 3. Tensiomètre

- **Tensiomètre** sert à mesurer la tension (**pression**) **artérielle**



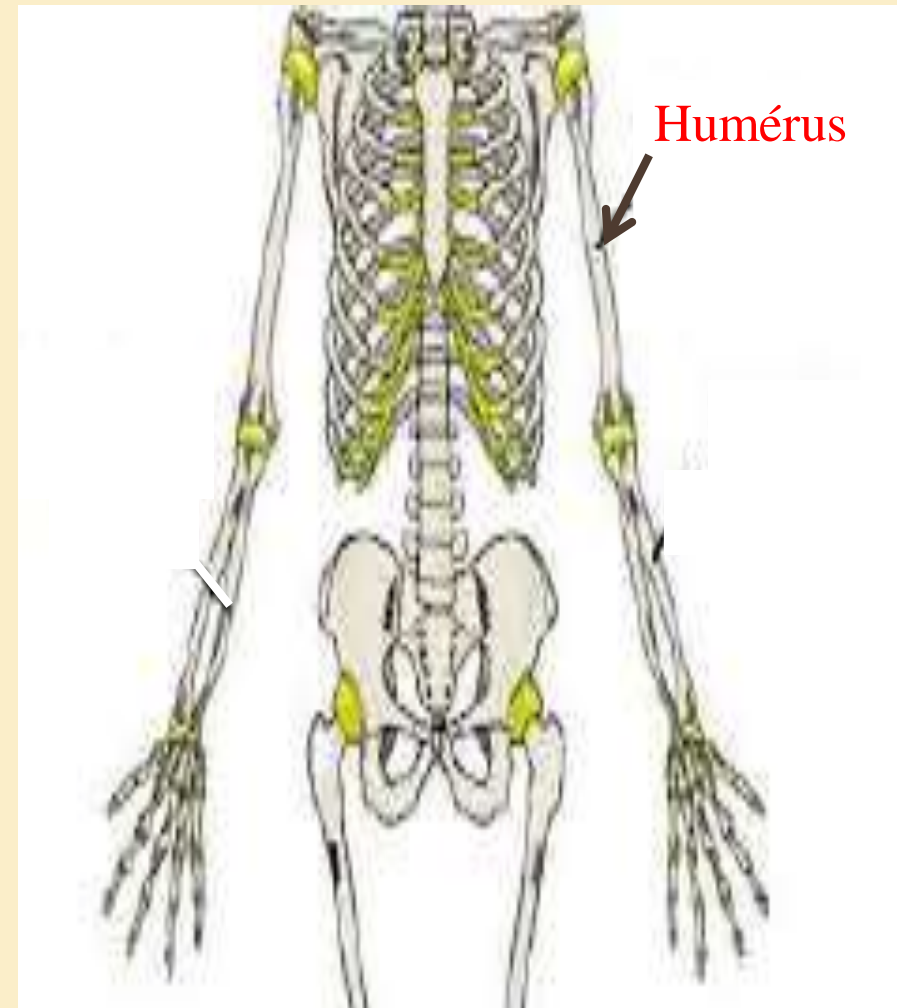
# 3. Tensiomètre

- Pendant le cycle cardiaque la **pression** dans le cœur passe par un **maximum** (pompage) et un **minimum** (relaxation c'est à dire que le cœur est plein du sang).
- La **pression maximale** est la **pression systolique** tandis que la **pression minimale** est dite **pression diastolique**



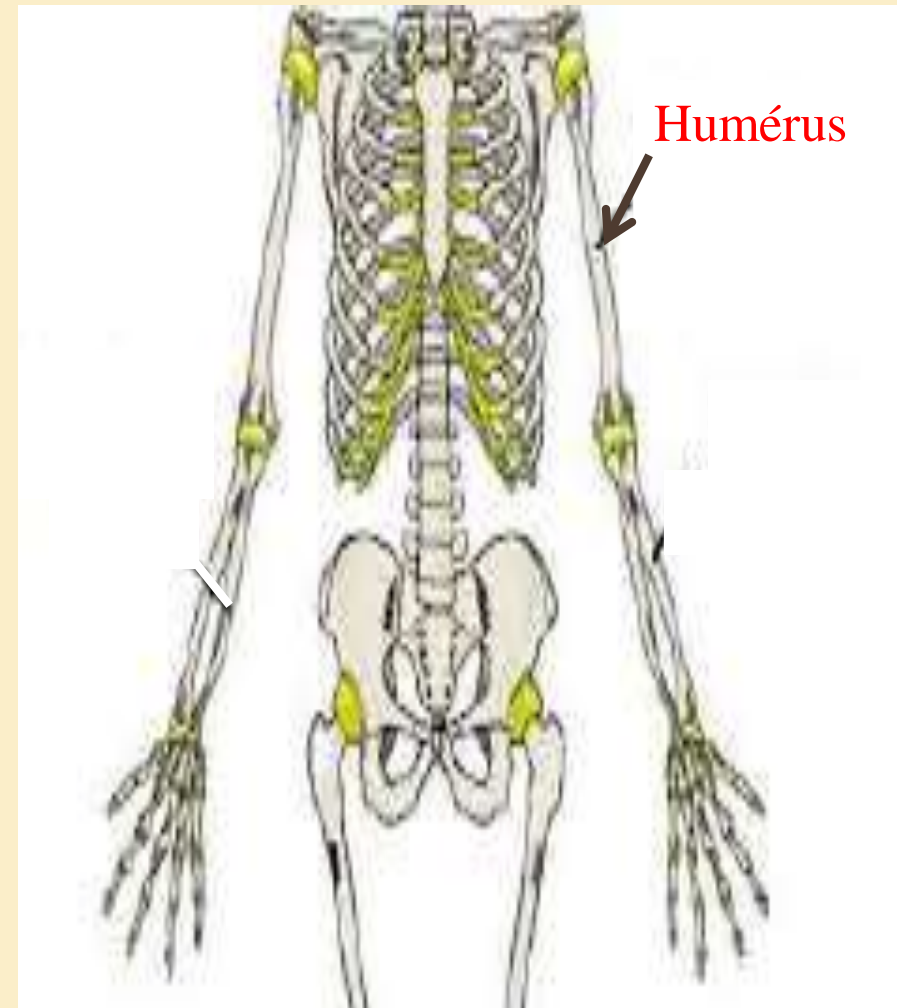
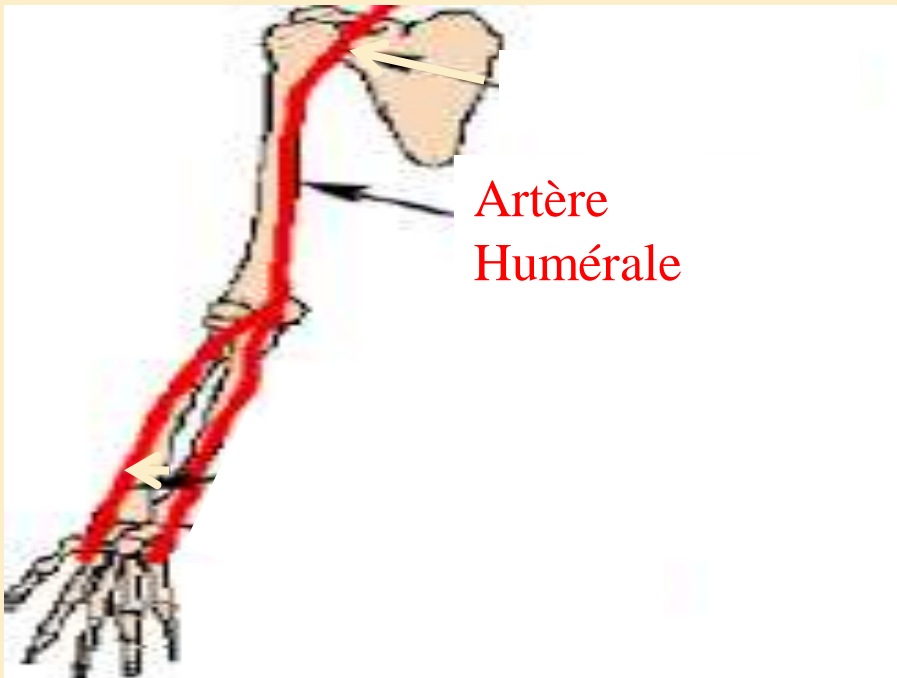
# 3. Tensiomètre

- Généralement on mesure la **tension artérielle** au niveau du **bras** car il contient un **seul os** (**Humérus**)



# 3. Tensiomètre

- Généralement on mesure la **tension artérielle** au niveau du **bras** car il contient un **seul os (Humérus)**  
→ **Artère humérale.**



# 3. Tensiomètre

- L'autre raison de ce choix est le fait que le **bras** et le **cœur se trouvent sur la même horizontale.**





# 3. Tensiomètre

- Pour un adulte au repos et en bonne santé :

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} \approx \frac{16}{11} kPa$$

- A partir du  $\frac{19}{12} kPa$  on dit que le sujet est hypertonique (hypertension).



# 3. Tensiomètre

- Les pressions mesurées aux niveaux du cerveau, du cœur et des pieds d'un sujet

# 3. Tensiomètre

➤ Les pressions mesurées aux niveaux du cerveau, du cœur et des pieds d'un sujet

▪ En position droite



# 3. Tensiomètre

➤ Les pressions mesurées aux niveaux du cerveau, du cœur et des pieds d'un sujet

- En position droite



- En position allongée



# Applications

---

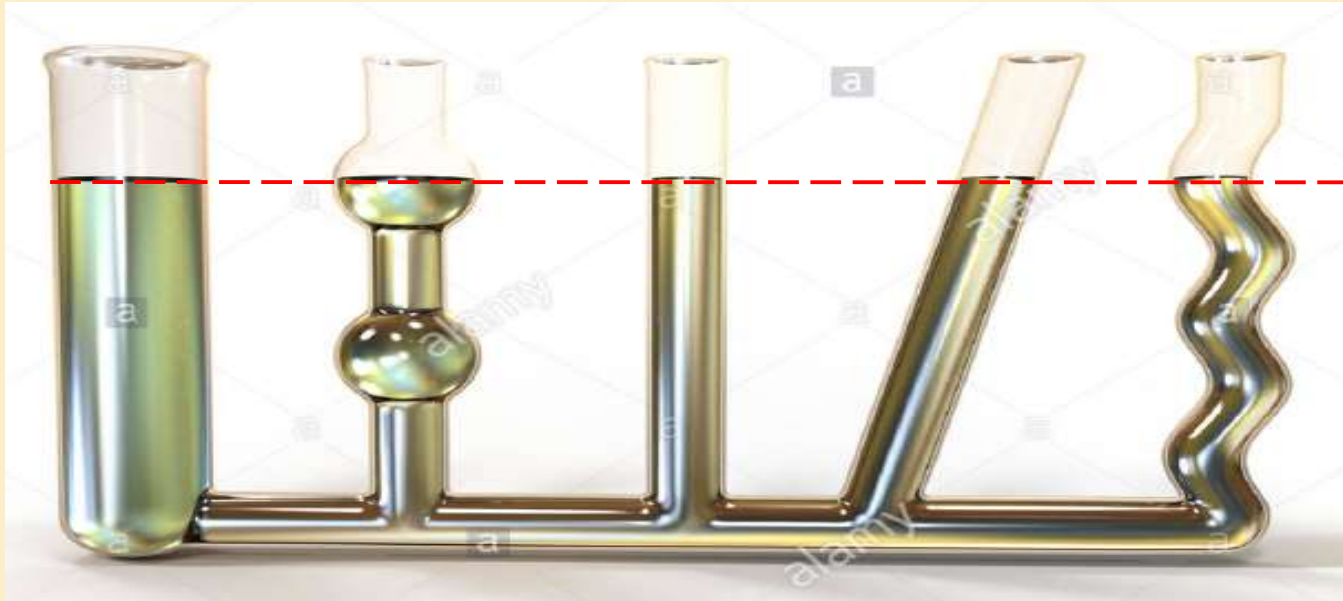
# 1. Vases communicants

➤ **Vases communicants:**  
des vases de formes quelconques,  
ouverts à l'air libre et reliés entre eux.



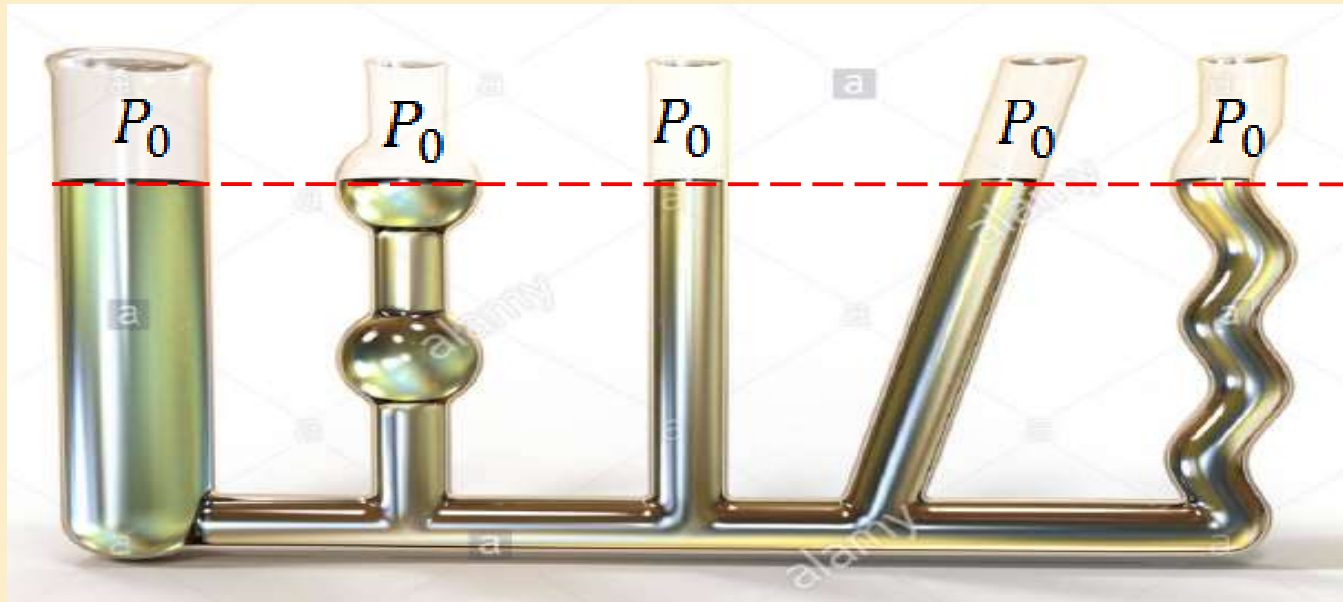
# 1. Vases communicants

- La surface libre d'un fluide est **horizontale** quelles que soient la section et la forme géométrique du vase qui le contient



# 1. Vases communicants

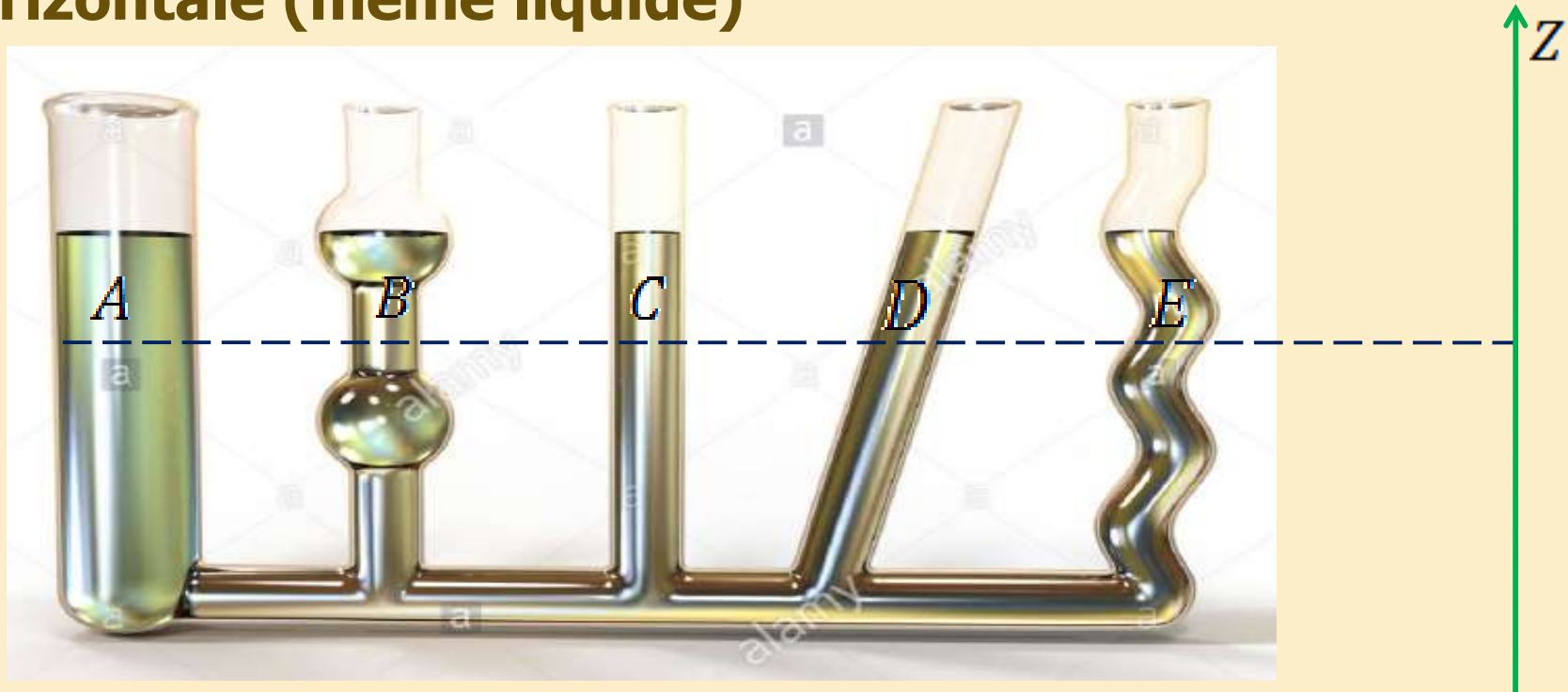
- La surface libre d'un fluide est **horizontale** quelles que soient la section et la forme géométrique du vase qui le contient
- Tous les points de la surface libre sont à la **même pression**  $P_0$





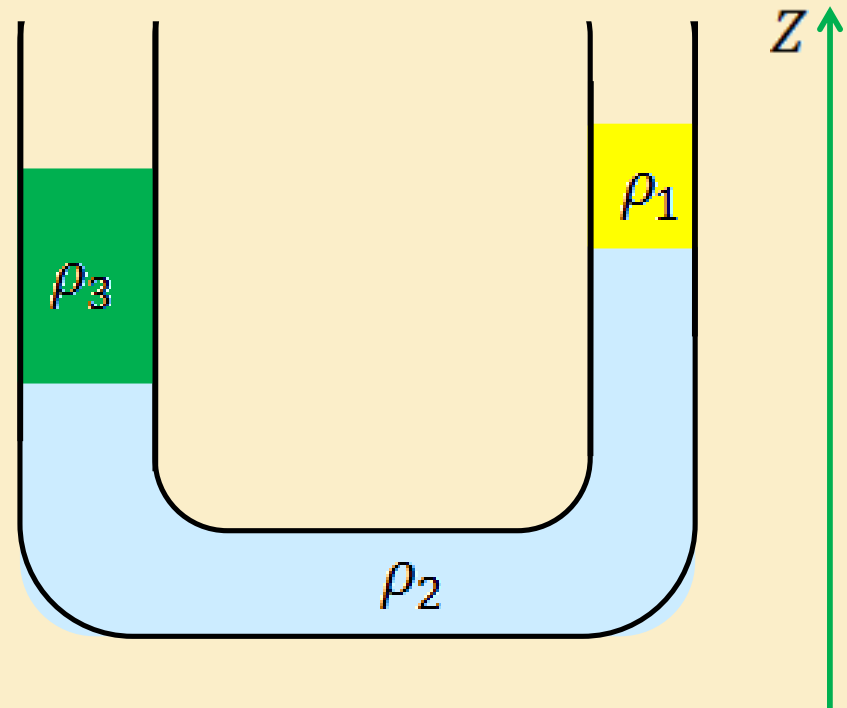
# 1. Vases communicants

- La surface libre d'un fluide est **horizontale** quelles que soient la section et la forme géométrique du vase qui le contient
- Tous les points de la surface libre sont à la **même pression**
- $P_A = P_B = P_C = P_D = P_E$  : A l'équilibre, **les pressions sont égales** car les points A, B, C, D et E se trouvent sur le **même horizontale (même liquide)**



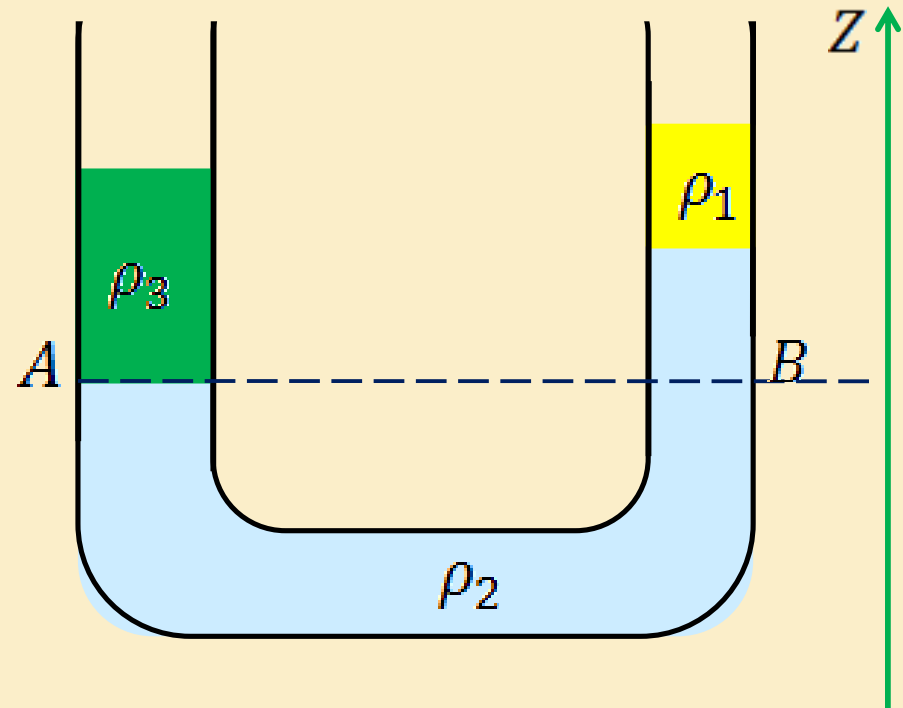
# 1. Vases communicants

- Un tube en U dans lequel se trouvent trois liquides, de masse volumique  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  et  $\rho_3$ .



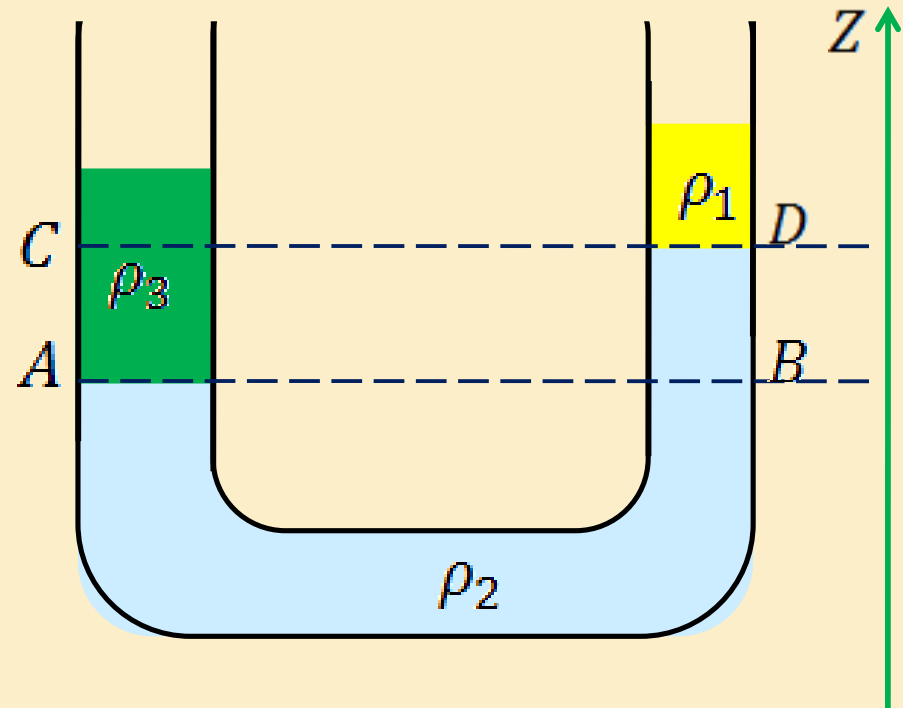
# 1. Vases communicants

- Un tube en U dans lequel se trouvent trois liquides.
  - $P_A = P_B$  : Les points A et B sont dans le même liquide et sur une même horizontale



# 1. Vases communicants

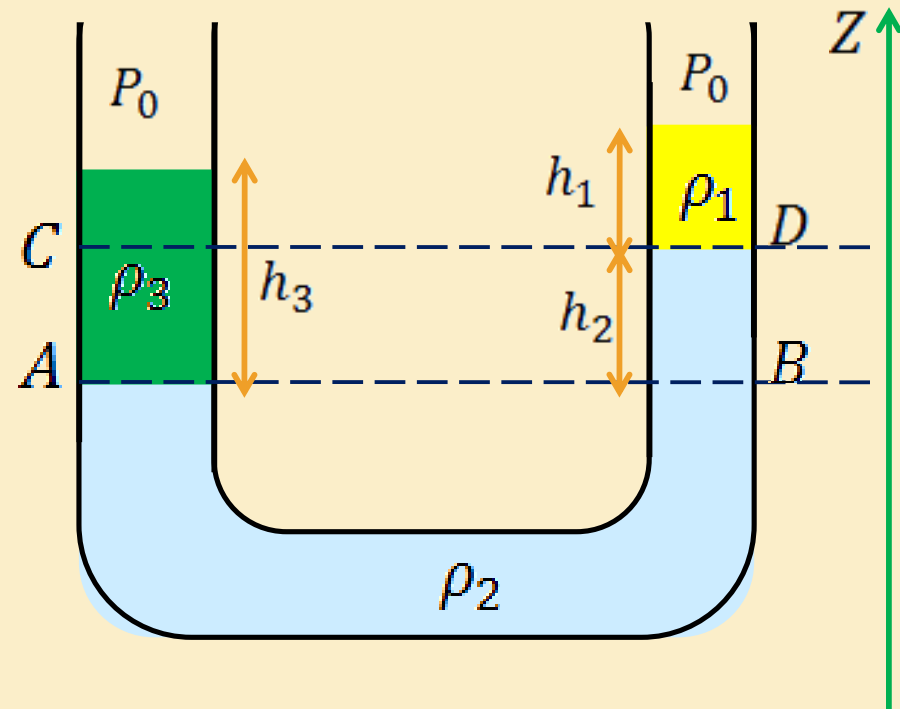
- Un tube en U dans lequel se trouvent trois liquides.
  - $P_A = P_B$  : Les points A et B sont dans le même liquide et sur une même horizontale
  - $P_C \neq P_D$  : Les points C et D sont sur une même horizontale mais pas dans le même liquide.



# 1. Vases communicants

- Un tube en U dans lequel se trouvent trois liquides.
  - $P_A = P_B$  : Les points A et B sont dans le même liquide et sur une même horizontale
  - $P_C \neq P_D$  : Les points C et D sont sur une même horizontale mais pas dans le même liquide.

En appliquant le théorème de Pascal (relation fondamentale de l'hydrostatique)



# 1. Vases communicants

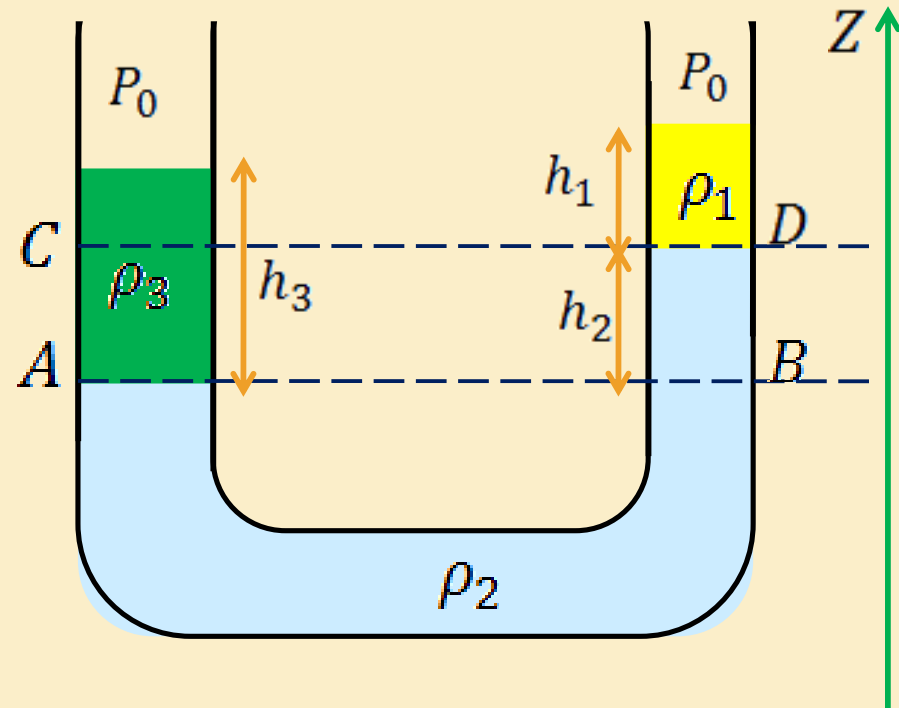
➤ Un tube en U dans lequel se trouvent trois liquides.

- $P_A = P_B$  : Les points A et B sont dans le même liquide et sur une même horizontale
- $P_C \neq P_D$  : Les points C et D sont sur une même horizontale mais pas dans le même liquide.

En appliquant le théorème de Pascal (relation fondamentale de l'hydrostatique)

- Au points A :

$$P_A = P_0 + \rho_3 \cdot g \cdot h_3$$



# 1. Vases communicants

➤ Un tube en U dans lequel se trouvent trois liquides.

- $P_A = P_B$  : Les points A et B sont dans le même liquide et sur une même horizontale
- $P_C \neq P_D$  : Les points C et D sont sur une même horizontale mais pas dans le même liquide.

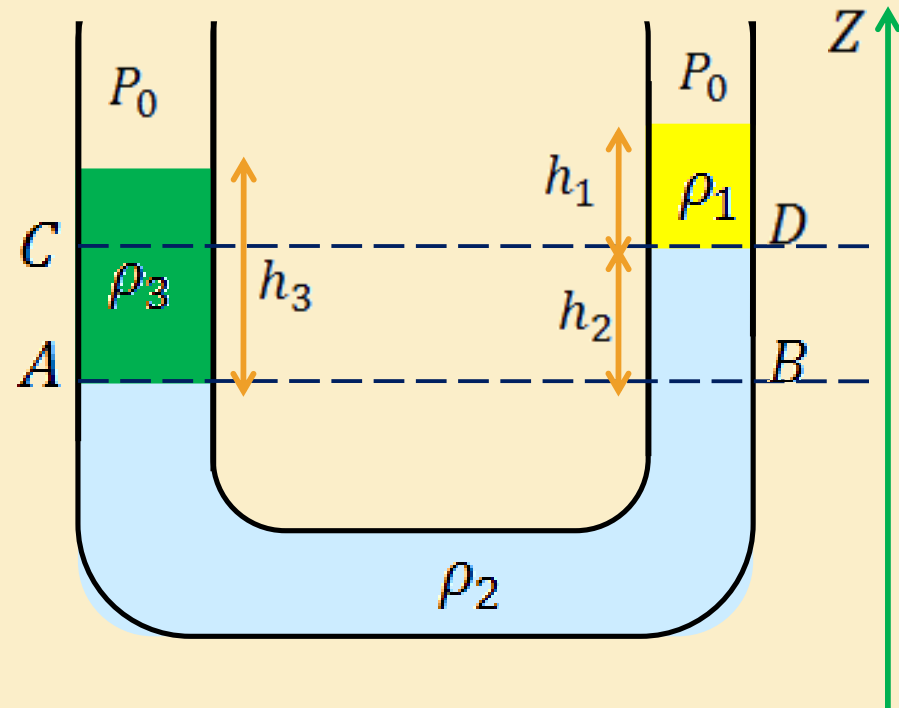
En appliquant le théorème de Pascal (relation fondamentale de l'hydrostatique)

- Au points A :

$$P_A = P_0 + \rho_3 \cdot g \cdot h_3$$

- Au points B :

$$P_B = P_0 + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$



# 1. Vases communicants

➤ Un tube en U dans lequel se trouvent trois liquides.

- $P_A = P_B$  : Les points A et B sont dans le même liquide et sur une même horizontale
- $P_C \neq P_D$  : Les points C et D sont sur une même horizontale mais pas dans le même liquide.

En appliquant le théorème de Pascal (relation fondamentale de l'hydrostatique)

- Au points A :

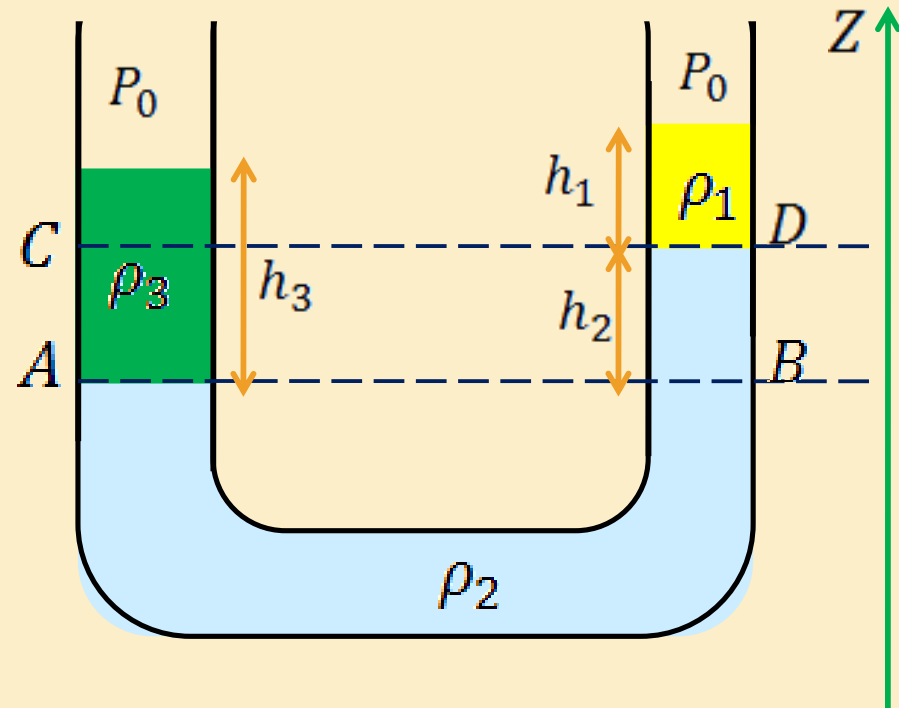
$$P_A = P_0 + \rho_3 \cdot g \cdot h_3$$

- Au points B :

$$P_B = P_0 + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

On obtient

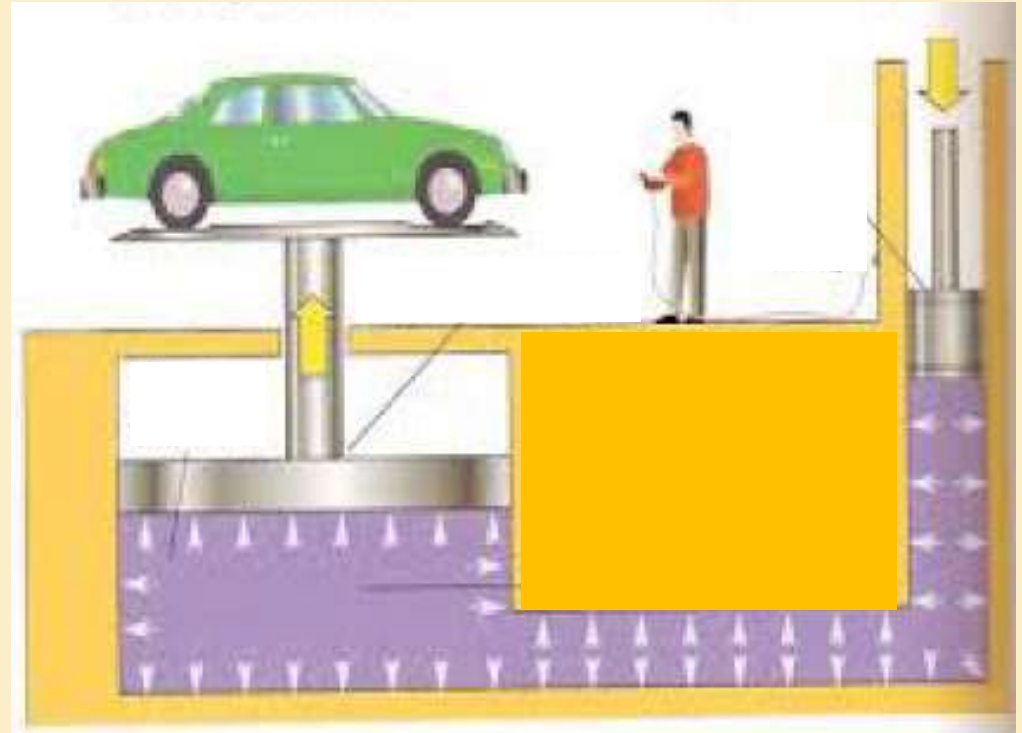
$$\rho_3 \cdot h_3 = \rho_1 \cdot h_1 + \rho_2 \cdot h_2$$





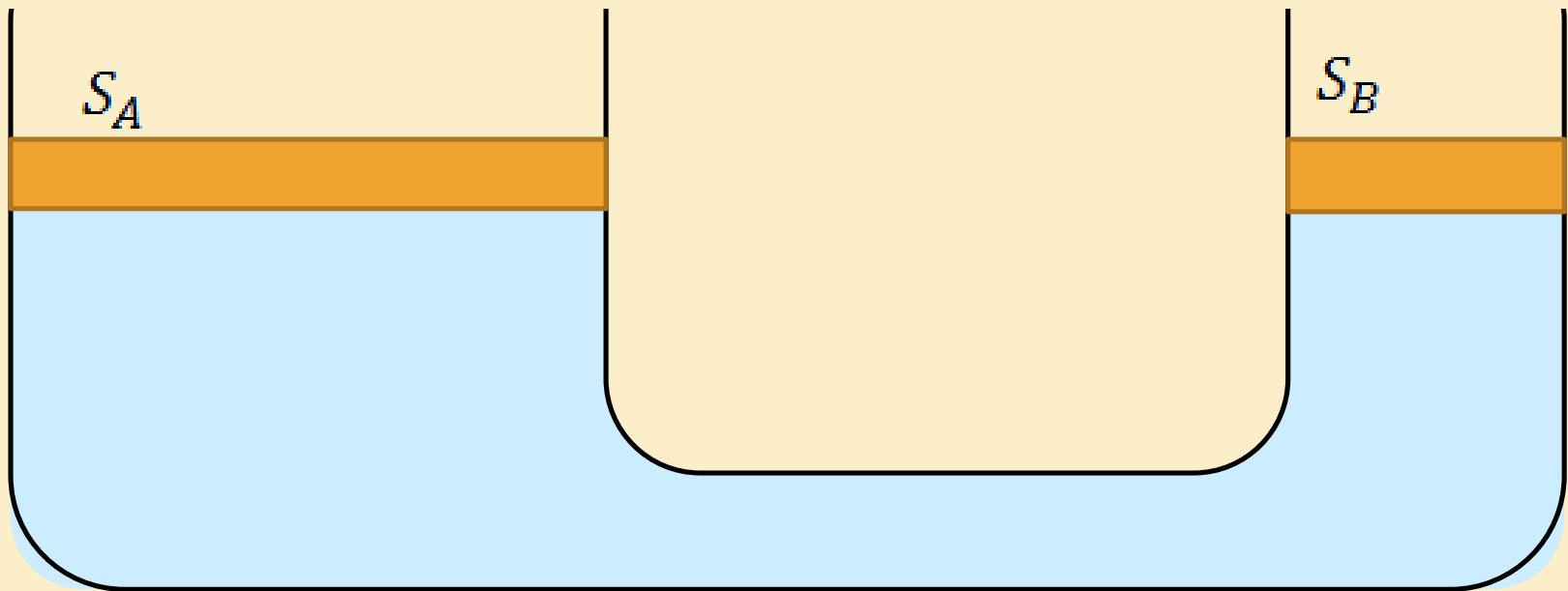
## 2. Presse hydraulique

- **La presse hydraulique** est utilisée pour soulever des charges lourdes.



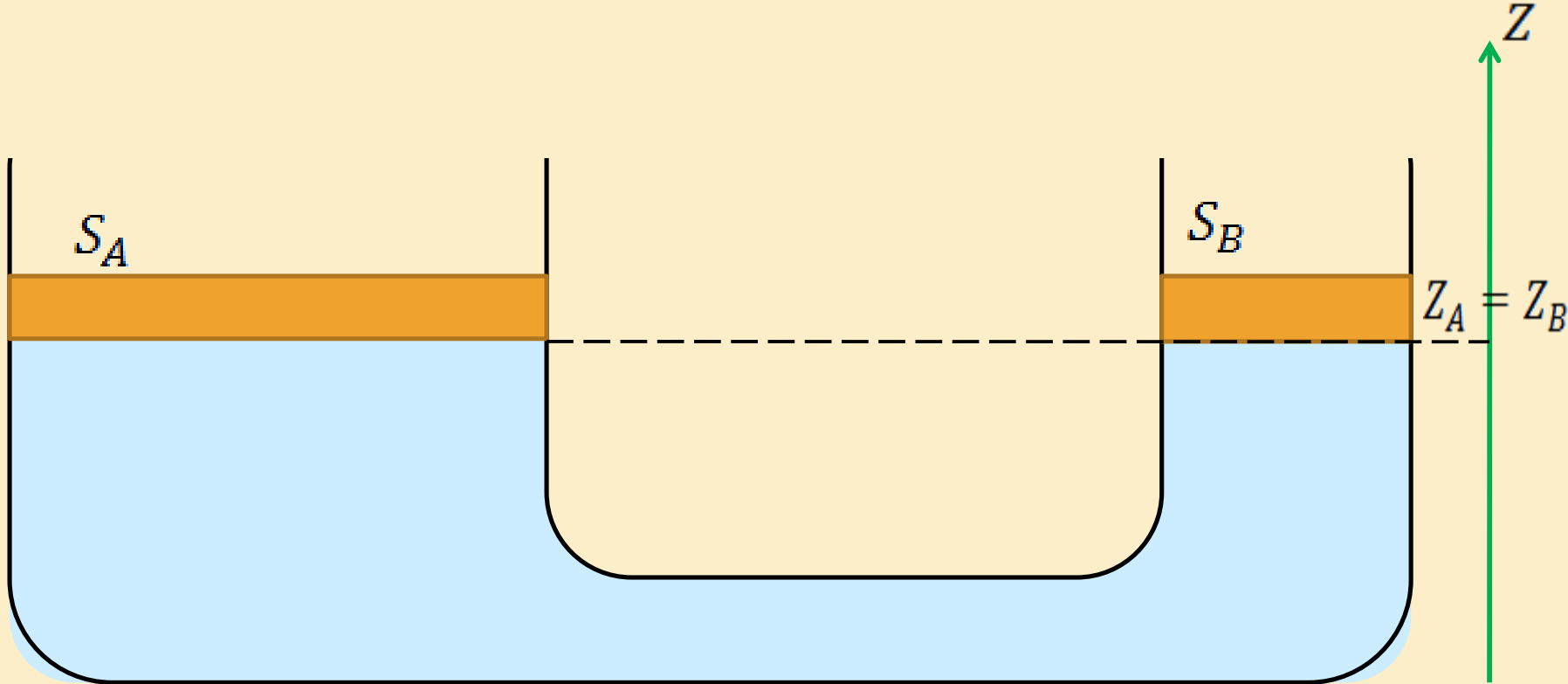
## 2. Presse hydraulique

- On considère deux récipients cylindriques de sections  $S_A$  et  $S_B$ , reliés par une canalisation contenant un liquide. Chaque vase est fermé par un piston étanche (dont on néglige la masse) sur lequel on peut placer des masses  $M_1$  et  $M_2$ .



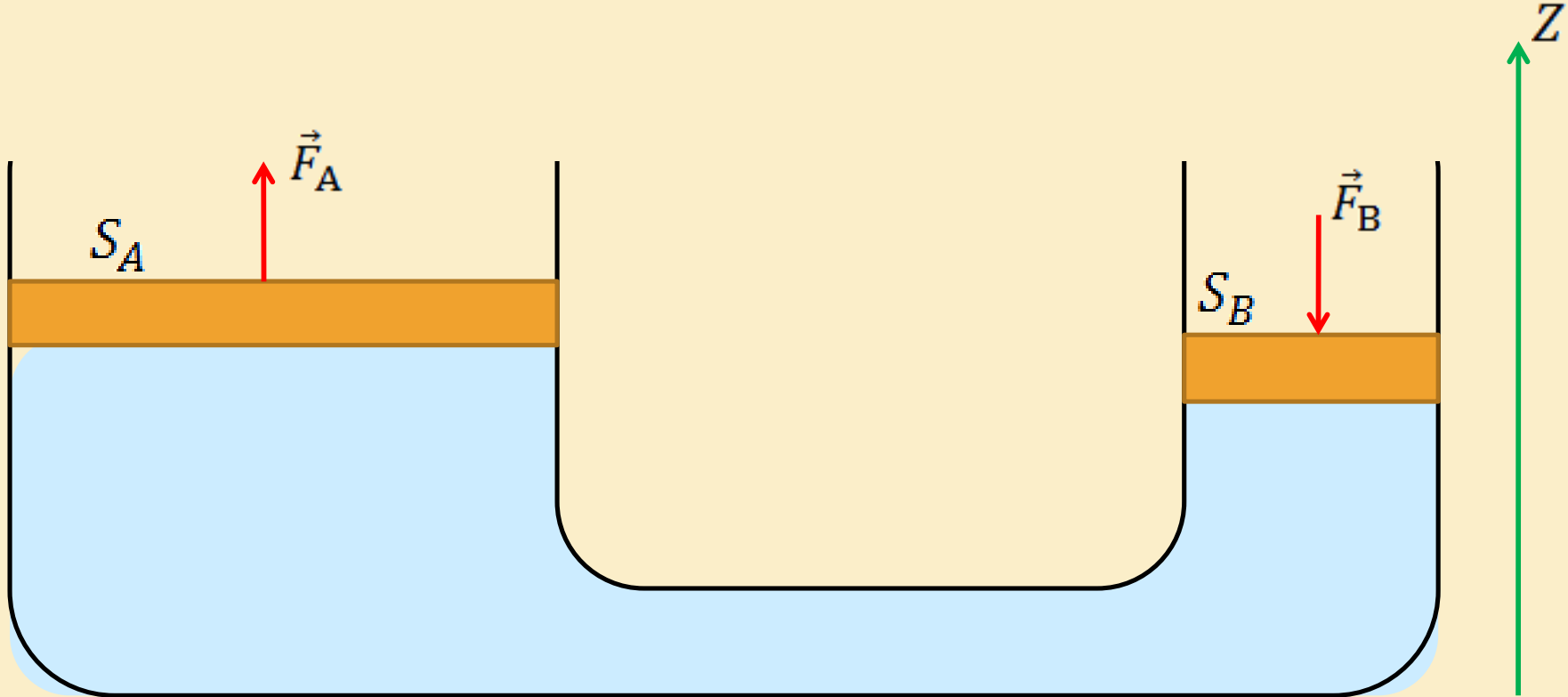
## 2. Presse hydraulique

- $P_A = P_B$  : A l'équilibre, les pressions sous les pistons sont égales car les points **A** et **B** sont situés sur une même horizontale ( $Z_A = Z_B$ ).



## 2. Presse hydraulique

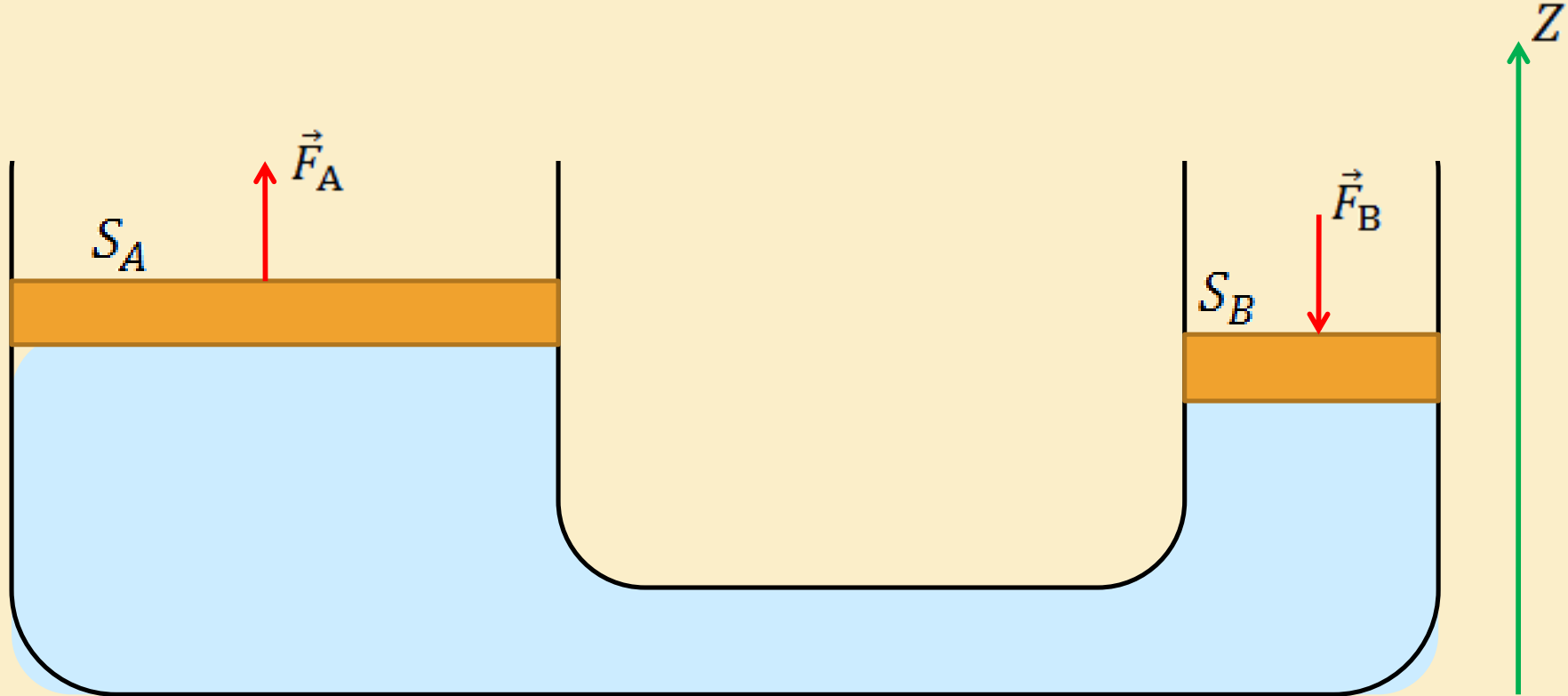
- $P_A = P_B$  : A l'équilibre, les pressions sous les pistons sont égales car les points **A** et **B** sont situés sur une même horizontale ( $Z_A = Z_B$ ).
- Lorsqu'on exerce une petite force sur le piston de section  $S_B$ , le piston de section  $S_A$  s'élève.



## 2. Presse hydraulique

➤ A l'équilibre

$$P_A = P_B$$

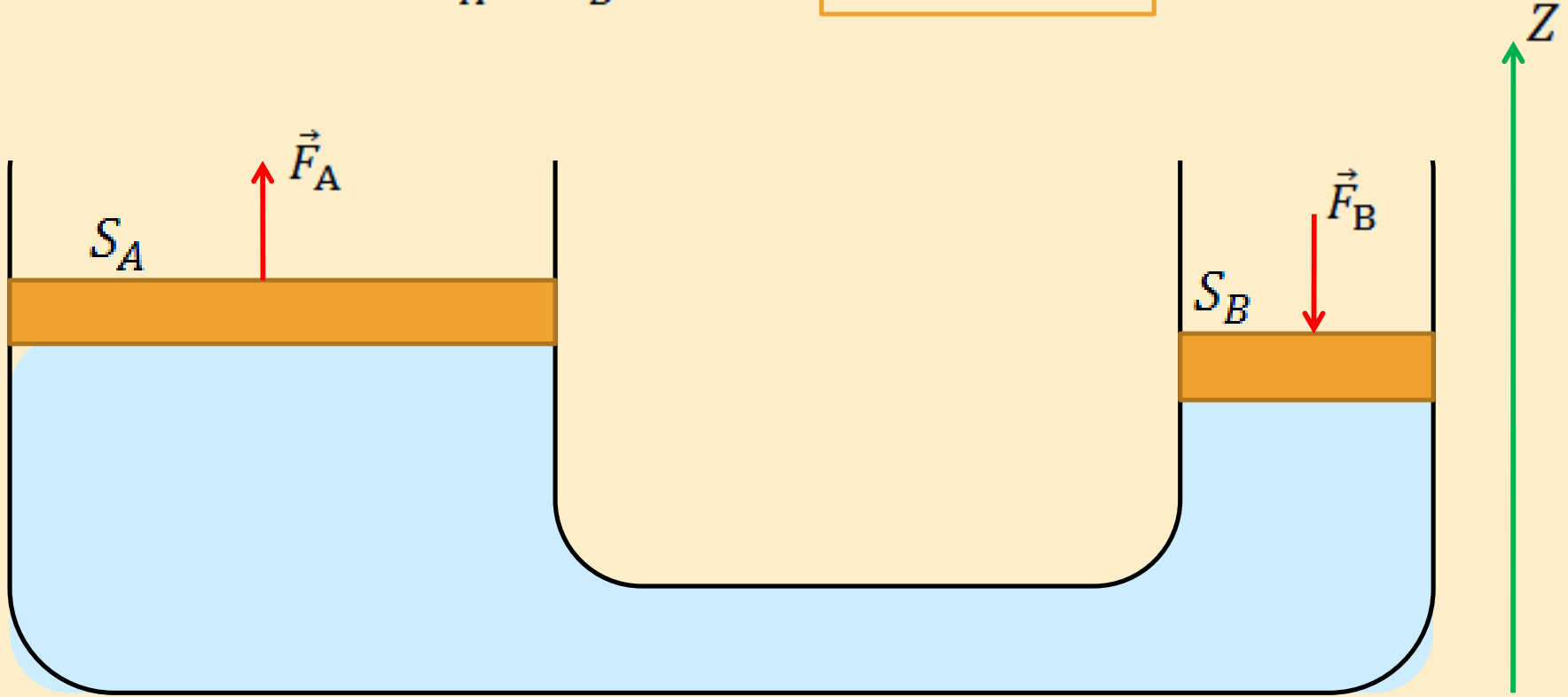


# 2. Presse hydraulique

➤ A l'équilibre

$$P_A = P_B$$

D'après (\*)  $\longrightarrow \frac{F_A}{S_A} = \frac{F_B}{S_B} \longrightarrow F_A = S_A \cdot \frac{F_B}{S_B}$



# **Partie II: Mécanique des fluides**

**1. Hydrostatique.**

**2. Hydrodynamique.**

## **2. Hydrodynamique**



Hydrodynamique ?



# Etude des fluides en mouvement



Débit

---

- **Débit:** L'écoulement d'une quantité de fluide dans une section  $S$  pendant le temps  $\Delta t$

➤ **Débit:** L'écoulement d'une quantité de fluide dans une section  $S$  pendant le temps  $\Delta t$

❖ **Débit massique :** est la masse  $\Delta m$  du liquide qui traverse une section  $S$  par unité de temps  $\Delta t$ .

$$D_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (1)$$

Unité :

•  $D_m$  en  $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

➤ **Débit:** L'écoulement d'une quantité de fluide dans une section  $S$  pendant le temps  $\Delta t$

❖ **Débit massique :** est la masse  $\Delta m$  du liquide qui traverse une section  $S$  par unité de temps  $\Delta t$ .

Unité :

•  $D_m$  en  $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

$$D_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (1)$$

❖ **Débit volumique :** est le volume  $\Delta V$  du liquide qui traverse une section  $S$  par unité de temps  $\Delta t$ .

Unité :

•  $D_V$  en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

$$D_V = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (2)$$

➤ **Débit:** L'écoulement d'une quantité de fluide dans une section  $S$  pendant le temps  $\Delta t$

❖ **Débit massique :** est la masse  $\Delta m$  du liquide qui traverse une section  $S$  par unité de temps  $\Delta t$ .

Unité :

•  $D_m$  en  $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

$$D_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (1)$$

❖ **Débit volumique :** est le volume  $\Delta V$  du liquide qui traverse une section  $S$  par unité de temps  $\Delta t$ .

Unité :

•  $D_V$  en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

$$D_V = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (2)$$

▪ Si  $S = C^{te}$  : le liquide se déplace une distance  $\Delta x$  pendant un temps  $\Delta t$

Le volume sortant:  $\Delta V = S \cdot \Delta x$  Avec:  $\Delta x = v \cdot \Delta t$

On obtient:  $\Delta V = S \cdot v \cdot \Delta t$  (3)

(2) et (3)

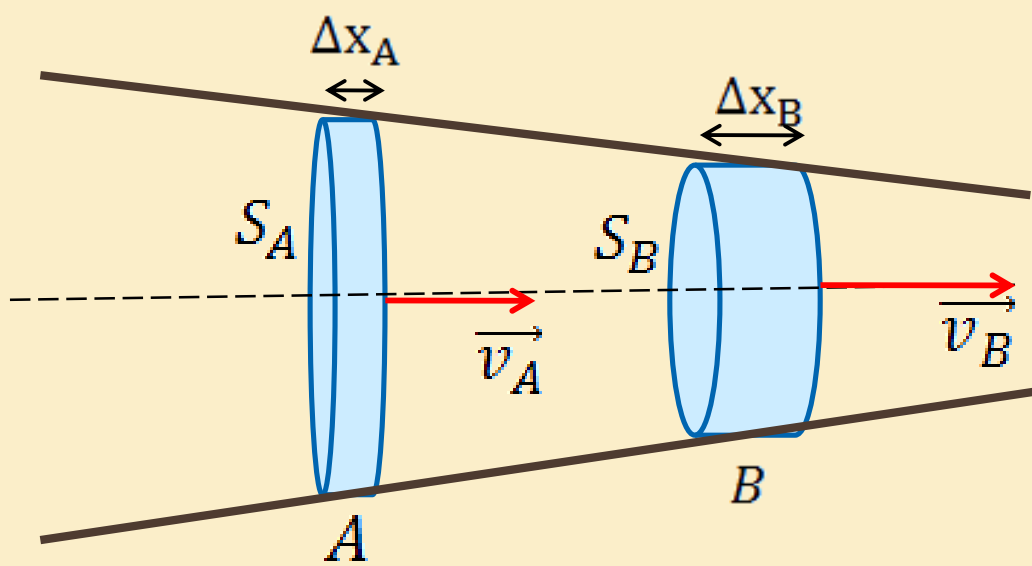


$$D_V = S \cdot v \quad (*)$$

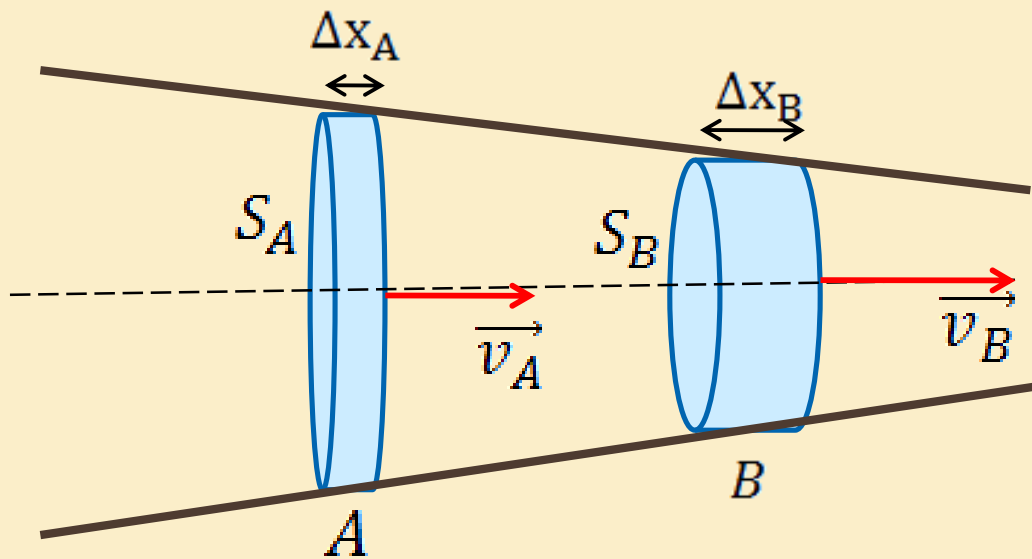
# L'équation de continuité

---



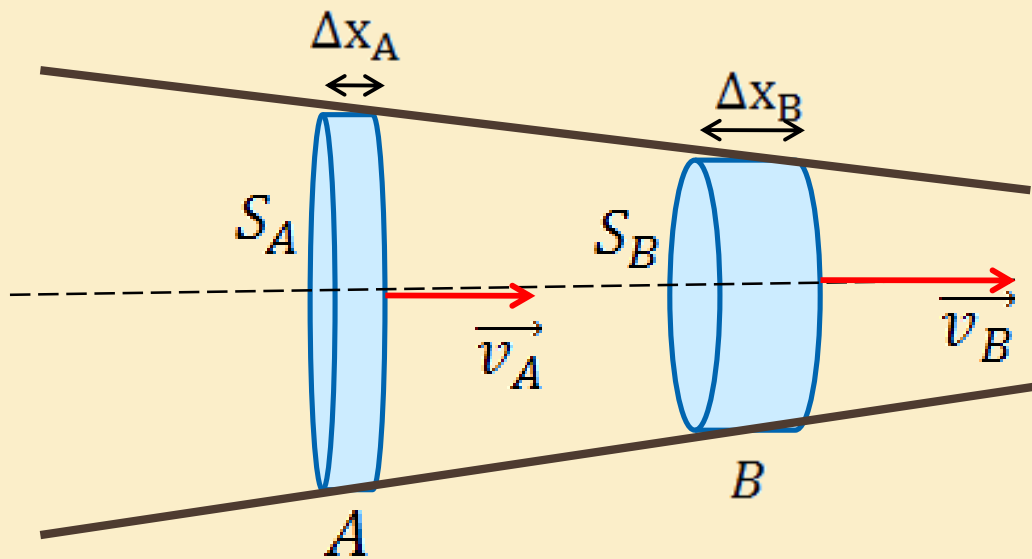


Soit un fluide parfait qui coule horizontalement dans un tuyau cylindrique de section variable  $S_A$  et  $S_B$  .



Soit un fluide parfait qui coule horizontalement dans un tuyau cylindrique de section variable  $S_A$  et  $S_B$  .

- Pour une surface fermée:  $D_{m_A} = D_{m_B}$   
 $\longrightarrow \frac{\Delta m_A}{\Delta t_A} = \frac{\Delta m_B}{\Delta t_B}$

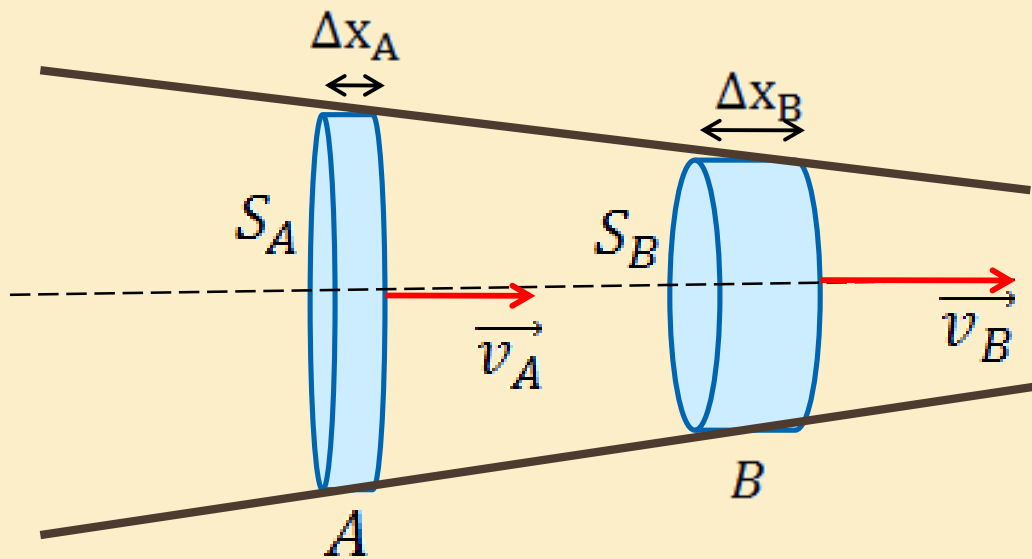


Soit un fluide parfait qui coule horizontalement dans un tuyau cylindrique de section variable  $S_A$  et  $S_B$  .

- Pour une surface fermée:  $D_{m_A} = D_{m_B}$

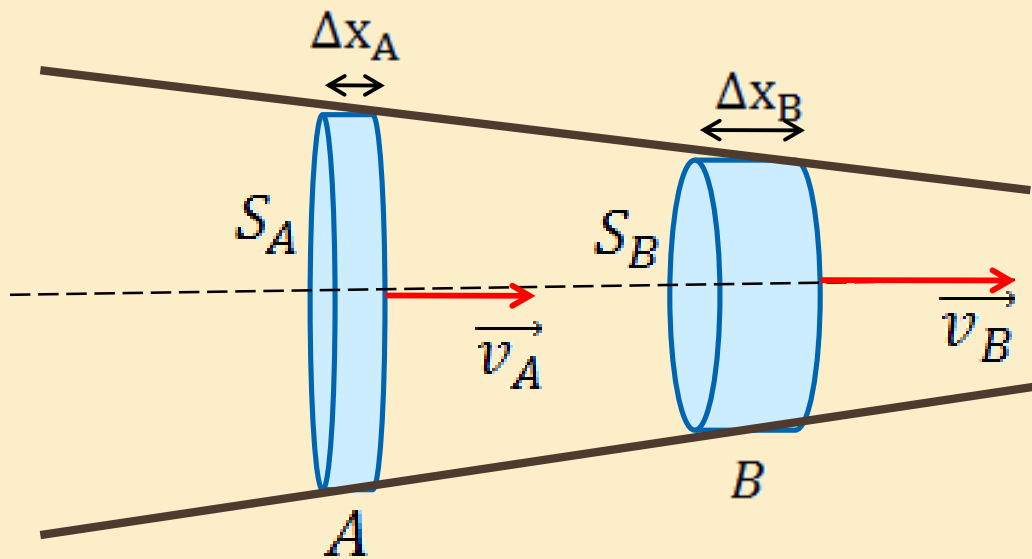
$$\longrightarrow \frac{\Delta m_A}{\Delta t_A} = \frac{\Delta m_B}{\Delta t_B} \quad \text{Sachant que } \Delta m = \rho \cdot \Delta V$$

$$\longrightarrow \frac{\rho \cdot \Delta V_A}{\Delta t_A} = \frac{\rho \cdot \Delta V_B}{\Delta t_B}$$



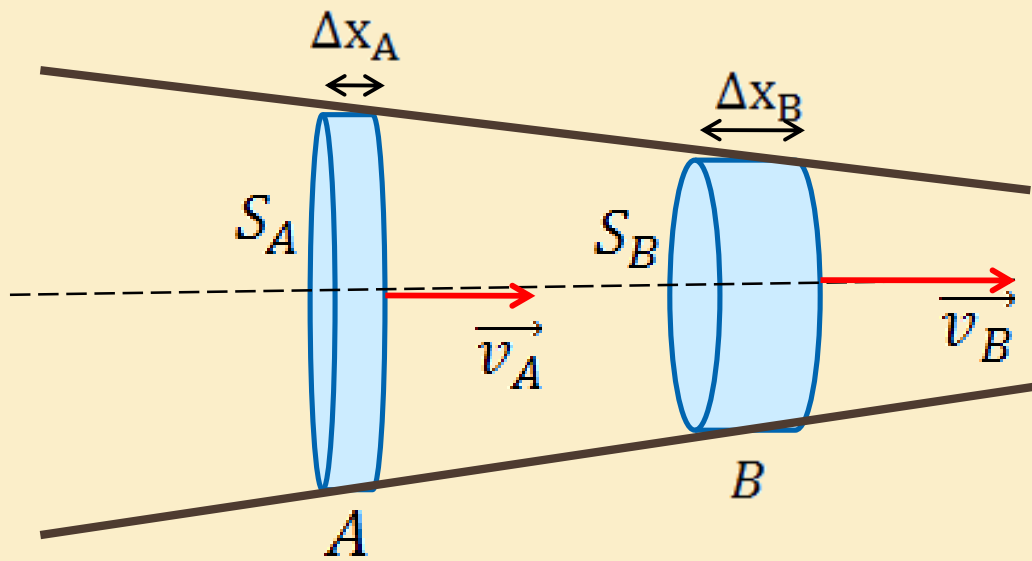
Soit un fluide parfait qui coule horizontalement dans un tuyau cylindrique de section variable  $S_A$  et  $S_B$  .

- Pour une surface fermée:  $D_{m_A} = D_{m_B}$
- $\frac{\Delta m_A}{\Delta t_A} = \frac{\Delta m_B}{\Delta t_B}$       Sachant que  $\Delta m = \rho \cdot \Delta V$
- $\frac{\rho \cdot \Delta V_A}{\Delta t_A} = \frac{\rho \cdot \Delta V_B}{\Delta t_B}$       Avec  $\Delta V = S \cdot \Delta x$
- $\frac{\rho \cdot S_A \cdot \Delta x_A}{\Delta t_A} = \frac{\rho \cdot S_B \cdot \Delta x_B}{\Delta t_B}$



Soit un fluide parfait qui coule horizontalement dans un tuyau cylindrique de section variable  $S_A$  et  $S_B$  .

- Pour une surface fermée:  $D_{m_A} = D_{m_B}$   
 $\longrightarrow \frac{\Delta m_A}{\Delta t_A} = \frac{\Delta m_B}{\Delta t_B}$  Sachant que  $\Delta m = \rho \cdot \Delta V$   
 $\longrightarrow \frac{\rho \cdot \Delta V_A}{\Delta t_A} = \frac{\rho \cdot \Delta V_B}{\Delta t_B}$  Avec  $\Delta V = S \cdot \Delta x$   
 $\longrightarrow \frac{\rho \cdot S_A \cdot \Delta x_A}{\Delta t_A} = \frac{\rho \cdot S_B \cdot \Delta x_B}{\Delta t_B}$  et  $\Delta x = v \cdot \Delta t$



→  $S_A \cdot \Delta v_A = S_B \cdot \Delta v_B$

L'équation de continuité

≡

L'équation de conservation de Débit massique

# L'énergie mécanique d'un fluide

---

- Un liquide en mouvement possède deux formes d'énergies mécaniques

$$E_m = E_p + E_c$$



- Un liquide en mouvement possède deux formes d'énergies mécaniques

$$E_m = E_p + E_c$$

❖  $E_p$  : **Energies Potentiel** comporte deux termes:

- L'énergie liée à la pression:  $E_{P_1} = P$
- L'énergie liée à l'altitude:  $E_{P_2} = \rho \cdot g \cdot z$

- Un liquide en mouvement possède deux formes d'énergies mécaniques

$$E_m = E_p + E_c$$

❖  $E_p$  : **Energies Potentiel** comporte deux termes:

▪ L'énergie liée à la pression:  $E_{p_1} = P$

▪ L'énergie liée à l'altitude:  $E_{p_2} = \rho \cdot g \cdot z$

❖  $E_c$  : **Energies Cinétique**:

▪ L'énergie liée à la vitesse:  $E_c = \frac{1}{2} \rho \cdot v^2$

- Un liquide en mouvement possède deux formes d'énergies mécaniques

$$E_m = E_p + E_c$$

❖  $E_p$  : **Energies Potentiel** comporte deux termes:

▪ L'énergie liée à la pression:  $E_{p_1} = P$

▪ L'énergie liée à l'altitude:  $E_{p_2} = \rho \cdot g \cdot z$

❖  $E_c$  : **Energies Cinétique**:

▪ L'énergie liée à la vitesse:  $E_c = \frac{1}{2} \rho \cdot v^2$

- L'énergies mécanique totale du fluide

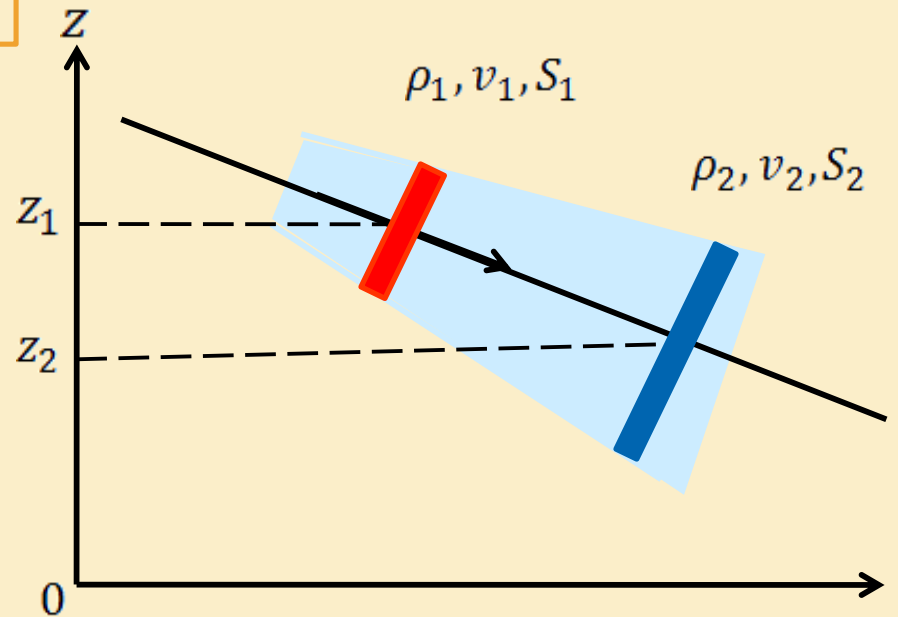
$$E_m = P + \rho \cdot g \cdot z + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2$$

# Le théorème de Bernoulli

---

- Ce théorème exprime simplement que **l'énergie mécanique totale** d'un **fluide parfait** est **constante** dans un circuit dans lequel il circule à **débit constant** au cours du temps

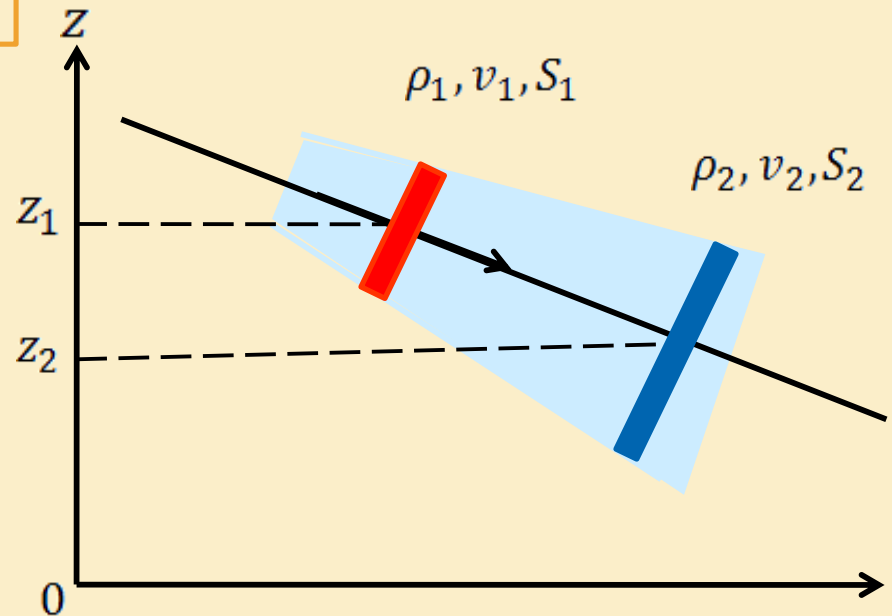
$$E_m = P + \rho \cdot g \cdot z + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 = C^{te}$$



- Ce théorème exprime simplement que **l'énergie mécanique totale** d'un **fluide parfait** est **constante** dans un circuit dans lequel il circule à **débit constant** au cours du temps

$$E_m = P + \rho \cdot g \cdot z + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 = C^{te}$$

- Mais Les différentes formes d'**énergie potentiel** et **cinétique** peuvent **se transformer** les unes dans les autres



$$P_1 + \rho \cdot g \cdot z_1 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2 = P_2 + \rho \cdot g \cdot z_2 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2$$

➤ Les conditions d'application du théorème de Bernoulli

▪ Fluide incompressible et densité constante ( $\rho = c^{te}$ )

▪ Fluide non visqueux (pas de frottements)

Pas de perte de charge mais perte de pression

▪ Fluide en écoulement stationnaire ( $v = c^{te}$ ) et non turbulent

## ➤ Les conditions d'application du théorème de Bernoulli

- Fluide incompressible et densité constante ( $\rho = C^{te}$ )
- Fluide non visqueux (pas de frottements)  
Pas de perte de charge mais perte de pression
- Fluide en écoulement stationnaire ( $v = C^{te}$ ) et non turbulent

## Remarque

- ✓ Si  $v = 0$ : le théorème de Bernoulli se réduit à

$$P + \rho \cdot g \cdot z = C^{te}$$

—————→ La **loi de Pascal**



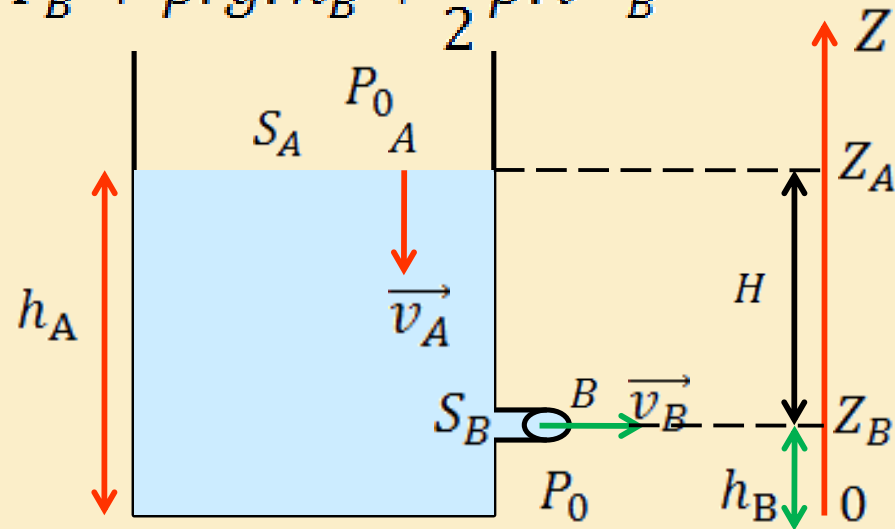
# Application du théorème de Bernoulli

---

# 1. Vase de Torricelli

Considérons un réservoir cylindrique rempli d'un liquide dans lequel on perce un orifice. En appliquant le théorème de Bernoulli entre les deux points A et B

$$P_A + \rho \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} \rho \cdot v_A^2 = P_B + \rho \cdot g \cdot h_B + \frac{1}{2} \rho \cdot v_B^2$$



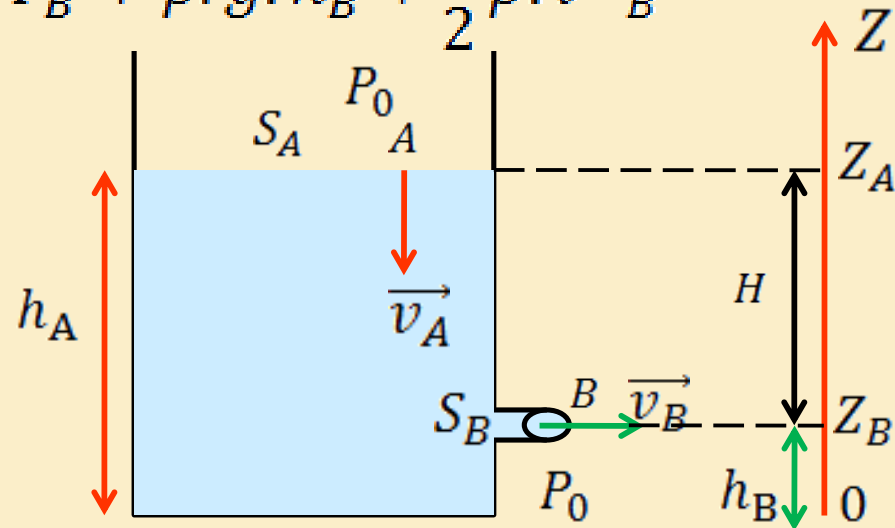
# 1. Vase de Torricelli

Considérons un réservoir cylindrique rempli d'un liquide dans lequel on perce un orifice. En appliquant le théorème de Bernoulli entre les deux points A et B

$$P_A + \rho \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} \rho \cdot v_A^2 = P_B + \rho \cdot g \cdot h_B + \frac{1}{2} \rho \cdot v_B^2$$

Comme  $P_A = P_B = P_{atm}$

$$\rightarrow \frac{1}{2} \rho \cdot (v_B^2 - v_A^2) = \rho \cdot g \cdot (h_A - h_B)$$



# 1. Vase de Torricelli

Considérons un réservoir cylindrique rempli d'un liquide dans lequel on perce un orifice. En appliquant le théorème de Bernoulli entre les deux points A et B

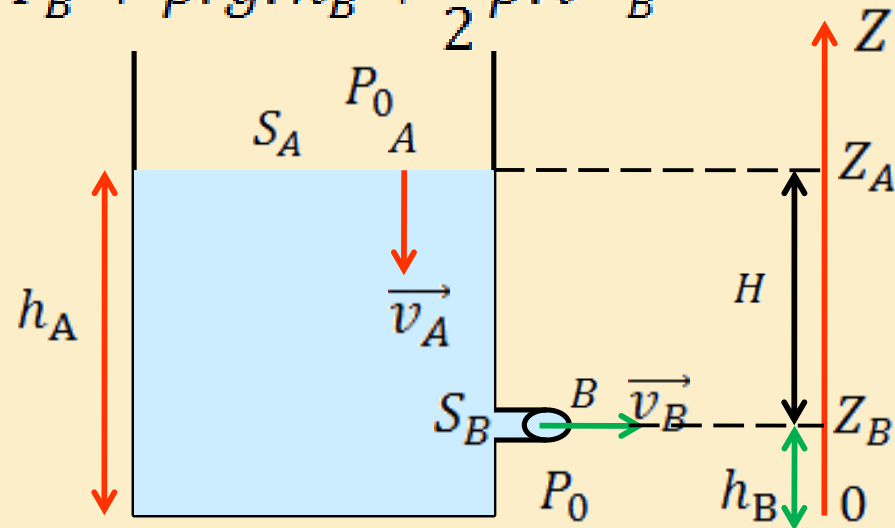
$$P_A + \rho \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} \rho \cdot v_A^2 = P_B + \rho \cdot g \cdot h_B + \frac{1}{2} \rho \cdot v_B^2$$

Comme  $P_A = P_B = P_{atm}$

$$\longrightarrow \frac{1}{2} \rho \cdot (v_B^2 - v_A^2) = \rho \cdot g \cdot (h_A - h_B)$$

Avec  $v_A \ll v_B$

$$\longrightarrow v_B = \sqrt{2g \cdot (h_A - h_B)}$$



# 1. Vase de Torricelli

Considérons un réservoir cylindrique rempli d'un liquide dans lequel on perce un orifice. En appliquant le théorème de Bernoulli entre les deux points A et B

$$P_A + \rho \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} \rho \cdot v_A^2 = P_B + \rho \cdot g \cdot h_B + \frac{1}{2} \rho \cdot v_B^2$$

Comme  $P_A = P_B = P_{atm}$

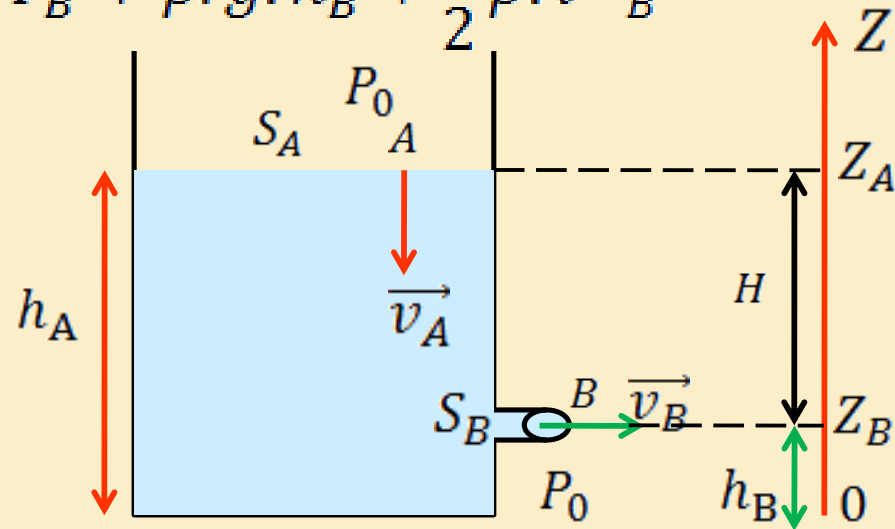
$$\longrightarrow \frac{1}{2} \rho \cdot (v_B^2 - v_A^2) = \rho \cdot g \cdot (h_A - h_B)$$

Avec  $v_A \ll v_B$

$$\longrightarrow v_B = \sqrt{2g \cdot (h_A - h_B)}$$

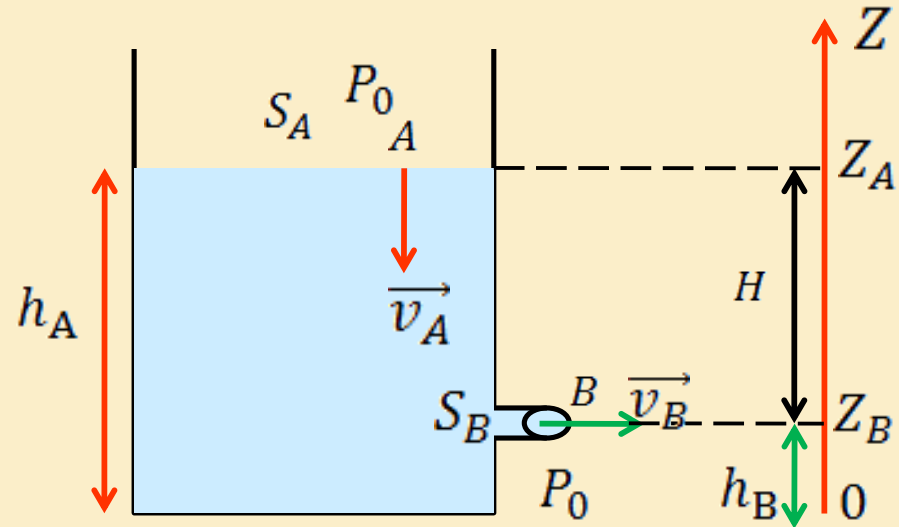
D'où  $H = h_A - h_B$

$$\longrightarrow \boxed{v_B = \sqrt{2g \cdot H}} \quad (4)$$



# 1. Vase de Torricelli

$$v_B = \sqrt{2g.H} \quad (4)$$

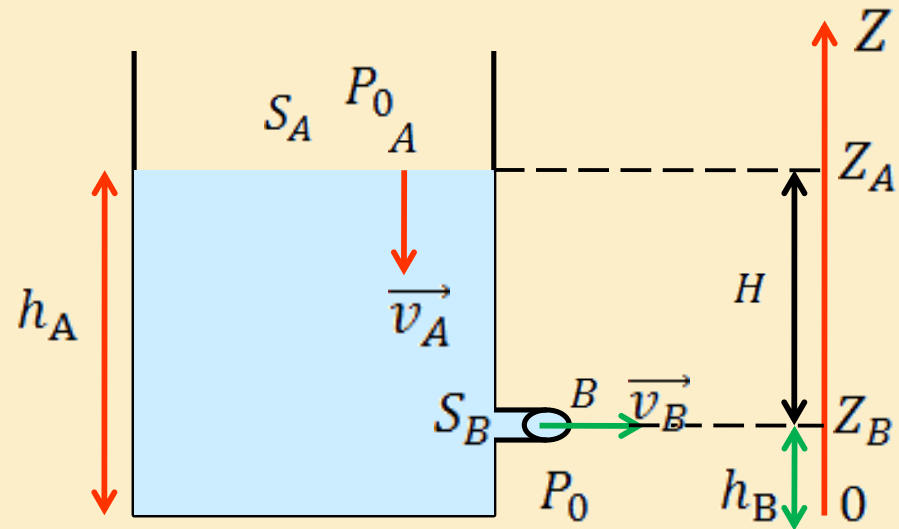


# 1. Vase de Torricelli

$$v_B = \sqrt{2g.H} \quad (4)$$

D'après (\*)  $D_V = S.v$

En remplaçant (4) dans (\*)



# 1. Vase de Torricelli

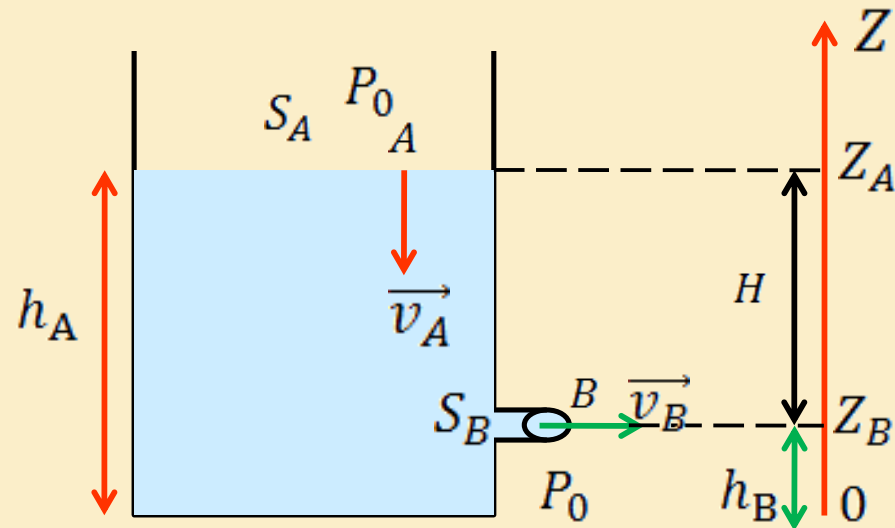
$$v_B = \sqrt{2g.H} \quad (4)$$

D'après (\*)  $D_V = S.v$

En remplaçant (4) dans (\*)

On obtient

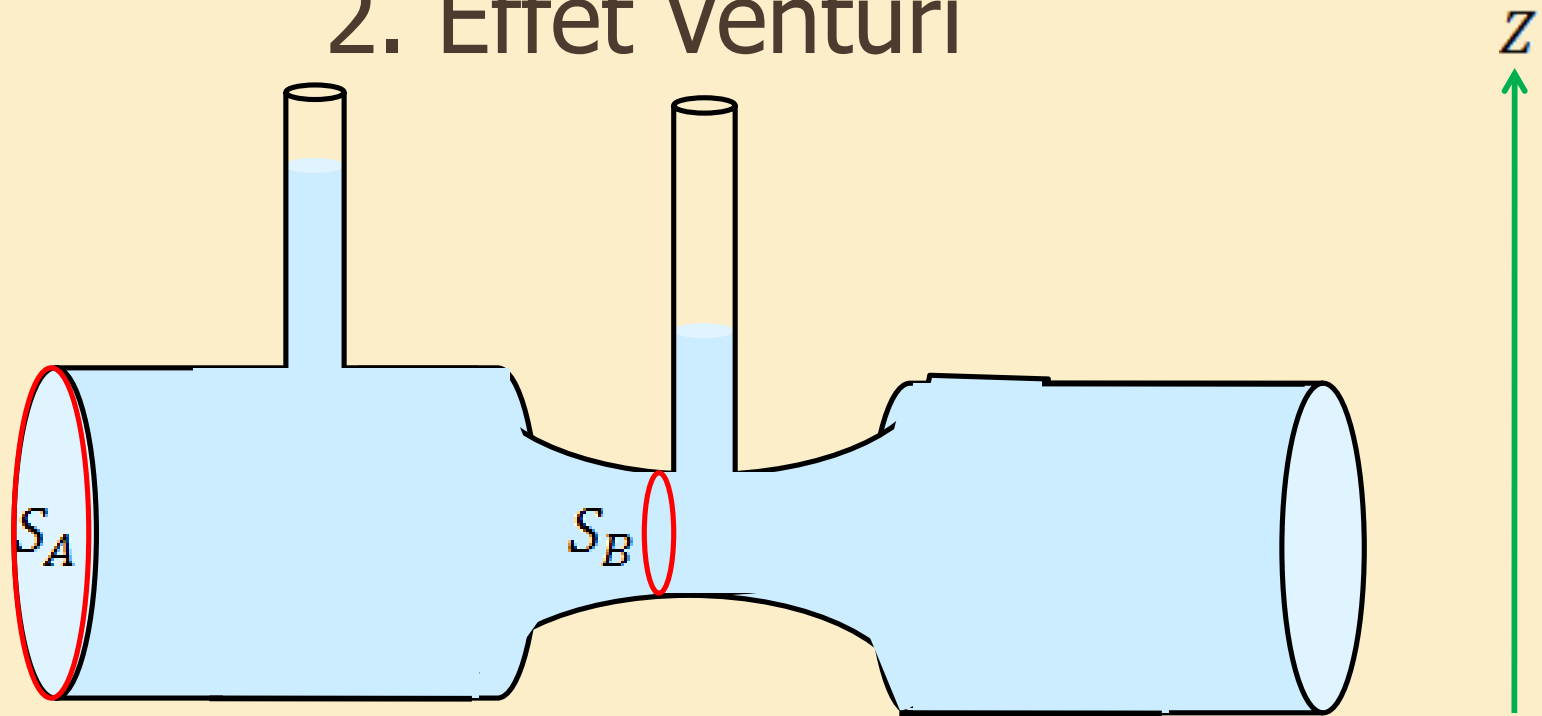
$$D_V = S.\sqrt{2g.H}$$



La formule de **Torricelli** relie le **Débit** d'écoulement avec la **hauteur** de liquide

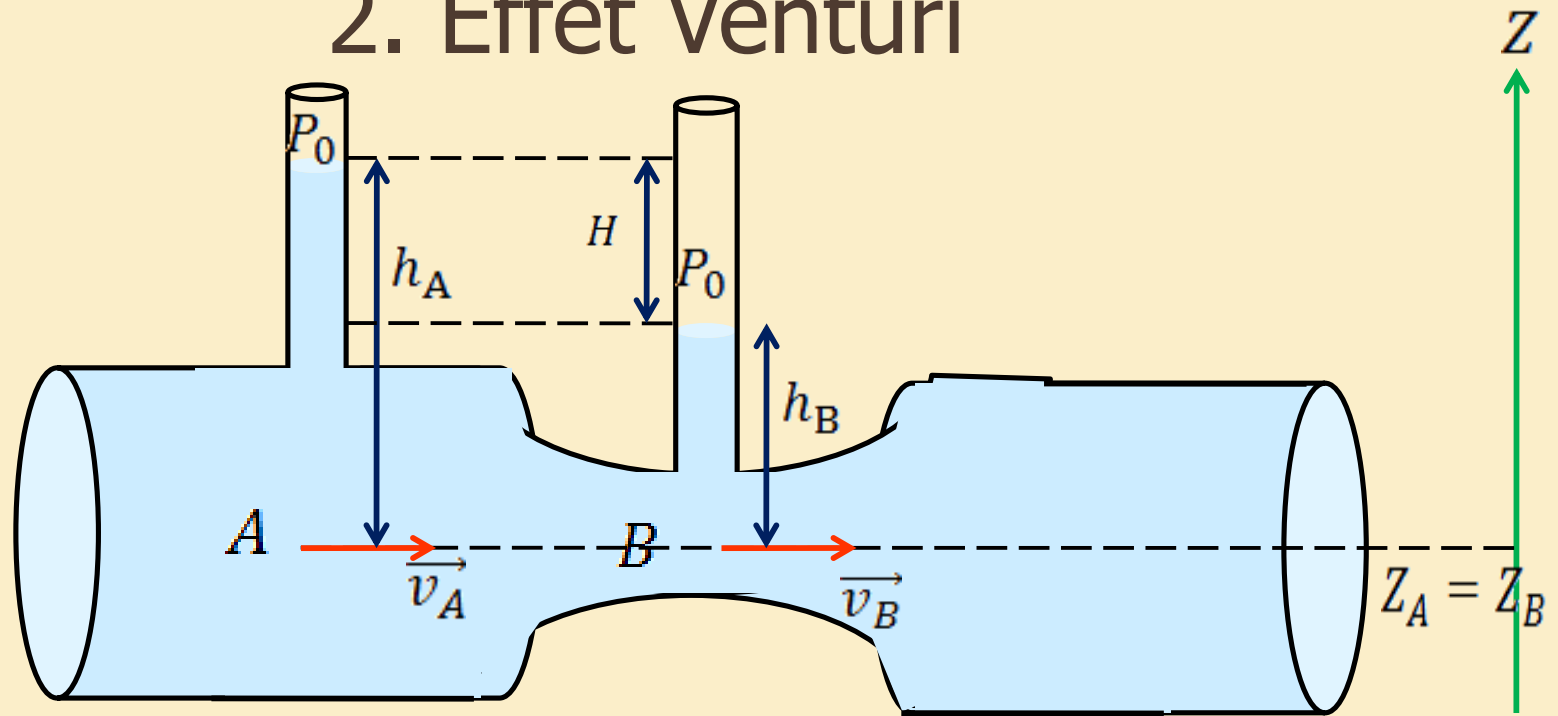


## 2. Effet Venturi



- Un tube de Venturi est constitué d'un rétrécissement qui sépare deux régions, de sections différentes  $S_A$  et  $S_B$  ( $S_A > S_B$ ), d'une canalisation horizontale. Des tubes verticaux émergent de ces régions et sont ouverts sur l'air.

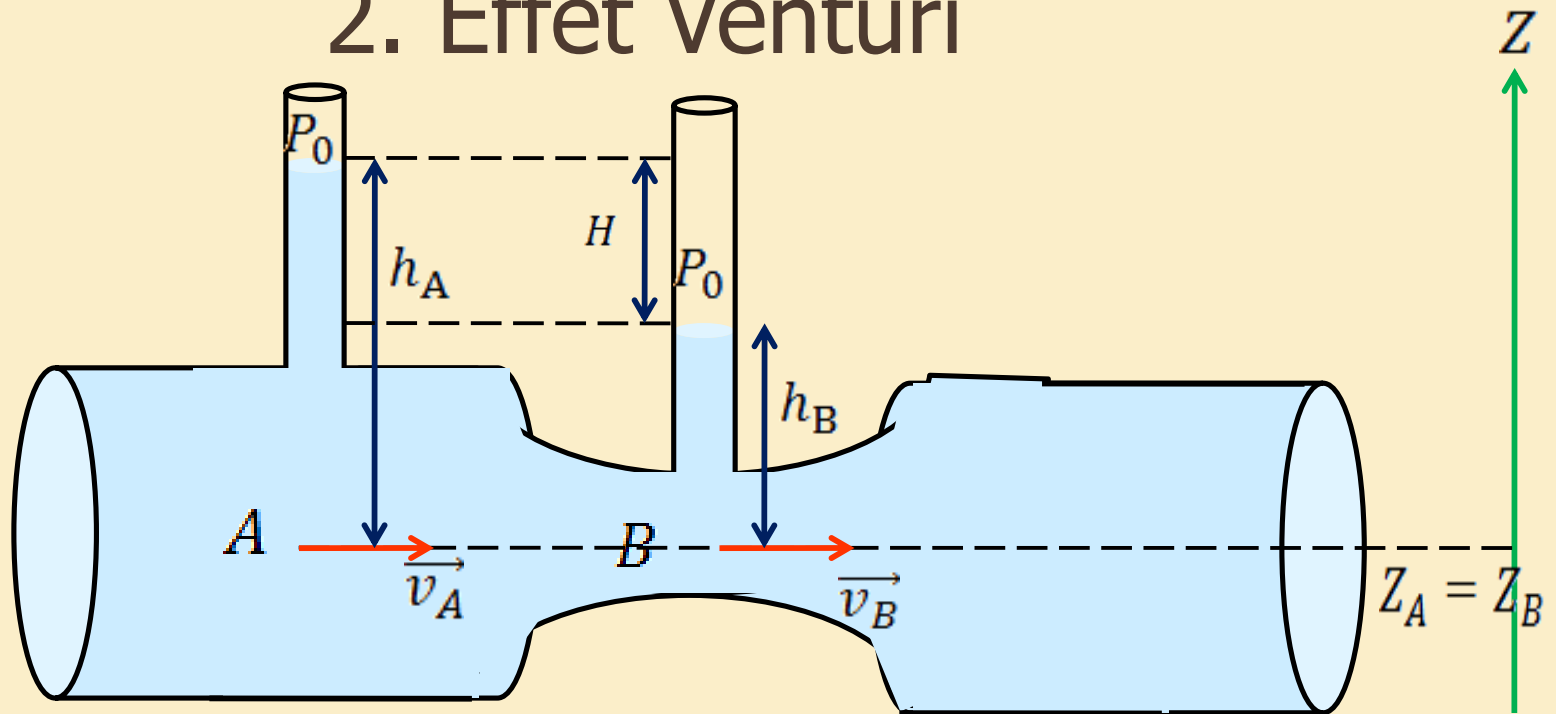
## 2. Effet Venturi



En appliquant le théorème de Bernoulli entre les deux points A et B

$$P_A + \rho \cdot g \cdot Z_A + \frac{1}{2} \rho \cdot v_A^2 = P_B + \rho \cdot g \cdot Z_B + \frac{1}{2} \rho \cdot v_B^2$$

## 2. Effet Venturi



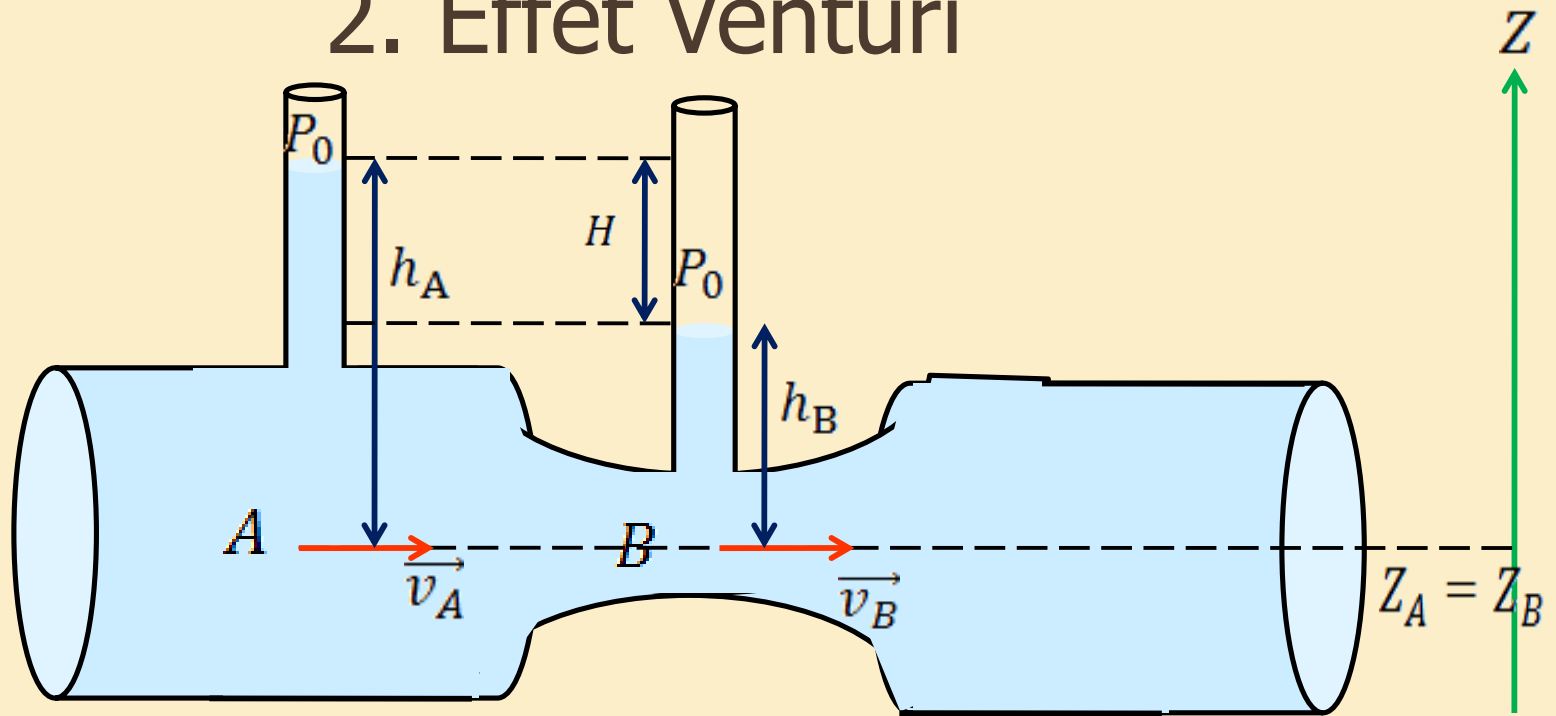
En appliquant le théorème de Bernoulli entre les deux points A et B

$$P_A + \rho \cdot g \cdot Z_A + \frac{1}{2} \rho \cdot v_A^2 = P_B + \rho \cdot g \cdot Z_B + \frac{1}{2} \rho \cdot v_B^2$$

Les deux points A et B situés sur la même horizontale :  $Z_A = Z_B$

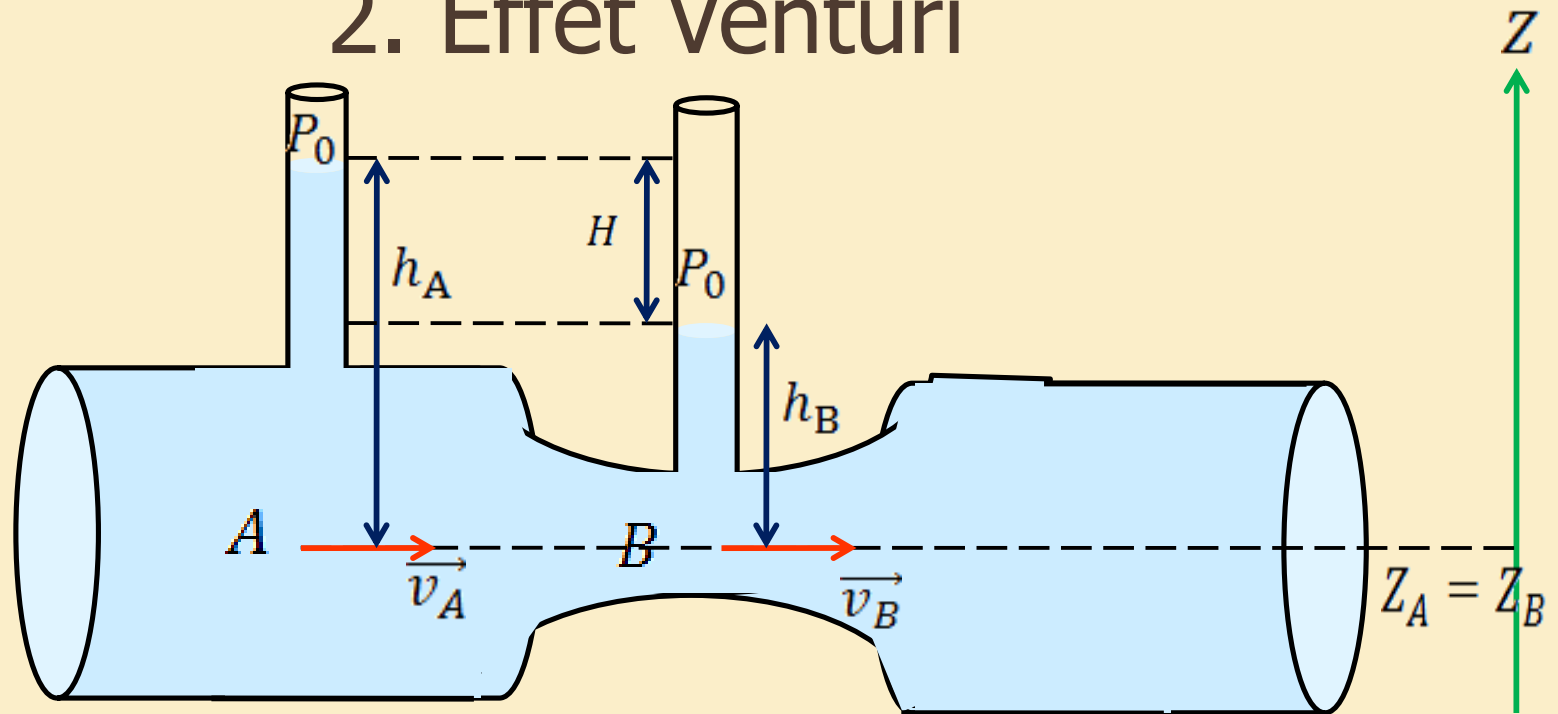
$$\longrightarrow \boxed{P_A + \frac{1}{2} \rho \cdot v_A^2 = P_B + \frac{1}{2} \rho \cdot v_B^2} \quad (5)$$

## 2. Effet Venturi



- $P_A > P_B$  : Les régions de faible section, donc de grande vitesse, sont aussi des régions de basse pression (**effet Venturi**).

## 2. Effet Venturi

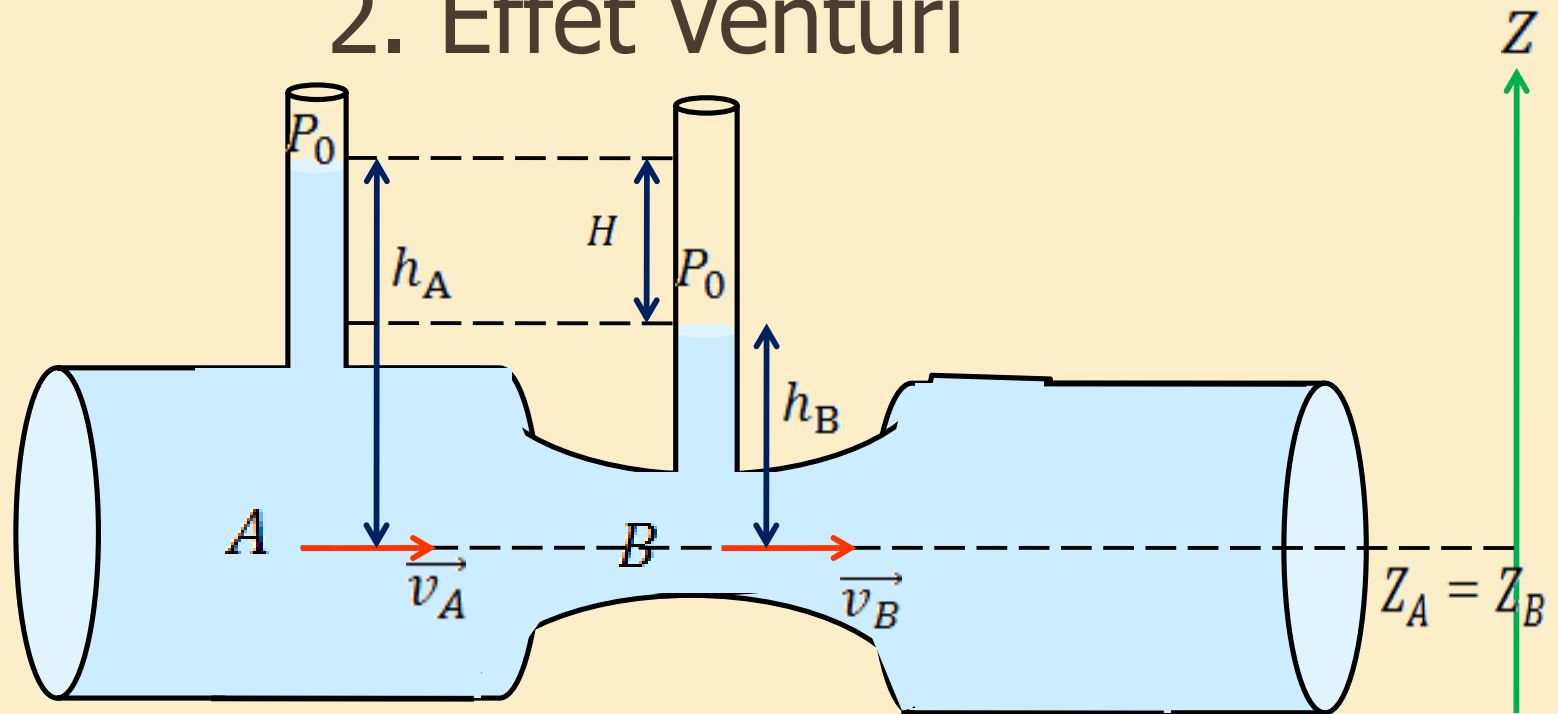


- $P_A > P_B$  : Les régions de faible section, donc de grande vitesse, sont aussi des régions de basse pression (**effet Venturi**).

Dans les tubes verticaux, le fluide est immobile, en appliquant la loi de Pascal

- Au points A :  $P_A = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_A$  (a)
- Au points B :  $P_B = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_B$  (b)

## 2. Effet Venturi



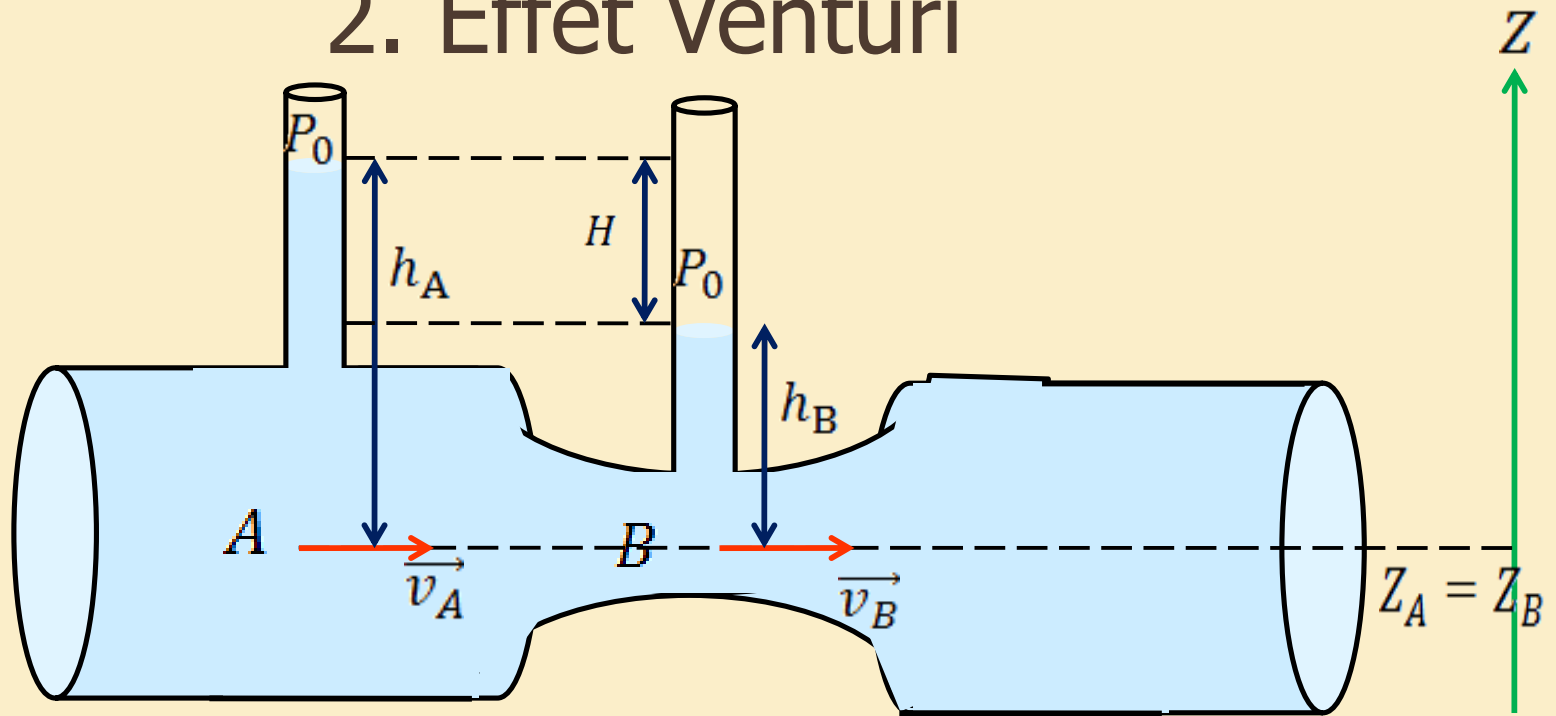
- $P_A > P_B$  : Les régions de faible section, donc de grande vitesse, sont aussi des régions de basse pression (**effet Venturi**).

Dans les tubes verticaux, le fluide est immobile, en appliquant la loi de Pascal

- Au points A :  $P_A = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_A$  (a)
- Au points B :  $P_B = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_B$  (b)

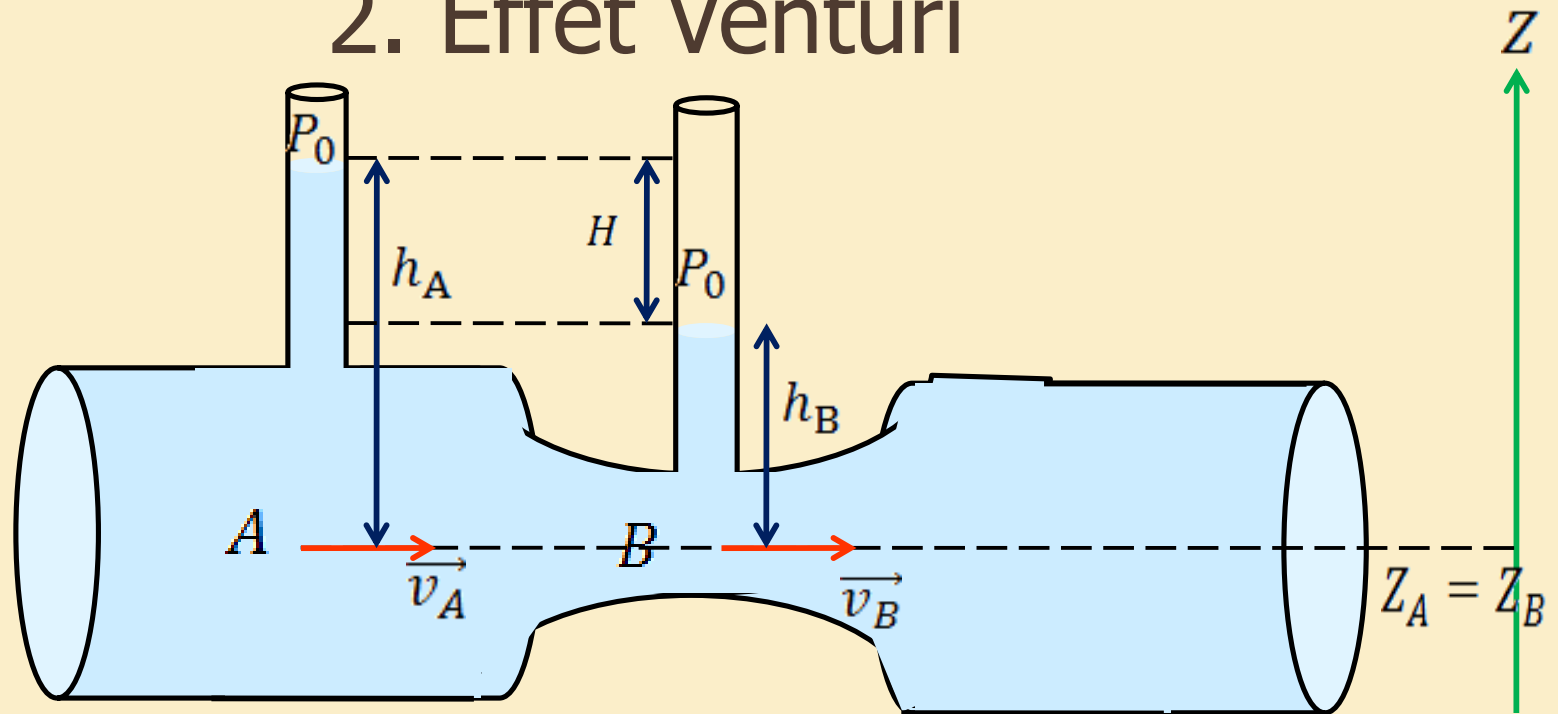
En substituant (a) et (b) dans (5)  $\longrightarrow$   $\frac{1}{2} \rho \cdot (v_B^2 - v_A^2) = \rho \cdot g \cdot (h_A - h_B)$  (6)

## 2. Effet Venturi



Or:  $H = h_A - h_B \longrightarrow \frac{1}{2}\rho \cdot (v_B^2 - v_A^2) = \rho \cdot g \cdot H$  (6)'

## 2. Effet Venturi



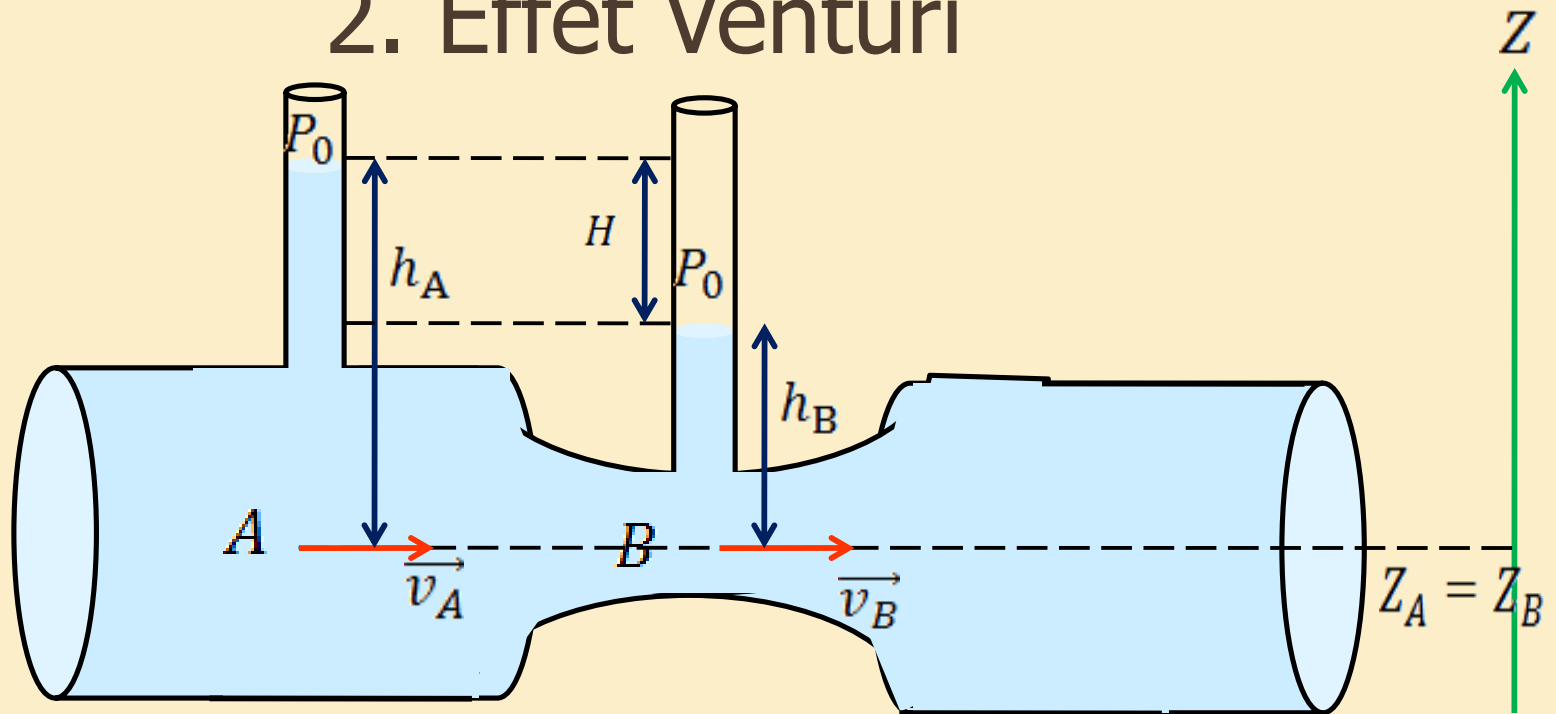
$$\text{Or: } H = h_A - h_B \longrightarrow \frac{1}{2} \rho \cdot (v_B^2 - v_A^2) = \rho \cdot g \cdot H \quad (6)'$$

En appliquant l'équation de continuité entre les deux points A et B

$$S_A \cdot v_A = S_B \cdot v_B \longrightarrow v_B = \frac{S_A \cdot v_A}{S_B} \quad (7)$$



## 2. Effet Venturi



$$\text{Or: } H = h_A - h_B \longrightarrow \frac{1}{2} \rho \cdot (v_B^2 - v_A^2) = \rho \cdot g \cdot H \quad (6)'$$

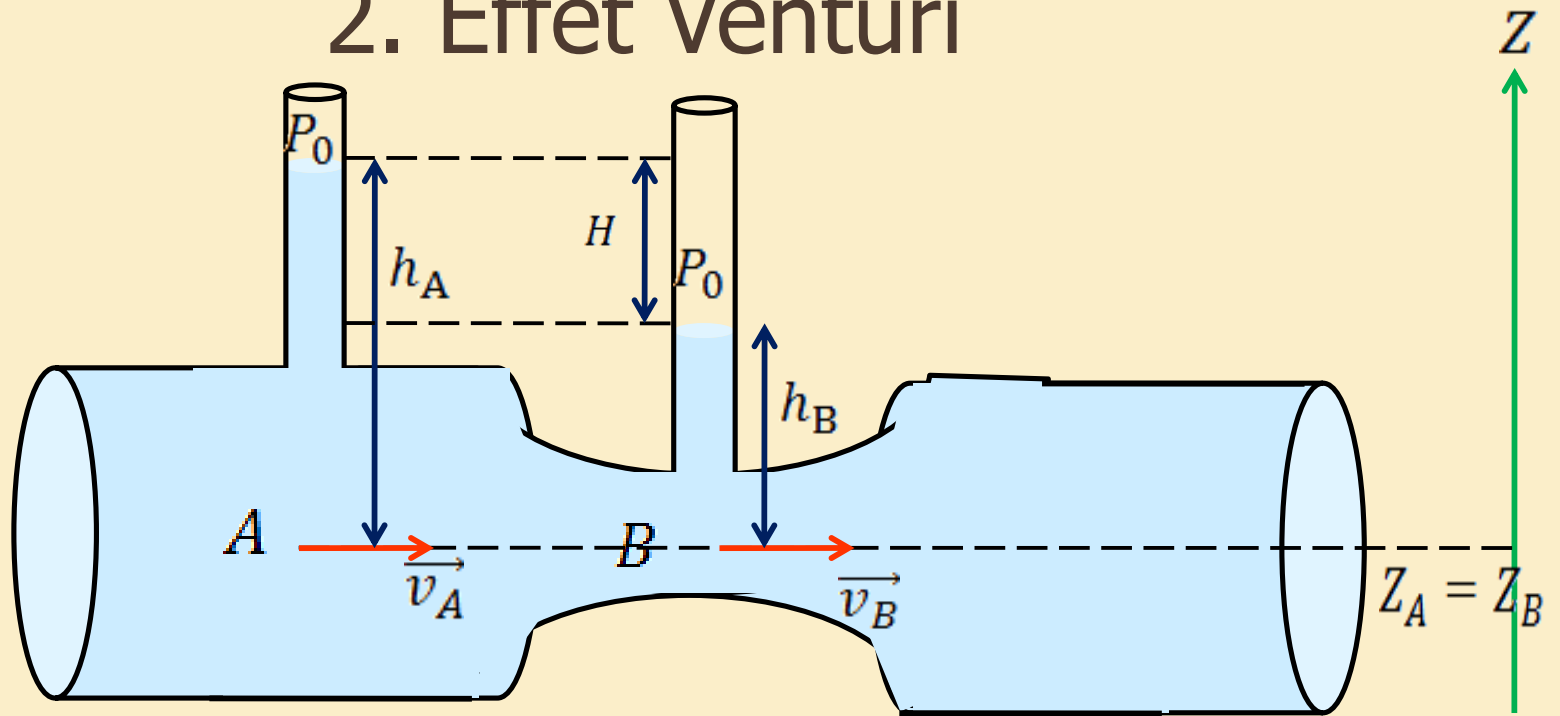
En appliquant l'équation de continuité entre les deux points A et B

$$S_A \cdot v_A = S_B \cdot v_B \longrightarrow v_B = \frac{S_A \cdot v_A}{S_B} \quad (7)$$

En substituant (7) dans (6)'

$$\longrightarrow v_A = \sqrt{\frac{S_B^2}{S_A^2 - S_B^2} 2g \cdot H}$$

## 2. Effet Venturi

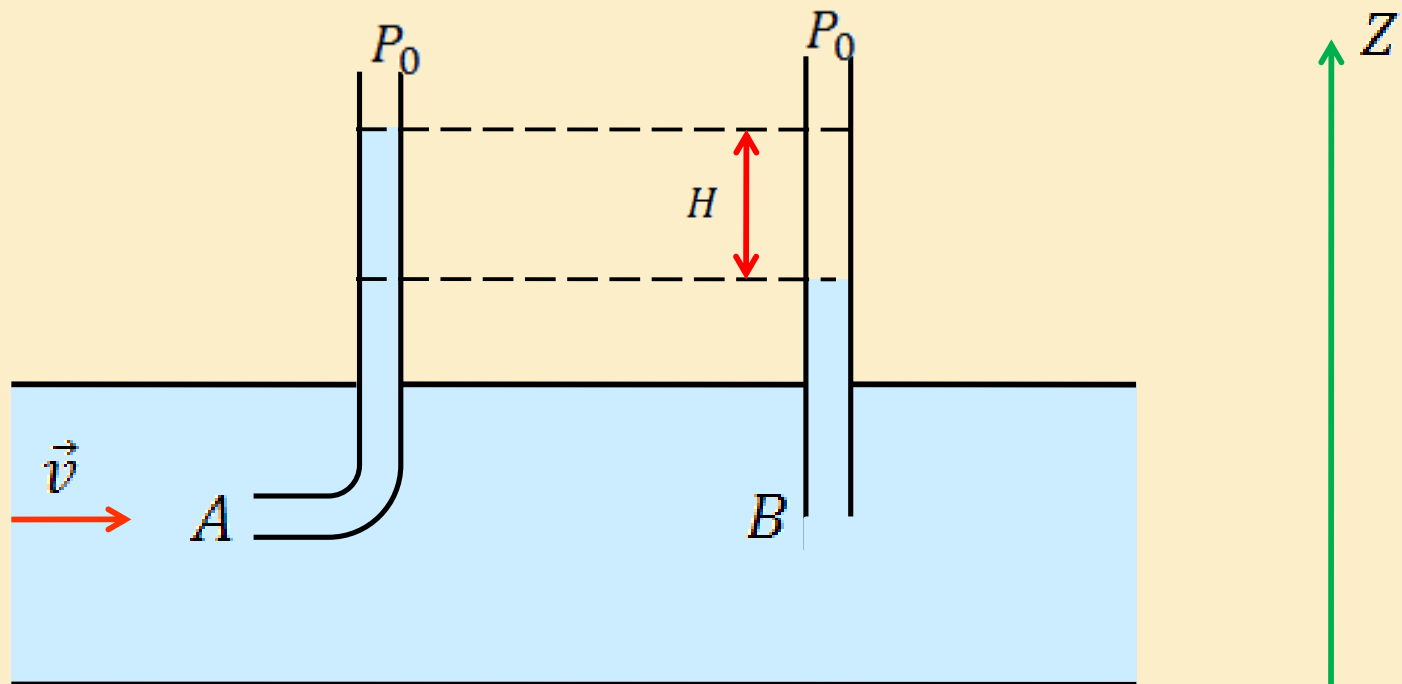


$$v_A = \sqrt{\frac{S_B^2}{S_A^2 - S_B^2} 2g \cdot H}$$

➤ La vitesse circulatoire  $v$  d'un fluide .

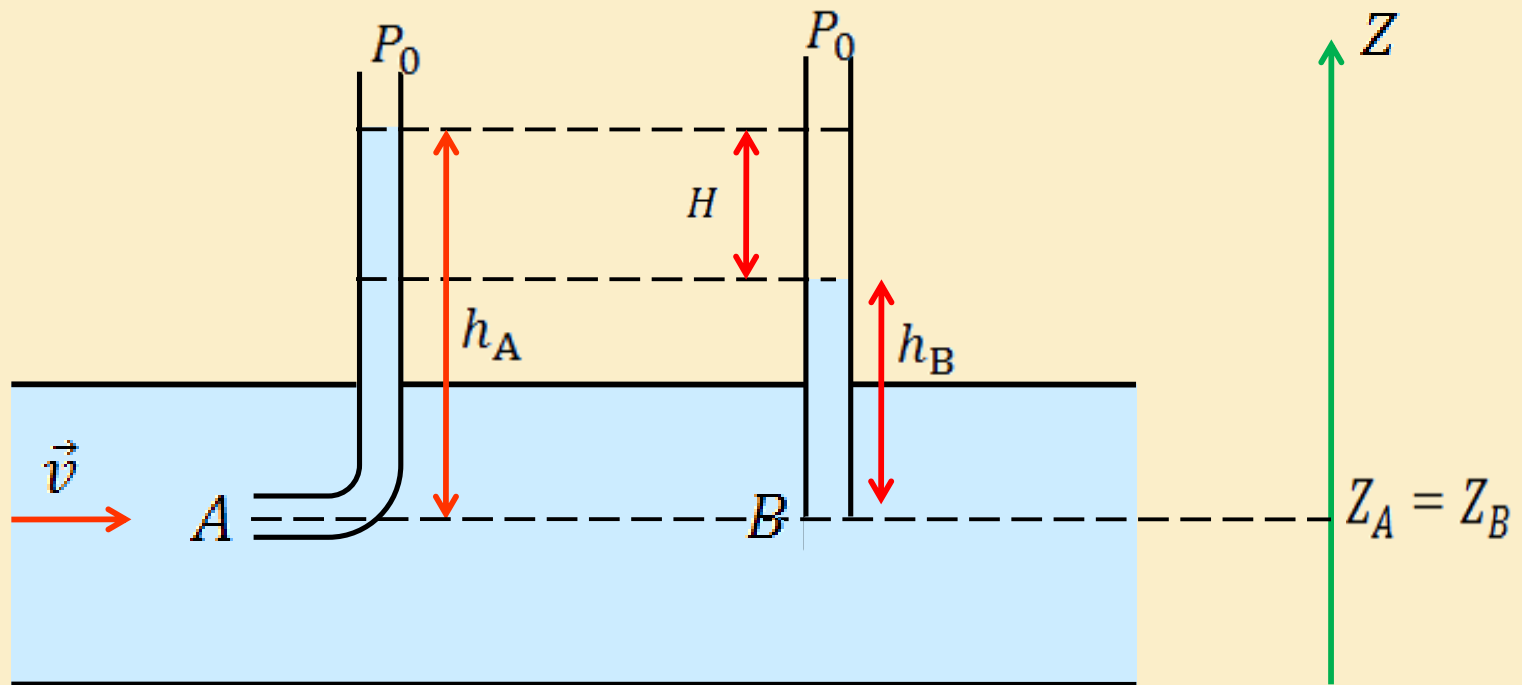
# 3. Tube de Pitot

- On considère une conduite, dans laquelle s'écoule de l'eau à une vitesse  $\vec{v}$  la canalisation a été équipée de deux tubes plongeant dans le liquide, l'un débouchant en **A** face au courant et l'autre en **B** est le long des lignes de courant, En mesurant la dénivellation **H** du liquide dans les deux tubes.



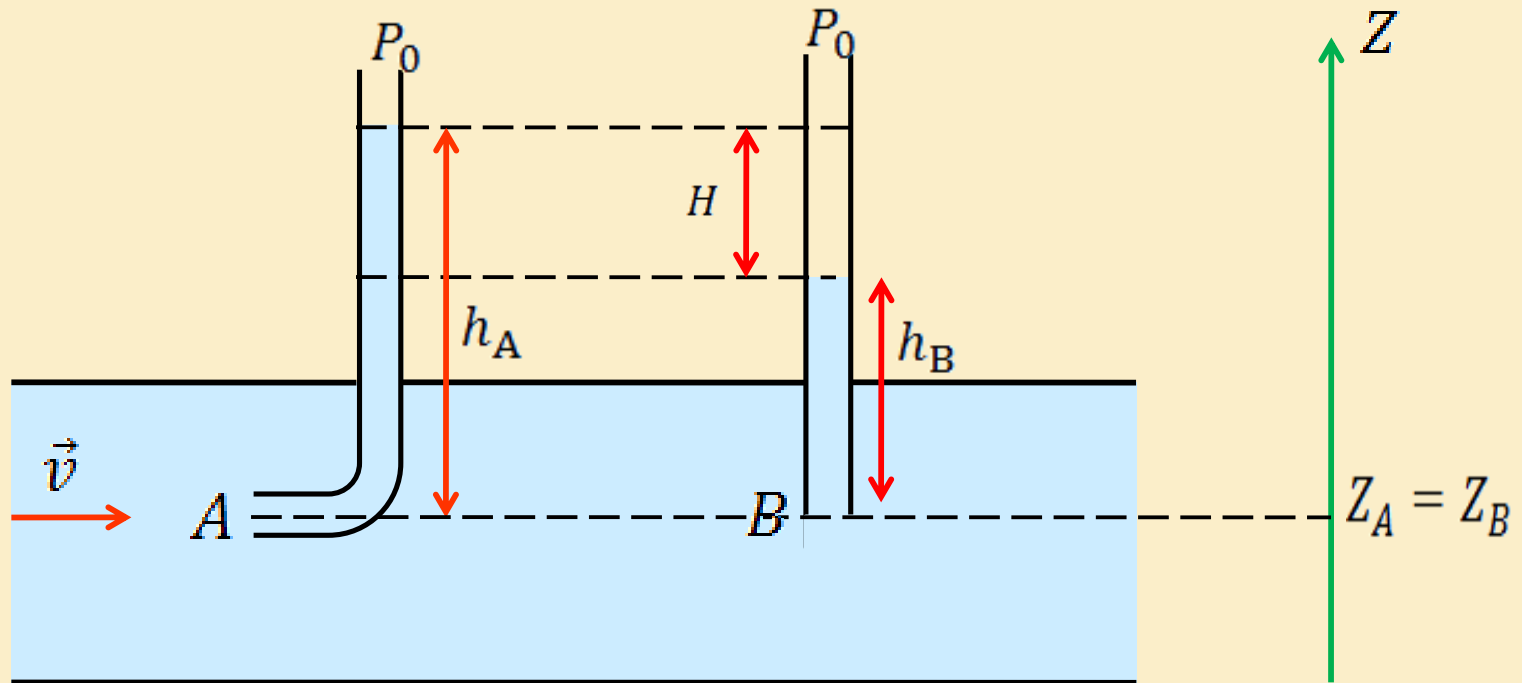
# 3. Tube de Pitot

- Au point **B**:  $\vec{v}_B = \vec{v}$  (le liquide a la même vitesse  $\vec{v}$  que dans la canalisation)



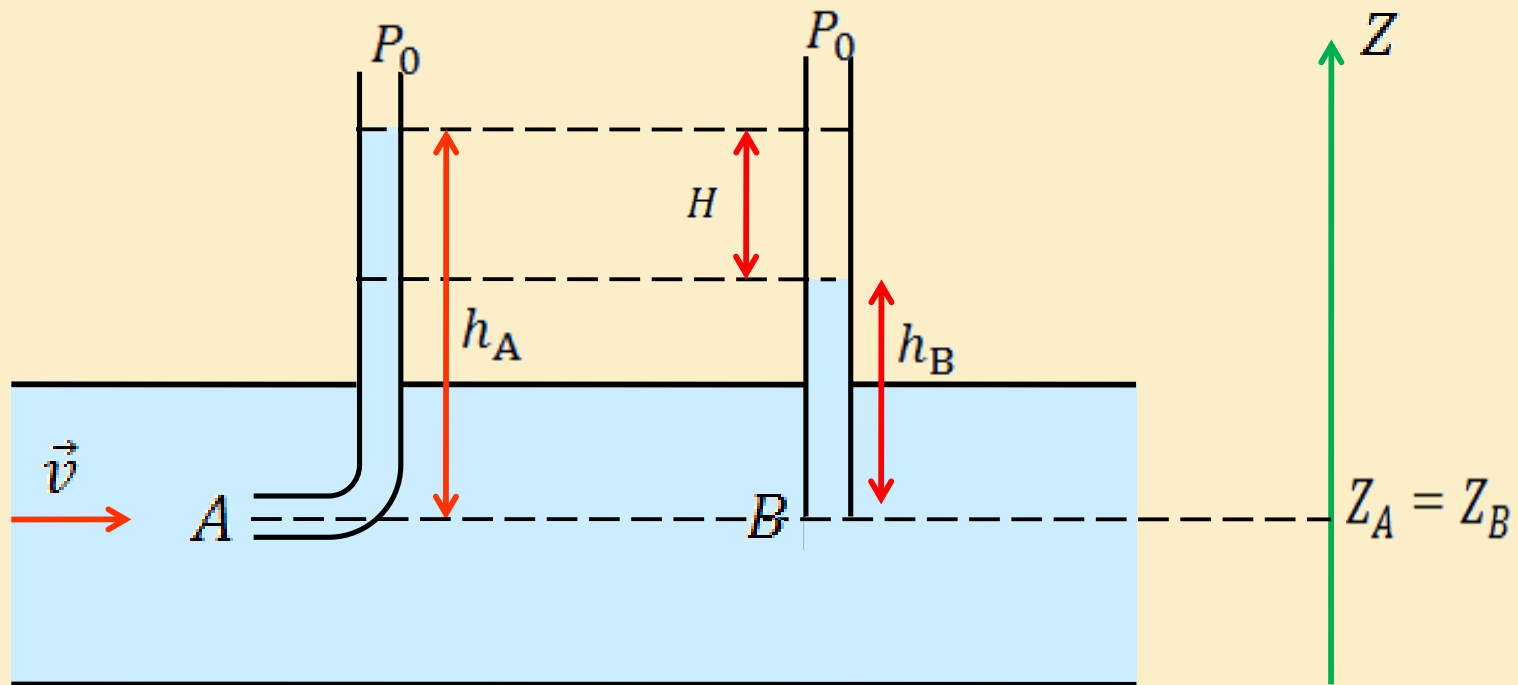
# 3. Tube de Pitot

- Au point **B**:  $\vec{v}_B = \vec{v}$  (le liquide a la même vitesse  $\vec{v}$  que dans la canalisation)
- Au point **A** (point d'arrêt) :  $\vec{v}_A = \vec{0}$  (la vitesse d'écoulement est nulle)



# 3. Tube de Pitot

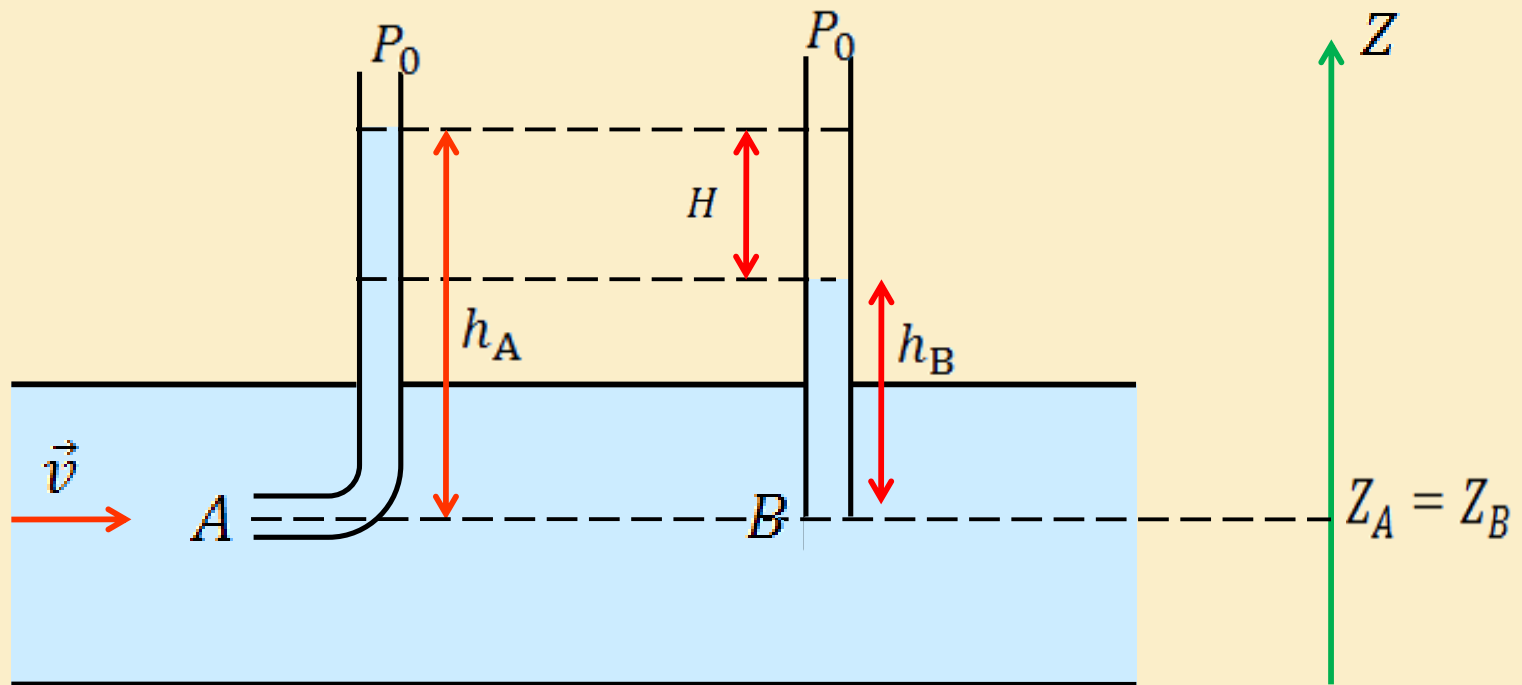
- Au point **B**:  $\vec{v}_B = \vec{v}$  (le liquide a la même vitesse  $\vec{v}$  que dans la canalisation)
- Au point **A** (point d'arrêt):  $\vec{v}_A = \vec{0}$  (la vitesse d'écoulement est nulle).
- $Z_A = Z_B$  : A et B se trouvent sur la même horizontale.



# 3. Tube de Pitot

En appliquant le théorème de Bernoulli entre les deux points A et B

$$P_A + \rho \cdot g \cdot Z_A + \frac{1}{2} \rho \cdot v_A^2 = P_B + \rho \cdot g \cdot Z_B + \frac{1}{2} \rho \cdot v_B^2$$



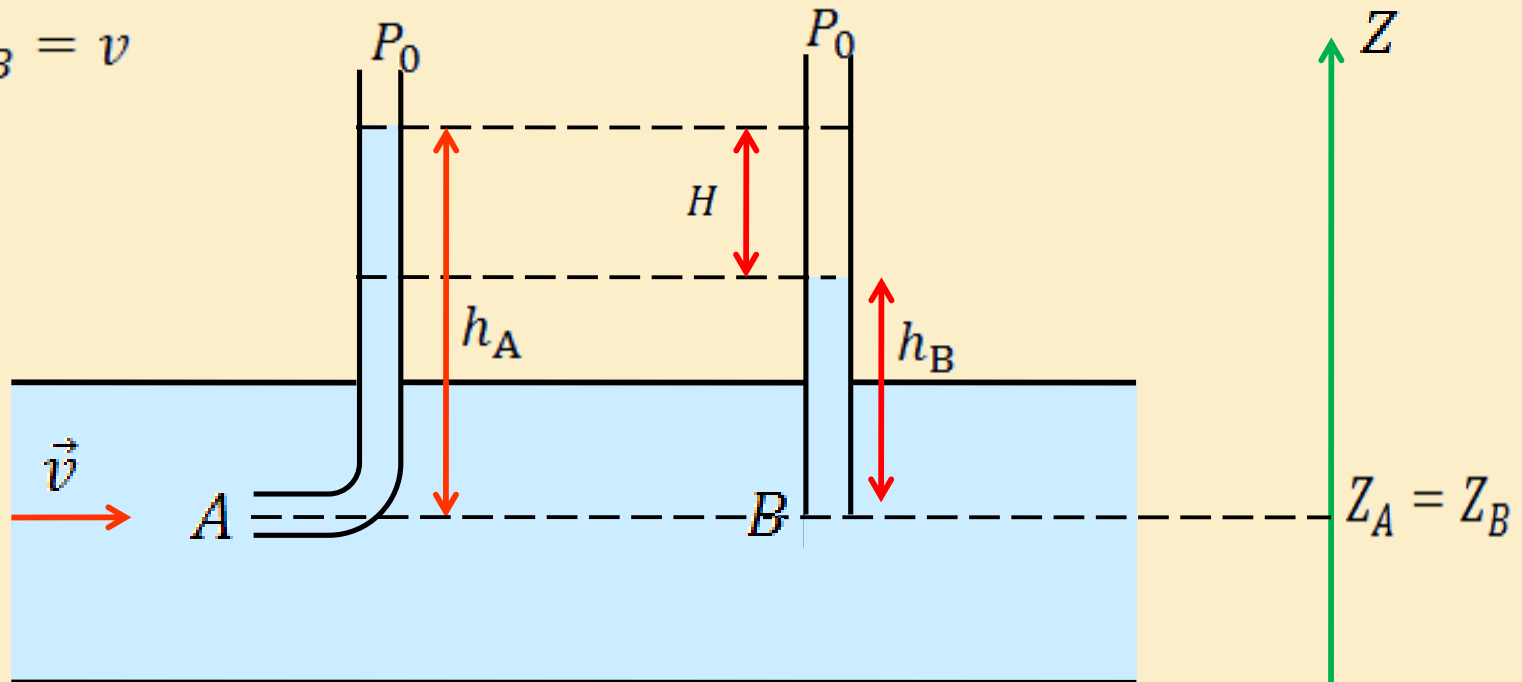
# 3. Tube de Pitot

En appliquant le théorème de Bernoulli entre les deux points A et B

$$P_A + \rho \cdot g \cdot Z_A + \frac{1}{2} \rho \cdot v_A^2 = P_B + \rho \cdot g \cdot Z_B + \frac{1}{2} \rho \cdot v_B^2$$

Or :

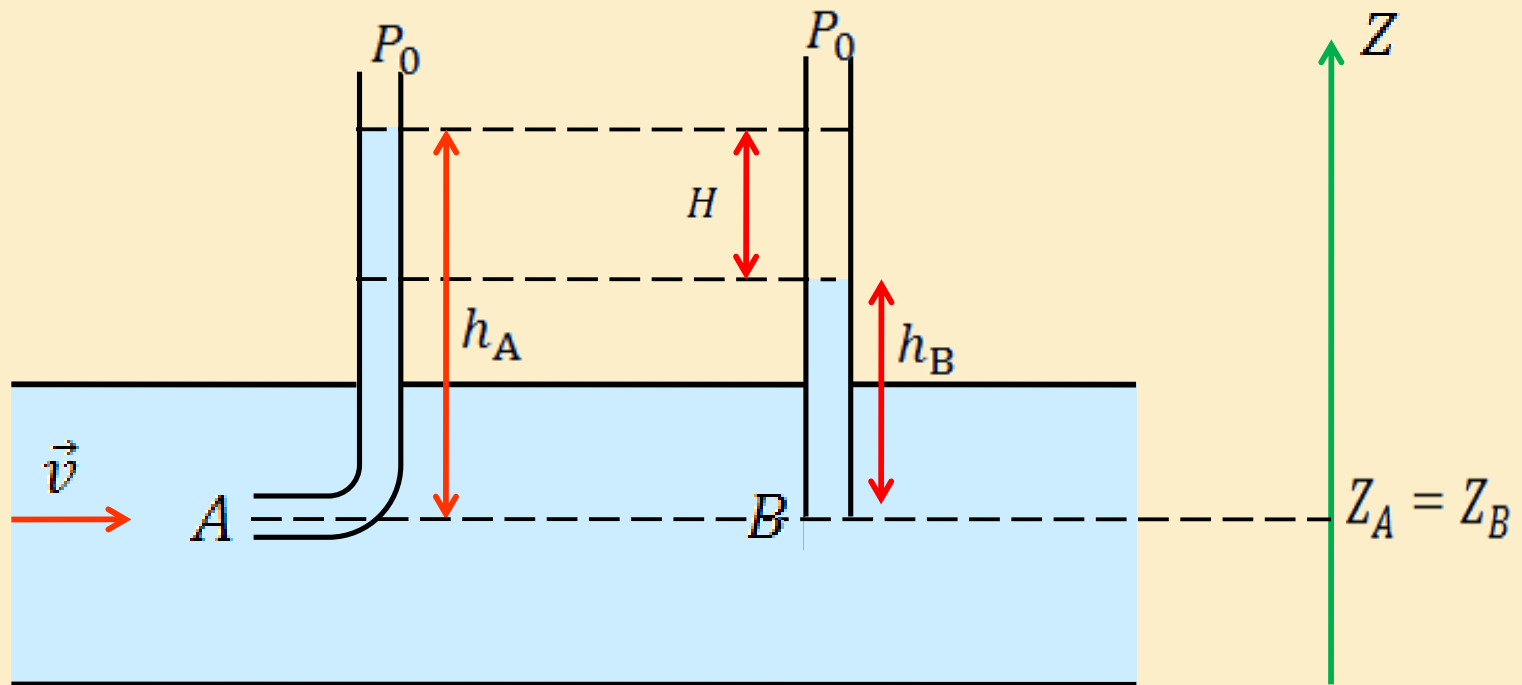
$$\left\{ \begin{array}{l} Z_A = Z_B \\ v_A = 0 \\ v_B = v \end{array} \right. \longrightarrow \boxed{P_A = P_B + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2} \quad (8)$$





# 3. Tube de Pitot

- En appliquant le théorème de Pascal (relation fondamentale de l'hydrostatique)
  - Au points A :  $P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_A$  (c)
  - Au points B :  $P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_B$  (d)



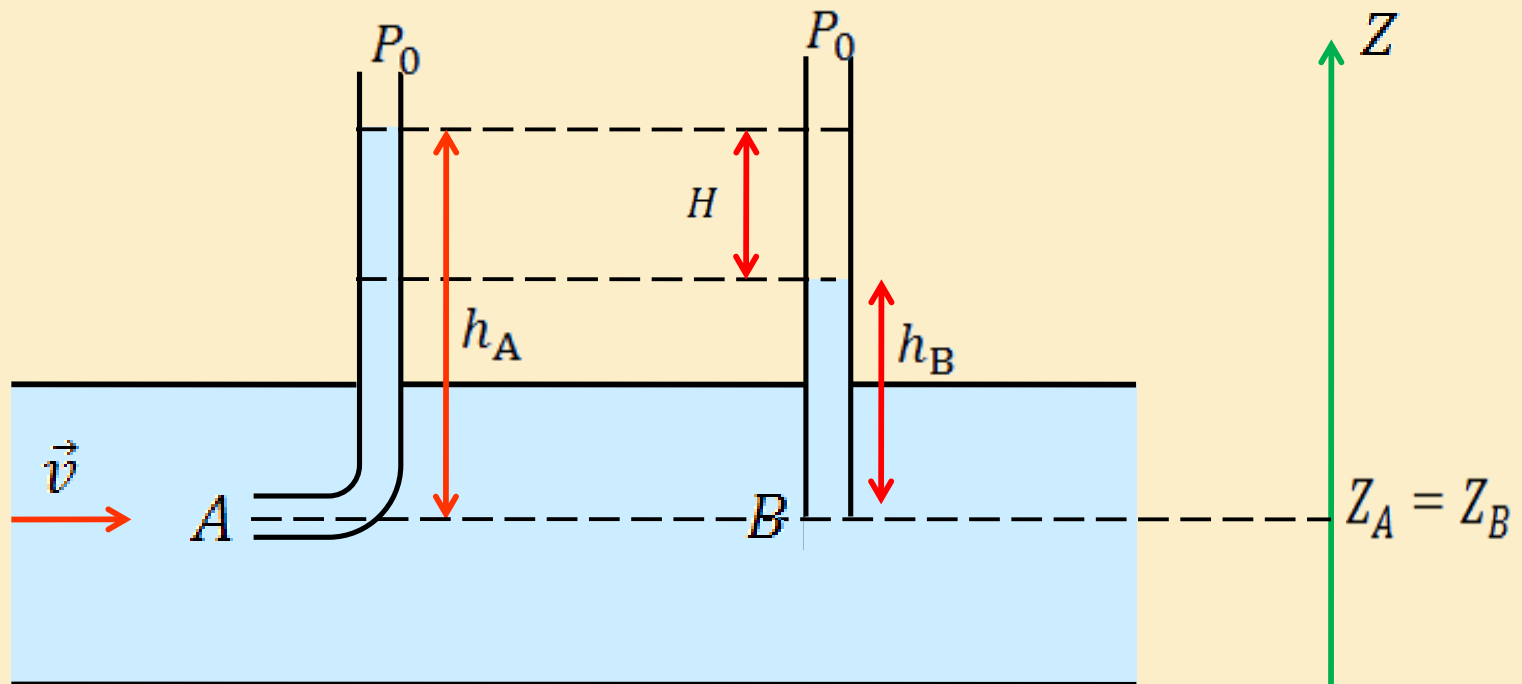
# 3. Tube de Pitot

▪ En appliquant le théorème de Pascal (relation fondamentale de l'hydrostatique)

▪ Au points A :  $P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_A$  (c)

▪ Au points B :  $P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_B$  (d)

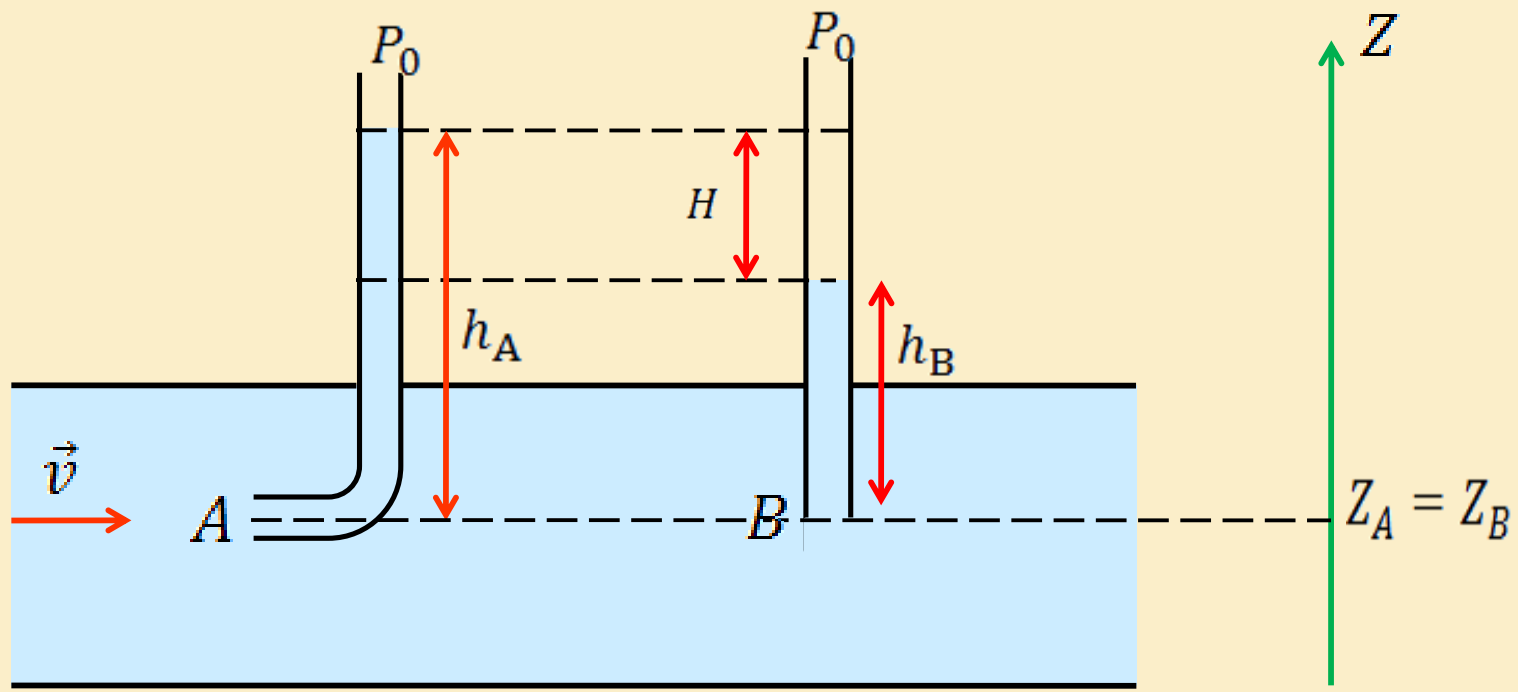
En substituant (c) et (d) dans (8)  $\longrightarrow$   $\frac{1}{2} \rho \cdot v^2 = \rho \cdot g \cdot (h_B - h_A)$



# 3. Tube de Pitot

$$\longrightarrow \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 = \rho \cdot g \cdot (h_B - h_A)$$

Or :  $H = h_A - h_B \longrightarrow v = \sqrt{2g \cdot H}$



# 3. Tube de Pitot

$$v = \sqrt{2g \cdot H}$$

En mesurant la dénivellation  $H$  du liquide dans les deux tubes, on peut en déduire la vitesse  $v$  d'écoulement du fluide.

