

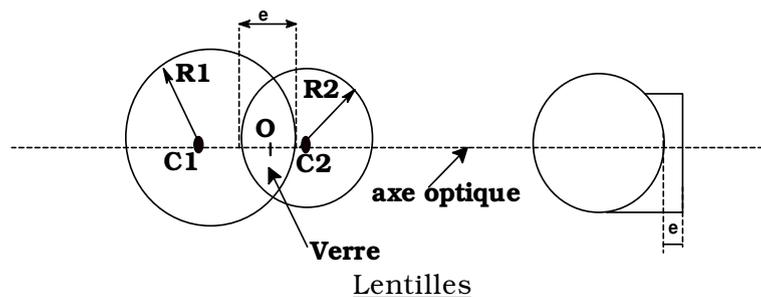
## Chap 9 : Les lentilles minces (6h)

### 9.1. Foyers et plans focaux

#### a) Définitions

-Une **lentille** est tout milieu transparent limité par deux surfaces dont l'une au moins n'est pas plane .

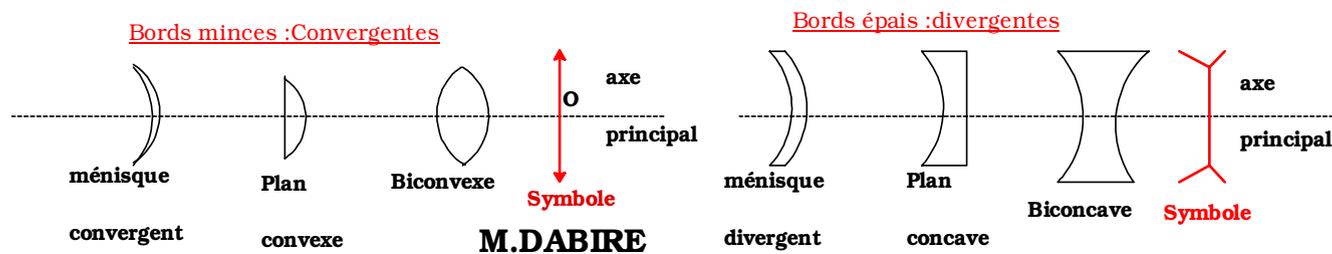
En général, ces surfaces sont des calottes sphériques. Elle présente une symétrie de révolution autour d'un axe appelé **axe optique principal** de la lentille.



-Une **lentille est mince** si son épaisseur( $e$ ) est faible devant les rayons de courbure  $R_1$  et  $R_2$  des calottes sphériques et devant la différence  $|R_1 - R_2|$ . Les lentilles minces ont des formes divers .On les classe habituellement en deux types :

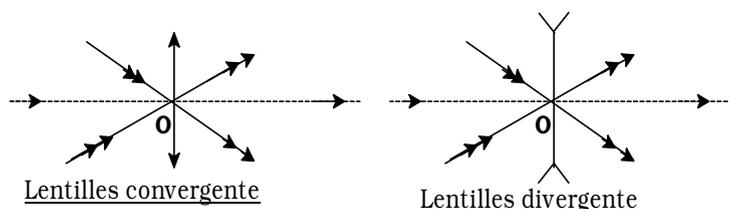
- les lentilles à bord minces **appelées lentilles convergentes**,
- les lentilles à bord épais **appelées lentilles divergentes**.

#### b) Représentation symbolique d'une lentille mince



#### 9.1.1. Centre optique O

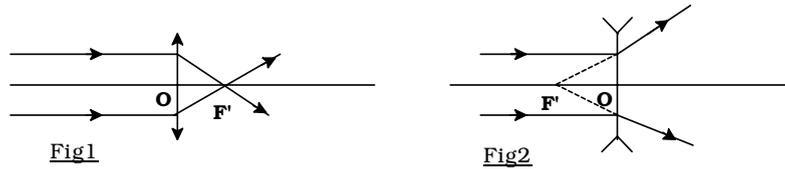
Le centre optique d'une lentille mince où l'axe optique principal traverse la lentille est noté O.



**N.B** :Tout rayon passant par le centre optique ne subit aucune déviation.

#### 9.1.2. Foyers principaux

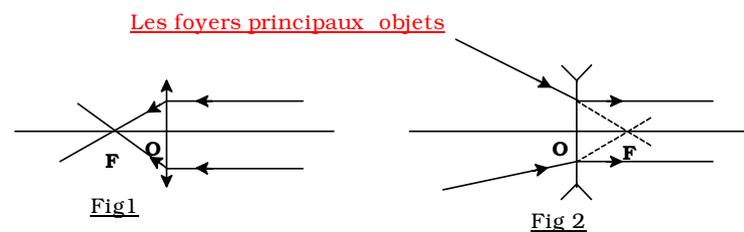
##### a) Foyers principaux images



-Tout rayon parallèle à l'axe principal converge en un point «  $F'$  » de l'axe principal appelé foyer principal image ,ce foyer est réel (fig1).

-Tout rayon parallèle à l'axe principal d'une lentille divergente sort de la lentille en semblant provenir d'un point «  $F'$  » de l'axe principal appelé : Foyer principal image, ce foyer est virtuel (Fig2).

### b) Foyer principal objet



-Il existe un point  $F$  ,de l'axe principal d'une lentille **convergente** (situé devant la lentille) tel que tout rayon passant par  $F$  ,émerge parallèlement à l'axe principal(fig1).Ce foyer est le foyer principal objet ,il est réel.

-Il existe un point  $F$  ,de l'axe principal d'une lentille **divergente** (situé derrière la lentille) tel que tout rayon se dirigeant vers le point  $F$  ,émerge parallèlement à l'axe principal(fig2).Ce foyer est le foyer principal objet ,il est virtuel.

### Conclusion

-L'objet est réel : les rayons lumineux incidents sont issus de ce point.

-L'objet est virtuel : les rayons lumineux incidents se dirigent vers ce point situé derrière la lentille sans jamais se rencontrer.

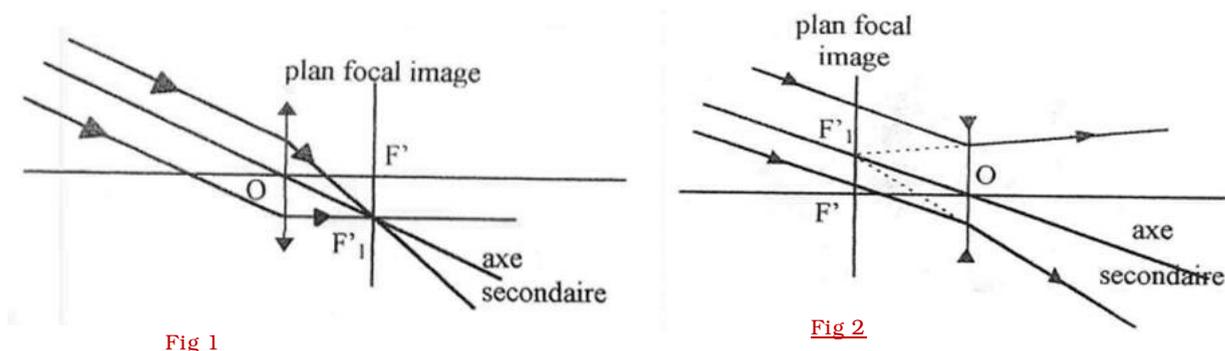
### 9.1.3. Foyers secondaires

-On appelle **axe secondaire** d'une lentille mince, tout axe (autre que l'axe principal) passant par le centre optique.

-Un **plan focal** est un plan perpendiculaire à l'axe principal et qui contient un foyer principal.

On distingue le plan focal objet et le plan focal image.

### a)Foyers secondaires images

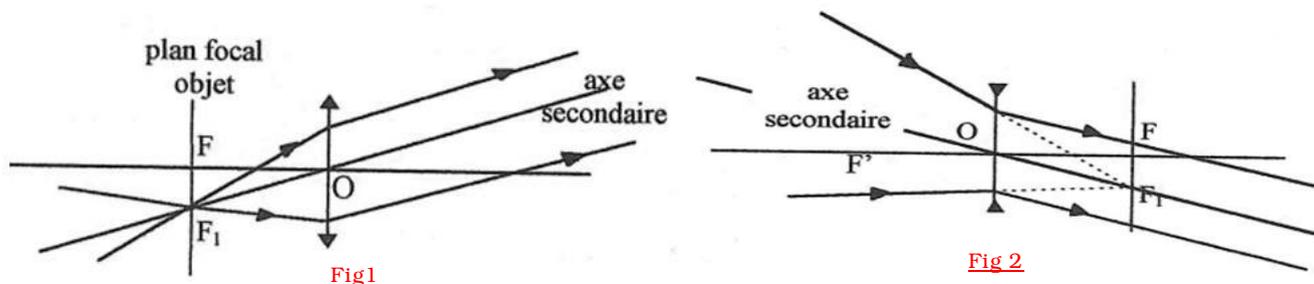


-Tout rayon parallèle à l'axe secondaire se réfracte en passant par le foyer secondaire image «  $F'_1$  » correspondant. Ce foyer secondaire  $F'_1$  est réel ( fig1).

-Tout rayon parallèle à un axe secondaire se réfléchit vers le foyer secondaire image «  $F_1'$  » correspondant. Ce foyer secondaire image  $F_1'$  est virtuel ( fig2).

-L'ensemble des foyers secondaires images forment le plan focal image. Ce plan est perpendiculaire en  $F'$  à l'axe secondaire principal.

b)Foyers secondaires objet



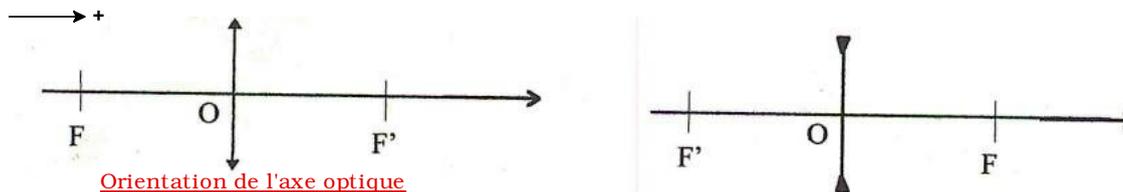
-Tout rayon incident passant par un foyer secondaire objet «  $F_1$  » d'une lentille convergente, émerge parallèlement à l'axe optique secondaire correspondant. Ce foyer est réel (fig 1).

-Tout rayon se dirigeant vers un point «  $F_1$  » appelé foyer secondaire objet d'une lentille divergente émerge parallèlement à l'axe secondaire correspondant. Ce foyer est virtuel (fig 2).

-L'ensemble des foyers secondaires objets forment le plan focal objet, perpendiculaire à l'axe optique principal en F.

9.1.4. Distances focales

Les foyers objet et image sont symétriques par rapport au centre optique O. Par convention, l'axe principal est orienté dans le sens de propagation de la lumière, le centre optique étant pris comme origine .



Orientation de l'axe optique

Compte tenu de cette convention :

-La distance  $\overline{OF}$  est comptée positivement pour une lentille convergente. On l'appelle distance focale f.

-La distance  $\overline{OF'}$  est comptée négativement pour une lentille divergente. On l'appelle distance focale f.

Pour mieux caractériser une lentille, les opticiens utilisent la vergence C définie comme l'inverse de la distance focale :

$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{\overline{OF}} \begin{cases} \text{Cen dioptrie ( } \delta \text{)} \\ \text{fen mètre ( m)} \end{cases}$$

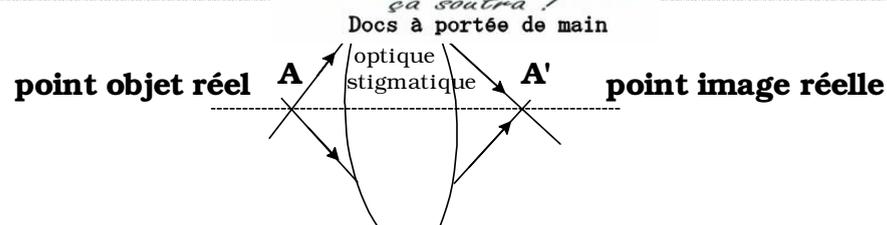
N.B :Une lentille convergence a une vergence positive et une lentille divergente a une vergence négative.

9.2. Conditions de formation des images

On montre expérimentalement qu'une lentille mince convergente donne une bonne image d'un objet si et seulement si deux conditions au moins sont réalisées :

-L'objet est petit et situé au voisinage de l'axe principal .Il est vu sous une incidente rasante.

-Les rayons qui traversent la lentille sont proches aux centres optiques O et presque parallèles à l'axe optique.



### Stigmatisme

**Remarque :** La lentille est alors utilisée dans les conditions de Gauss. On dit qu'il y a stigmatisme pour les rayons lumineux voisins de l'axe optique. Un système optique est rigoureusement stigmatique s'il donne, un point objet A, un point image A'.

Conditions d'obtention d'images nettes ou conditions de Gauss sont :

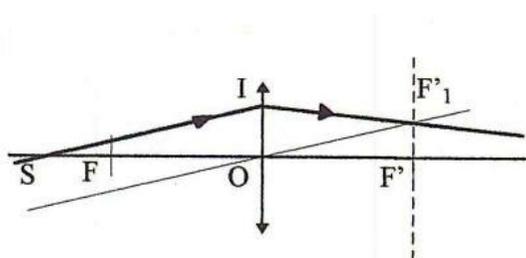
- Les rayons lumineux doivent entrer peu inclinés par rapport à l'axe principal.
- Les rayons lumineux doivent rencontrer la lentille au voisinage de son centre optique.

**N.B:** En pratique, ses images sont obtenues par utilisation d'un diaphragme.

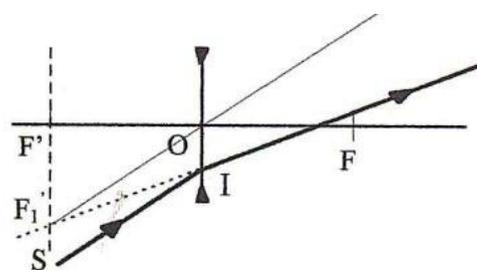
### 9.3. Marche d'un rayon lumineux

Pour tracer la marche d'un rayon lumineux à travers une lentille on utilise les propriétés de foyers principaux et /ou secondaires.

#### Exemple



Le rayon incident SI se réfracte en passant par le foyer secondaire image « F'1 » correspondant à l'axe secondaire parallèle à SI.



Le rayon incident SI se réfracte en semblant provenir du foyer secondaire image « F'1 » correspondant à l'axe secondaire parallèle à SI.

### 9.4. Image d'un objet

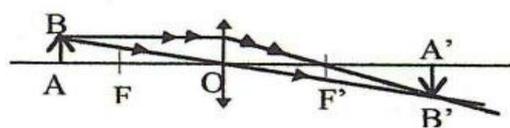
Pour obtenir l'image d'un point on trace deux rayons incidents issus de ce point et on cherche l'intersection des deux rayons émergents correspondants. Si le point est situé sur l'axe principal son image est aussi sur l'axe principal, il suffit dans ce cas de ne considérer qu'un seul rayon. On choisit un rayon dont la marche est simple :

- Soit un rayon passant par le **centre optique**.
- Soit un rayon passant par le **foyer principal objet**.
- Soit un rayon parallèle à l'**axe principal**.

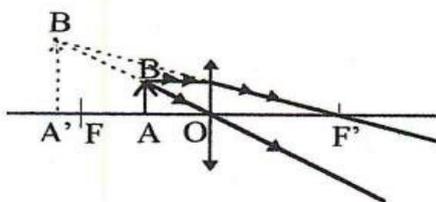
Dans le cas d'un objet perpendiculaire à l'axe principal on cherche l'image B' du point B et on abaisse la perpendiculaire de B' sur l'axe principal. A'B' est l'image de AB.

- Quelques exemples de construction sur les lentilles

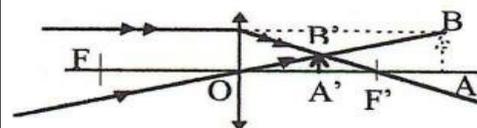
## Les lentilles



Objet réel, en deçà de F.  
L'image est: réelle, renversée,  
plus petite ou plus grande que  
l'objet.

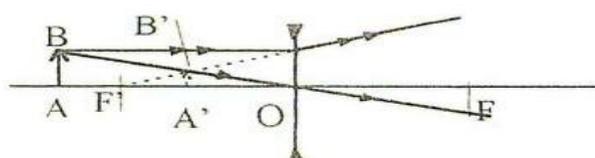


Objet réel, entre F et O (cas  
de la loupe) L'image est:  
virtuelle, droite, plus grande  
que l'objet.

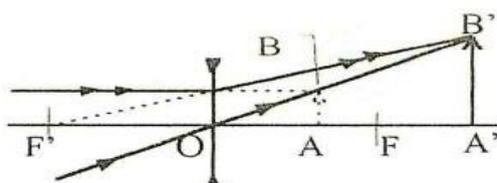


Objet virtuel (derrière la  
lentille). L'image est:  
virtuelle, droite, plus petite  
que l'objet.

## Les lentilles divergentes



Objet réel, en deçà de F.  
L'image est virtuelle, droite,  
plus petite que l'objet.



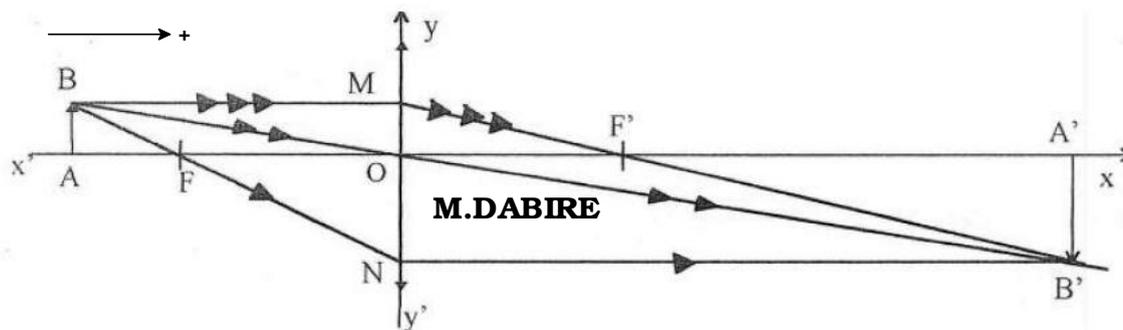
Objet virtuel, entre F et O.  
L'image est réelle, droite,  
plus grande que l'objet.



Objet virtuel, au-delà de F.  
L'image est virtuelle,  
renversée.

### 9.5 .Formules des lentilles minces

#### 9.5.1 .Position de l'image



L'axe principal(x'Ox) est orienté dans le sens de propagation de la lumière. Dans ce cas :

- $\overline{OF'} > 0$  pour une lentille divergente
- $\overline{OF} < 0$  pour une lentille convergente.
- L'axe de la lentille (y'oy) est orienté de bas en haut( Oy>0).

#### Détermination de A' :La relation de conjugaison

-Les triangles OMF' et F'A'B' sont semblables peut donc écrire :  $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{OM}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}} = \frac{\overline{F'O} + \overline{OA'}}{\overline{F'O}} = 1 + \frac{\overline{OA'}}{\overline{F'O}}$  Or OM=AB d'où :

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = 1 + \frac{\overline{OA'}}{\overline{F'O}}$$

-De même les triangles OA'B et OAB sont semblables on peut écrire :  $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = 1 + \frac{\overline{OA'}}{\overline{F'O}} \leftrightarrow$

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = 1 + \frac{\overline{OA'}}{\overline{F'O}}$$

En divisant les deux membres de la seconde

$$\frac{1}{OF'} = \frac{1}{OA'} + \frac{1}{OA}$$

(Relation de conjugaison)

**Remarque :** Cette relation est la relation de conjugaison : c'est elle qui permet de trouver la position de A'. Cette relation est applicable quelque soit la nature de l'objet et de l'image.

### 9.5.2. Grandissement

On appelle grandissement de la lentille le rapport :

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

### 9.5.3. Nature et sens de l'image

La position de l'image par rapport à l'objet est la suivante :

- Si  $\gamma > 0$  ; l'image est droite (même sens que l'objet) par rapport à l'objet.
- Si  $\gamma < 0$  ; l'image est renversée (sens opposé à l'objet) par rapport à l'objet .
- Si  $|\gamma| > 1$  ; l'image est plus grande que l'objet.
- Si  $|\gamma| < 1$  ; l'image est plus petite que l'objet.
- Si  $OA' > 0$  : l'image est réelle.
- Si  $OA' < 0$  : l'image est virtuelle.

## 9.6. Vergence des lentilles minces

### 9.6.1 .Définition

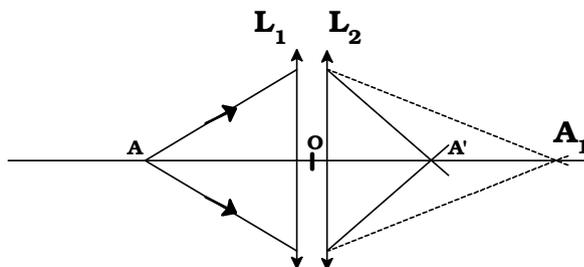
On appelle vergence d'une lentille la grandeur algébrique :  $C = \frac{1}{OF'} = \frac{1}{f}$   $\left\{ \begin{array}{l} f \text{ en m} \\ C \text{ en } \delta \end{array} \right.$

### Remarque

- Pour une lentille convergente :  $C > 0$
- Pour une lentille divergente :  $C < 0$
- $C = \frac{1}{OF'} = \frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$   $\left\{ \begin{array}{l} n: \text{indice de verre de la lentille} \\ R: \text{rayon de courbure} \end{array} \right.$

### 9.6.2 .Vergence d'un système de lentilles accolées

Des lentilles convergentes suffisamment minces pour qu'on puisse confondre leurs centres optiques avec le centre optique de l'association (point O).

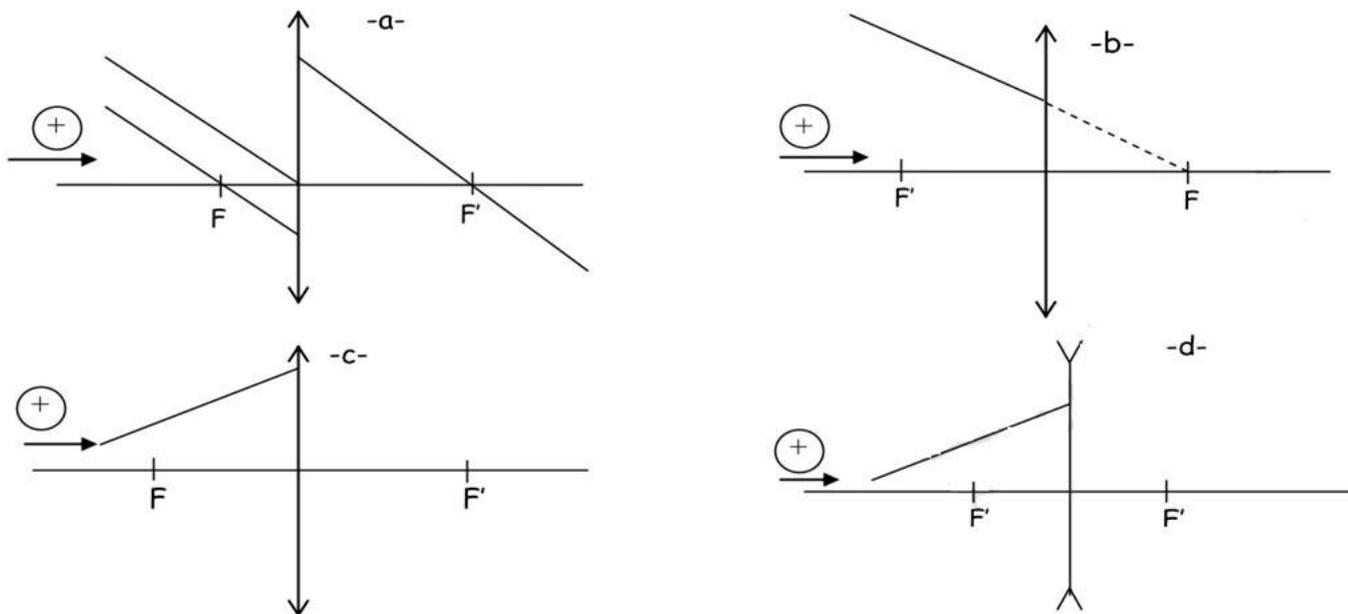


Construction de l'image A' de A à travers les lentilles L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub>

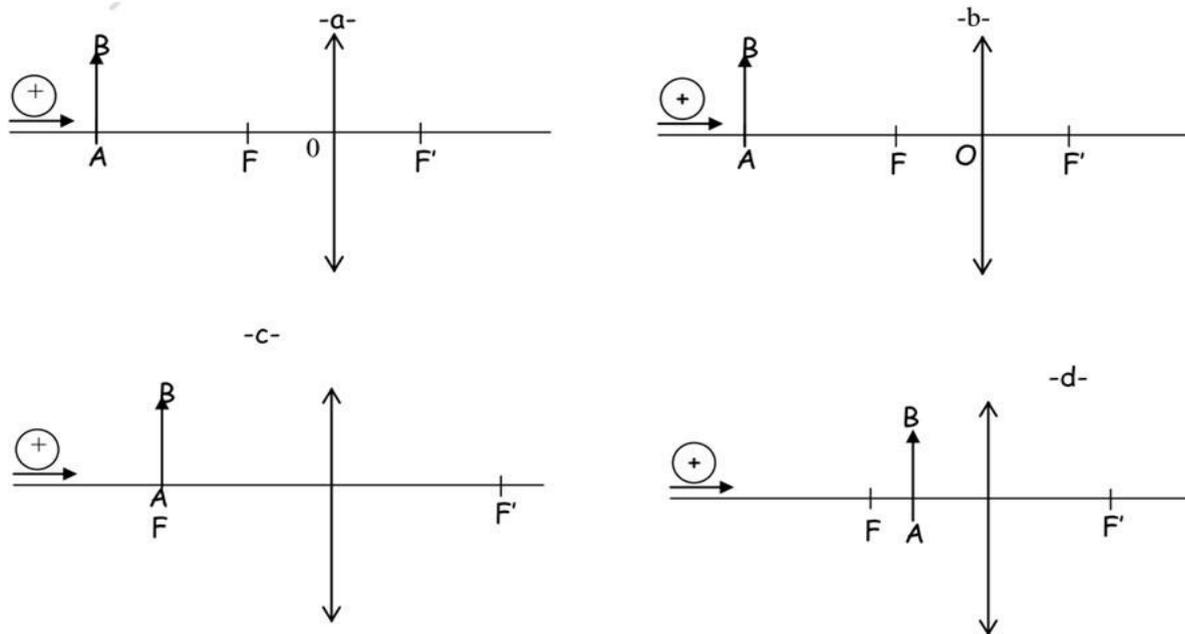
Soient  $C_1 ; C_2 ; C_3 \dots$  les vergences de chacune de ces lentilles est équivalent à une lentille unique de vergence  $C$  telle que :  $C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$

Exercice d'application

1) Représenter la marche du rayon lumineux à travers la lentille dans les cas suivants :



2) Déterminer par la construction, la nature, la grandeur et le sens de l'image  $A'B'$  de l'objet  $AB$  situé à différentes positions par rapport à une lentille dans les cas suivants :



3) Un objet réel  $AB$  est placé devant une lentille mince de centre optique  $O$ . On désire obtenir sur un écran une image  $A'B'$  qui est quatre fois plus grande que l'objet  $AB$ . Quelles est la nature, la position et la distance focale de la lentille si l'écran est placé à 5m de l'objet ?

Rép :  $A'B' = 4AB$ , image renversée donc  $\gamma < 0 \leftrightarrow \gamma = -4$

On a :  $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = -4 \leftrightarrow \overline{OA'} = -4\overline{OA}$  et  $\overline{AO} + \overline{OA'} = 5 \rightarrow \overline{OA'} = -1m$

Distance focale de la lentille :  $\frac{-1}{\overline{OA'}} + \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \leftrightarrow \overline{OF'} = \frac{-1 \times 4}{-1-4} = \frac{4}{5}$  or  $\overline{OF'} = 0,8m$  ; Nature de la lentille : Elle est

convergente ( $\overline{OF'} > 0$ ).