

# RÉSUMÉ D'OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

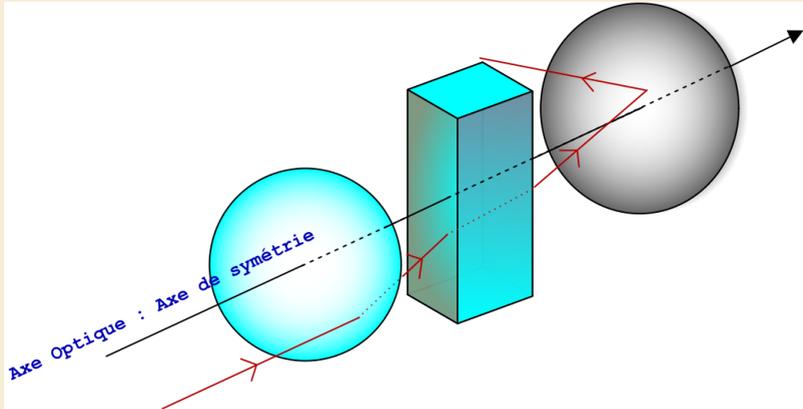
29 juin 2021

## Introduction

---

Les systèmes optiques sont composés de surfaces planes ou sphériques séparant deux milieux d'indice différent, ou de surfaces réfléchissantes.

Le système admet un axe de symétrie appelé axe optique.

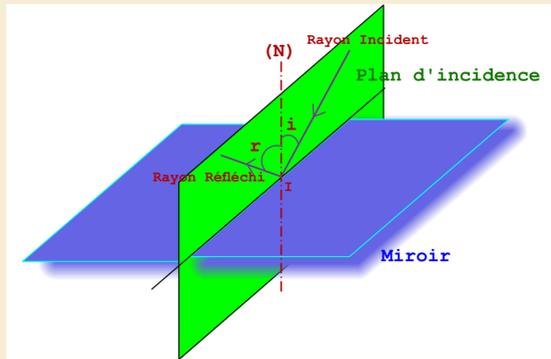


On distingue les systèmes à foyers et les systèmes afocaux.

## Les lois de Descartes

### 1 - Phénomène de réflexion

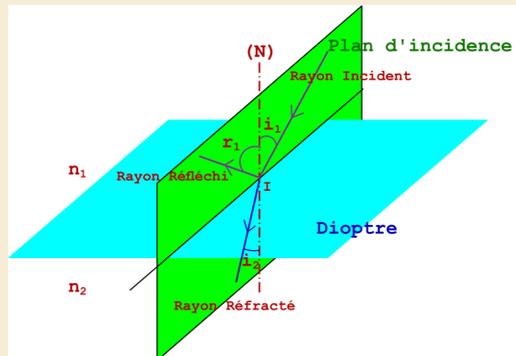
Quand un rayon arrive sur une surface totalement réfléchissante, le rayon se réfléchit dans le plan d'incidence de façon symétrique par rapport à la normale.



### 2 - Phénomène de réfraction

Un dioptre est la surface de séparation entre deux milieux d'indices différents. Quand un rayon lumineux arrive sur la surface d'un dioptre, deux phénomènes peuvent apparaître :

- apparition d'un rayon réfléchi
- apparition d'un rayon réfracté



### 3 - Propriétés

#### 3.1 Réflexion

$$\widehat{r} = \widehat{i} \quad (1)$$

ou  $\widehat{r}_1 = \widehat{i}_1$

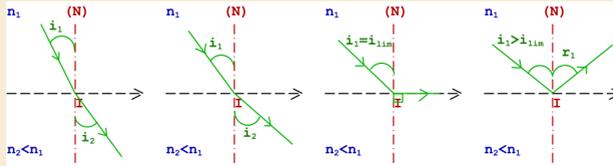
### 3.2 Réfraction

$$n_1 \sin(\widehat{i}_1) = n_2 \sin(\widehat{i}_2) \quad (2)$$

- Si  $n_2 > n_1$  le rayon réfracté se rapproche de la normale.
- Si  $n_2 < n_1$  le rayon réfracté s'éloigne de la normale.

Dans tous les cas plus  $\widehat{i}_1$  augmente et plus  $\widehat{i}_2$  augmente également.

### 3.3 Réflexion totale



Dans le cas où  $n_2 < n_1$ .

- Il existe une valeur de l'angle d'incidence ( $\widehat{i}_1$ ) notée  $\widehat{i}_{lim}$  tel que si  $\widehat{i}_1 = \widehat{i}_{lim}$  alors  $\widehat{i}_2 = 90$  deg.

$$\widehat{i}_{lim} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (3)$$

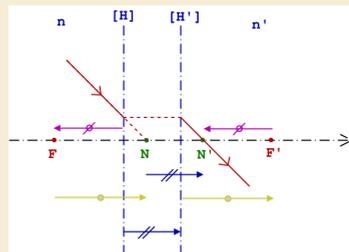
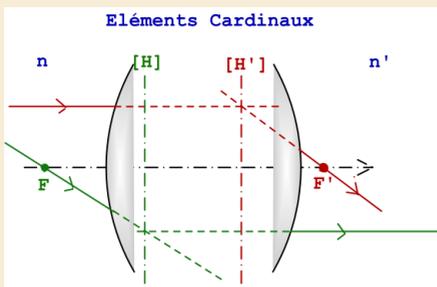
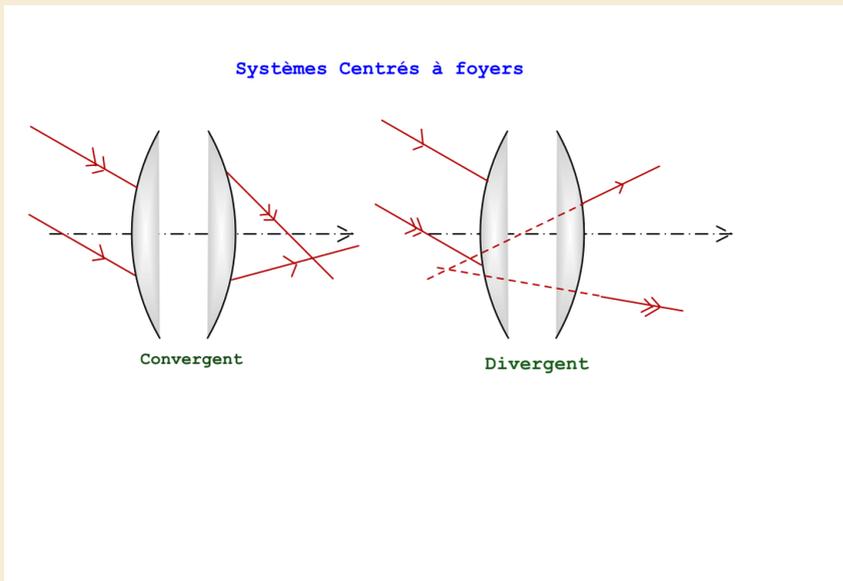
- si  $\widehat{i}_1 > \widehat{i}_{lim}$ . Il n'y a plus de réfraction. Toute la lumière est réfléchi (selon les mêmes lois de la réflexion). On parle de réflexion totale.

### 3.4 Approximation des petits angles

Pour un angle  $\theta$  suffisamment petit :

- $\sin(\theta) \approx \theta$  (rad)
- $\tan(\theta) \approx \theta$  (rad)

## Systèmes centrés à foyers



### 1 - Définition

Distance focale image :

$$f' = \overline{H'F'}$$

Distance focale objet :

$$f = \overline{HF}$$

Vergence :  $D$

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

### 2 - Relations

$$D = \frac{-n}{\overline{HF}} \quad (4)$$

$$D = \frac{n'}{\overline{H'F'}} \quad (5)$$

### 3 - Descartes

---

Relation de conjugaison :

$$D = \frac{n'}{H'A'} - \frac{n}{HA} \quad (6)$$

Grandissement :

$$\gamma = \frac{n}{n'} \frac{\overline{H'A'}}{\overline{HA}} \quad (7)$$

### 4 - Newton

---

Les relations de Newton sont toujours applicables quel que soit le système à foyers étudié.

Relation de conjugaison :

$$\overline{FA} \times \overline{F'A'} = f \times f' \quad (8)$$

Grandissement :

$$\gamma = -\frac{\overline{F'A'}}{f'} \quad (9)$$

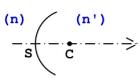
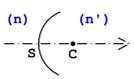
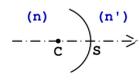
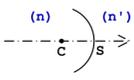
$$\gamma = -\frac{f}{\overline{FA}} \quad (10)$$

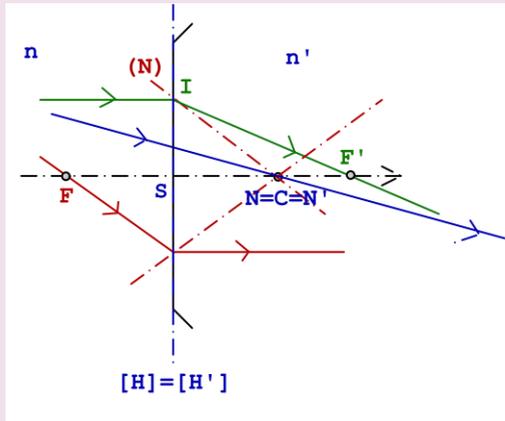
### 5 - Remarques

---

Si  $n = n'$  alors  $\overline{HF} = -\overline{H'F'}$ ,  $N = H$  et  $N' = H'$

## Dioptrés Sphériques

$n < n'$	$n > n'$
	
<b>Convergent</b>	<b>Divergent</b>
	
<b>Divergent</b>	<b>Convergent</b>



### 1 - Vu comme un Syst. C à foyer

$$n \neq n'$$

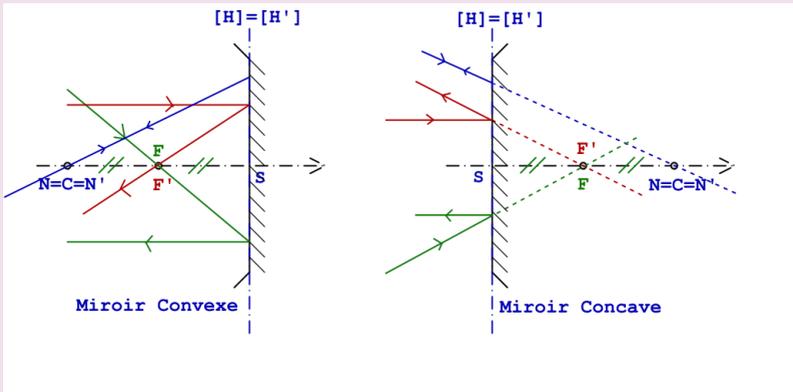
$$H = H' = S$$

$$N = N' = C$$

### 2 - Vergence

$$D = \frac{n' - n}{SC} \quad (11)$$

## Miroir Sphérique



### 1 - Relations

#### 1.1 Distances focales

$$\overline{SF} = \overline{SF'} = \frac{\overline{SC}}{2} \quad (12)$$

#### 1.2 Vergence

On peut également lui associer une vergence.

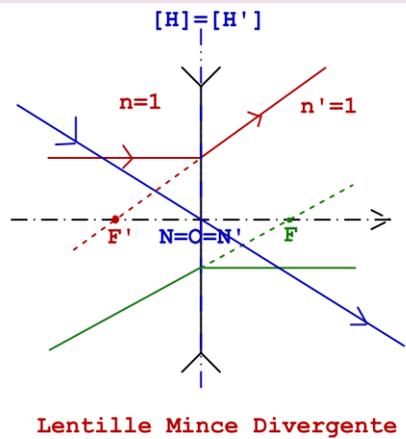
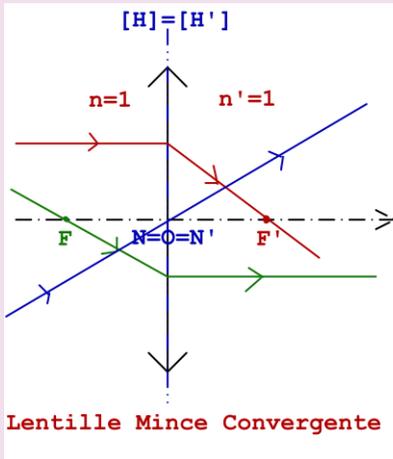
$$D = \frac{-n}{\overline{SF}} \quad (13)$$

#### 1.3 Relation de conjugaison

Et une relation de conjugaison qui s'écrit quand  $n = n_{air}$

$$\frac{1}{\overline{SA'}} + \frac{1}{\overline{SA}} = \frac{2}{\overline{SC}} \quad (14)$$

## Lentilles minces



### 1 - Vue comme un Système centré à foyers

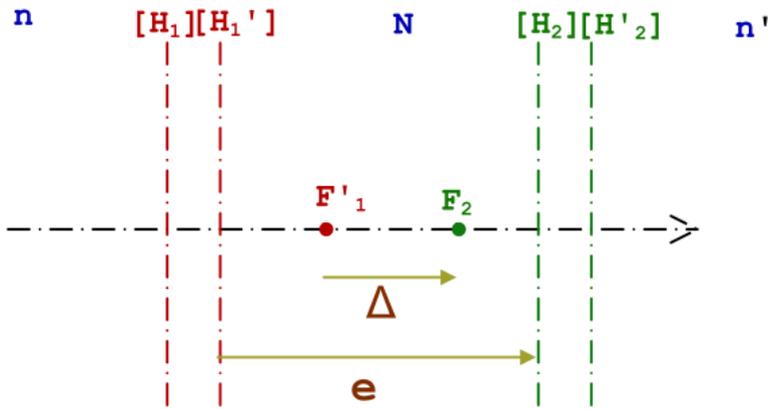
$$\begin{aligned}
 n &= n' = n_{air} = 1 \\
 H &= H' = O \\
 N &= N' = 0
 \end{aligned}$$

### 2 - Descartes

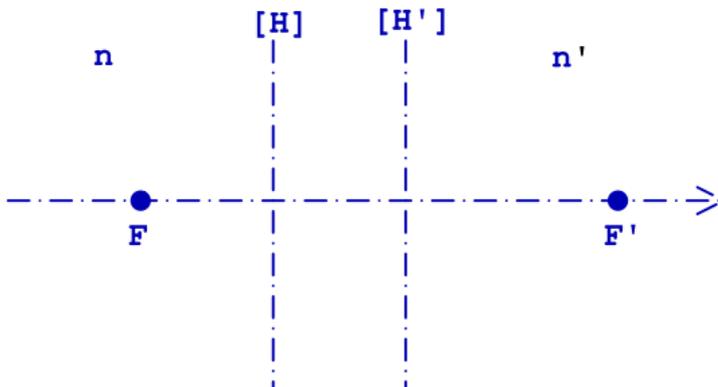
$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'} \quad (15)$$

$$\gamma = \frac{OA'}{OA} \quad (16)$$

Association de Systèmes Centrés



Est équivalent à :



### 1 - Définitions

L'interstice  $e = \overline{H'_1 H_2}$

L'intervalle Optique :  $\Delta = \overline{F'_1 F_2}$

$$\Delta = -f'_1 + e + f_2$$

### 2 - Vergences

$$D_1 = -\frac{n}{\overline{H_1 F_1}} = \frac{N}{\overline{H'_1 F'_1}}$$

$$D_2 = -\frac{N}{\overline{H_2 F_2}} = \frac{n'}{\overline{H'_2 F'_2}}$$

$$D = -\frac{n}{\overline{H F}} = \frac{n'}{\overline{H' F'}}$$

### 3 - Formule de l'association

$$f' = \frac{-f'_1 \times f'_2}{\Delta} \quad (17)$$

$$D = D_1 + D_2 - \frac{e}{N} D_1 D_2 \quad (18)$$

$$\overline{H F} = \frac{-n}{D} \quad (19)$$

$$\overline{H' F'} = \frac{n'}{D} \quad (20)$$

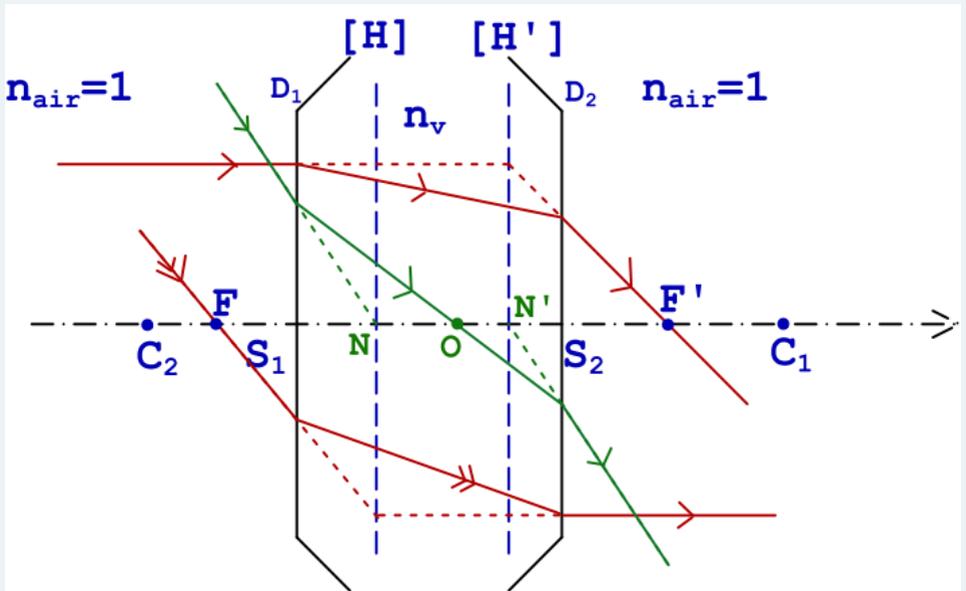
$$\overline{H_1 H} = e \frac{n}{N} \frac{D_2}{D} \quad (21)$$

$$\overline{H'_2 H'} = -e \frac{n'}{N} \frac{D_1}{D} \quad (22)$$

$$\overline{H_1 F} = \overline{H_1 H} + \overline{H F} \quad (23)$$

$$\overline{H'_2 F'} = \overline{H'_2 H'} + \overline{H' F'} \quad (24)$$

## Lentilles épaisses



### 1 - Centre Optique

$$N \xrightarrow{D_1} O \xrightarrow{D_2} N' \quad (25)$$

$$\overline{S_1 O} = \frac{\overline{S_1 C_1}}{\overline{S_1 C_1} - \overline{S_2 C_2}} \times e \quad (26)$$

### 2 - Approximation des lentilles minces

#### 2.1 Conditions

- $e \ll |\overline{S_1 C_1}|$
- $e \ll |\overline{S_2 C_2}|$
- $e \ll |\overline{S_2 C_2} - \overline{S_1 C_1}|$

#### 2.2 Conséquences

$$H \approx H' \approx O \approx N \approx N'$$

#### 2.3 Vergence

$$D = (n_v - 1) \left( \frac{1}{\overline{S_1 C_1}} - \frac{1}{\overline{S_2 C_2}} \right) \quad (27)$$

## Doublet de lentilles minces

### 1 - Caractéristiques

Symbole :  $(m, n, p)$  3 entiers positifs ou négatifs

Paramètres :  $a$  en m ou mm une distance donc forcément positive.

- $f'_1 = m \times a$
- $e = n \times a$
- $f'_2 = p \times a$

### 2 - Les indices

Les milieux extérieurs sont l'air.

$$n = 1, N = 1, n' = 1$$

### 3 - Rappels

L'interstice  $e = \overline{O_1O_2}$

L'intervalle Optique :  $\Delta = \overline{F'_1F_2}$

### 4 - Formules

$$f' = \frac{-f'_1 \times f'_2}{\Delta} \quad (28)$$

Soit

$$f' = \frac{m \times p}{m + p - n} \times a \quad (29)$$

$$\overline{O_1H} = e \frac{f'}{f'_2} \quad (30)$$

$$\overline{O_2H'} = -e \frac{f'}{f'_1} \quad (31)$$

$$f = \frac{-1}{D} = -f' \quad (32)$$

$$f' = \frac{1}{D} \quad (33)$$

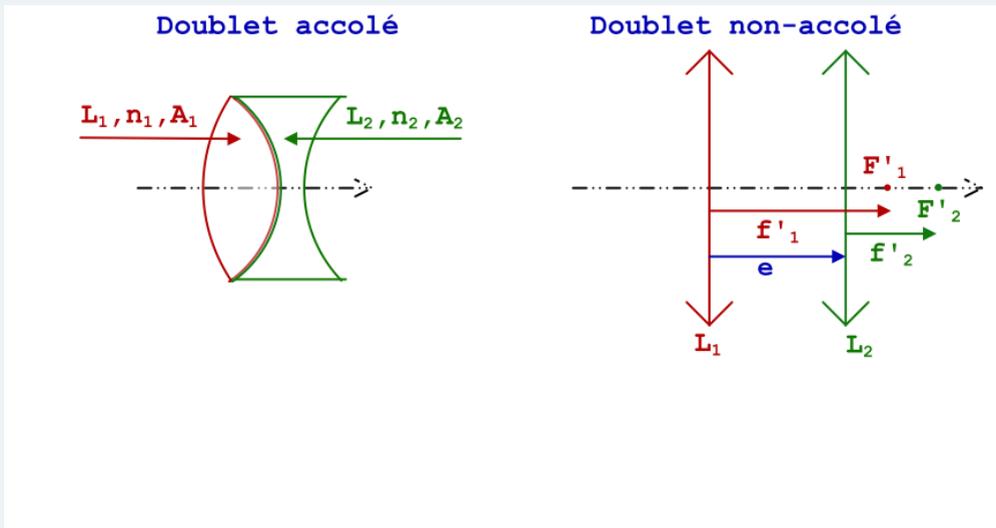
$$\overline{O_1F} = \overline{O_1H} + f \quad (34)$$

$$\overline{O_2F'} = \overline{O_2H'} + f' \quad (35)$$

### 5 - Types d'oculaire

- $\overline{O_1F} < 0$  l'oculaire est dit positif.
- $\overline{O_1F} > 0$  l'oculaire est dit négatif.

## Achromatisme



### 1 - Conditions à respecter

#### 1.1 Doublet accolé

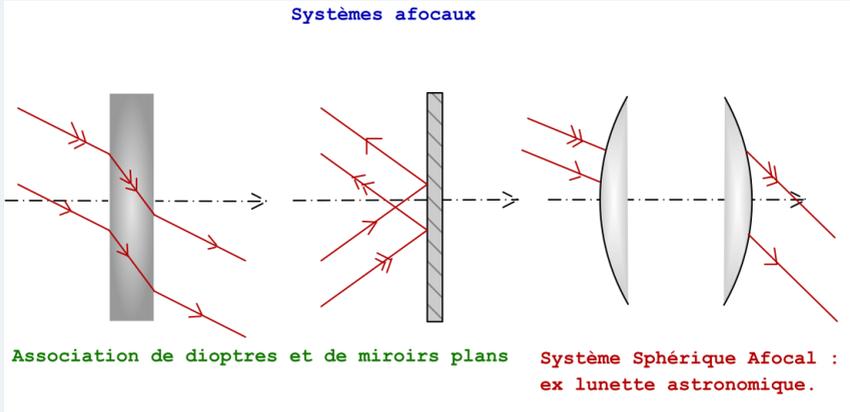
- Vergence totale :  $D = D_1 + D_2$
- Les défauts se compensent :  $\frac{D_1}{A_1} + \frac{D_2}{A_2} = 0$

#### 1.2 Doublet non-accolé

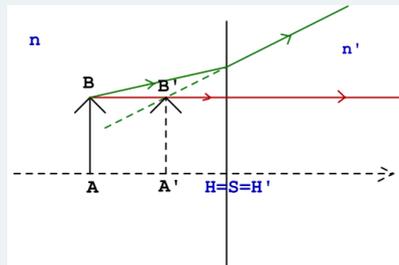
- les deux lentilles doivent être taillées dans le même verre. Même contrainte.
- $e = \frac{f'_1 + f'_2}{2}$

## Systèmes afocaux

Un faisceau parallèle incident émerge d'un système afocal de façon parallèle. On dit que les foyers sont rejetés à l'infini.



### 1 - Dioptre plan



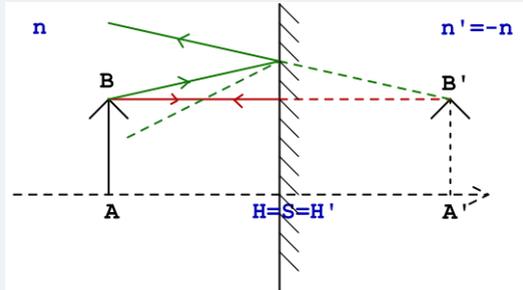
#### 1.1 Relation de conjugaison

$$n\overline{SA'} = n'\overline{SA} \quad (36)$$

#### 1.2 Grandissement

$$\gamma = 1$$

2 - Miroir plan



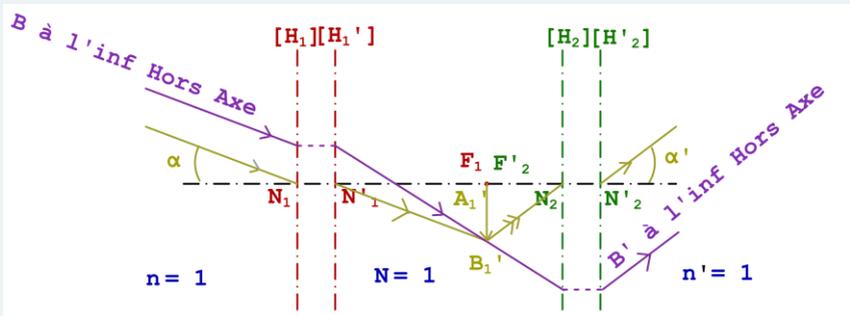
2.1 Relation de conjugaison

$$\overline{SA'} = -\overline{SA} \tag{37}$$

2.2 Grandissement

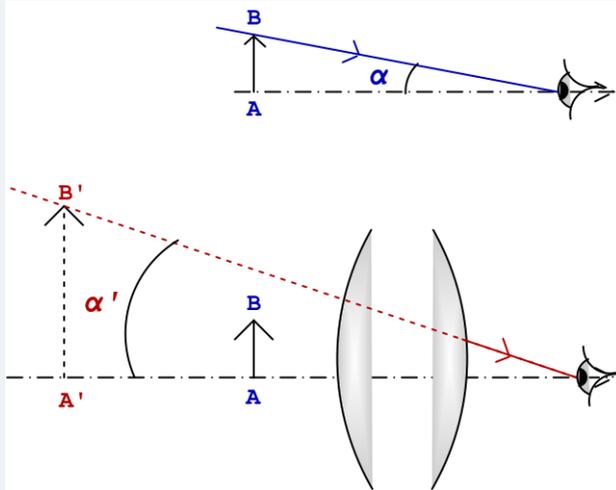
$$\gamma = 1$$

3 - Lunette astronomique

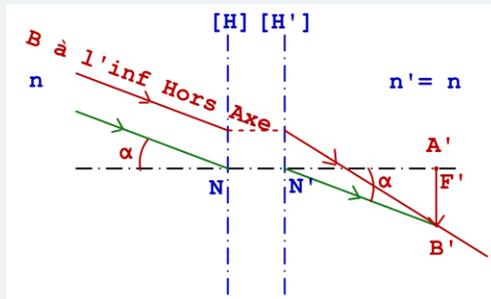


## Instrument d'optique

### 1 - Diamètre apparent



### 2 - Objet à l'infini



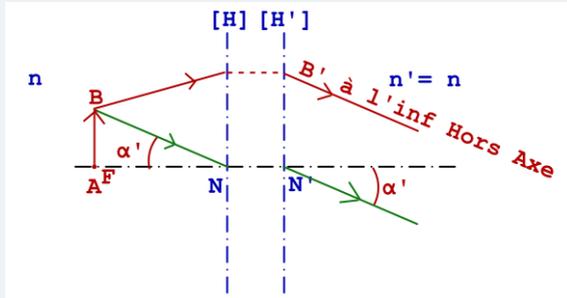
#### 2.1 Chaîne d'image

$$\underbrace{AB}_{\infty} \rightarrow \underbrace{A'B'}_{F'} \quad (38)$$

#### 2.2 formule

$$\tan(\alpha) = \frac{A'B'}{|F'|}$$

### 3 - Image à l'infini



#### 3.1 Chaîne d'image

$$\underbrace{AB}_F \longrightarrow \underbrace{A'B'}_\infty \quad (39)$$

#### 3.2 formule

$$\tan(\alpha') = \frac{AB}{|f|}$$

### 4 - Instrument et oculaire

#### 4.1 Puissance

$$P = \frac{\alpha'}{AB} \quad (40)$$

avec  $\alpha'$  en rad.

#### 4.2 Puissance intrinsèque

La puissance intrinsèque  $P_i$  est la valeur particulière de la puissance quand l'objet AB est en F c'est à dire quand l'image A'B' est à l'infini.

$$P_i = \frac{1}{f'} \quad (41)$$

#### 4.3 Grossissement

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} \quad (42)$$

#### 4.4 Grossissement commercial

$$G_c = \frac{P_i}{4} \quad (43)$$