P5

Lentilles minces

Compétences associées :

- Exploiter les propriétés du centre optique, des foyers principaux et secondaires, de la distance focale, de la vergence.
- Construire l'image d'un objet situe à distance finie ou infinie à l'aide de rayons lumineux, identifier sa nature réelle ou virtuelle.
- Exploiter les formules de conjugaison et de grandissement transversal de Descartes et de Newton.
- Etablir et utiliser la condition de formation de l'image réelle d'un objet réel par une lentille convergente.

I. Caractéristiques des lentilles minces

- **Lentilles sphériques**

Système optique ayant une symétrie de révolution autour d'un axe optique. Il est limite par deux dioptres dont l'un au moins est sphérique.

- **Stigmatisme des lentilles**

Il est approche dans les conditions de Gauss.

- **Axe optique**

C'est l'axe qui passe par le centre des deux dioptres et les deux sommets.

- **Distance algébrique**

Distance entre des points situes sur un même axe, dotée d'un signe qui indique leur position relative.

Distance	AB = 3 cm	Il y a 3 cm entre les points A et B
Distance algébrique	$\overline{AB}$ = 3 cm	A est avant B car $\overline{AB} > 0$
Distance algébrique	$\overline{AB}$ = - 3 cm	A est après B car $\overline{AB} < 0$

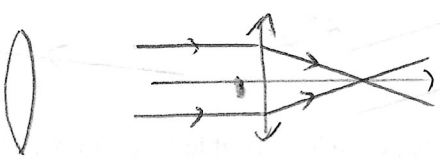
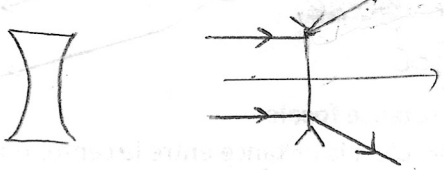
- **Lentille mince**

Une lentille est dite mince lorsque les deux sommets des dioptres peuvent être considérés comme à peu près confondus. Mathématiquement les conditions suivantes sont respectées :

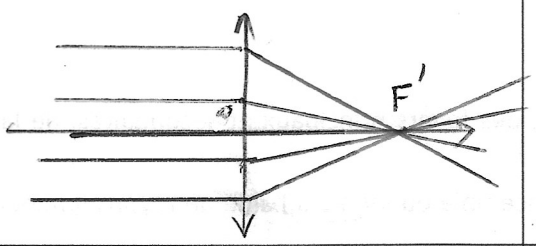
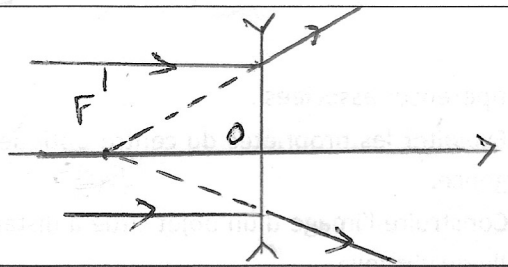
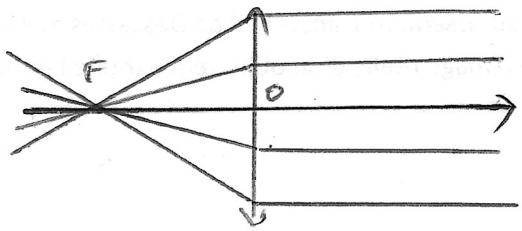
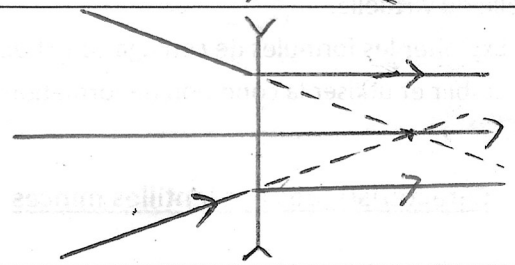
$$d \ll R_1 \quad d \ll R_2 \quad d \ll |R_1 - R_2|$$

où : - d est la distance entre les sommets des dioptres
- R_1 et R_2 sont les rayons de courbure des dioptres.

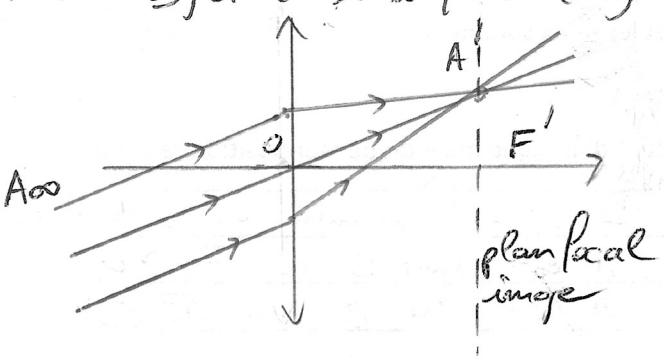
- **Type de lentille**

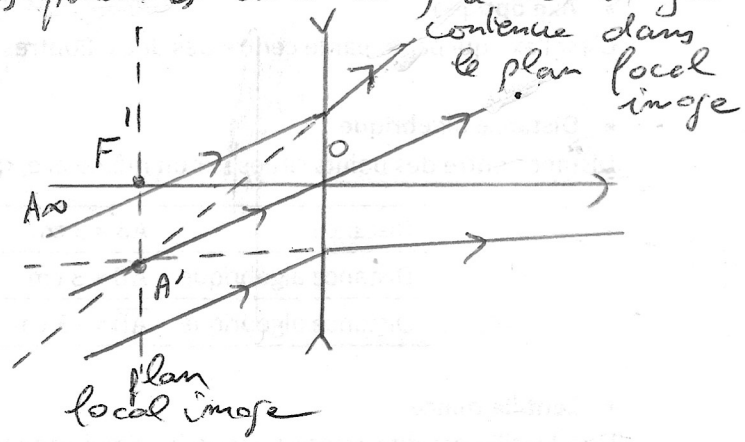
Type	Convergente	Divergente
Forme	bords minces	bords épais
Effets	rapproche les rayons lumineux	écarte les rayons lumineux
Schéma et symbole		
Distance focale	$p' > 0$	$p' < 0$

- **Foyers d'une lentille**

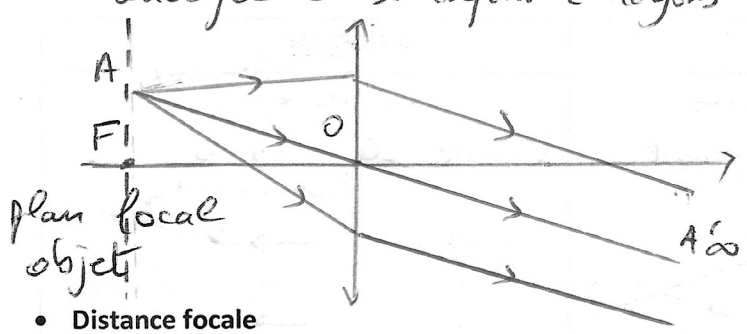
Lentille	convergente	divergente
Foyer image		
Foyer objet		

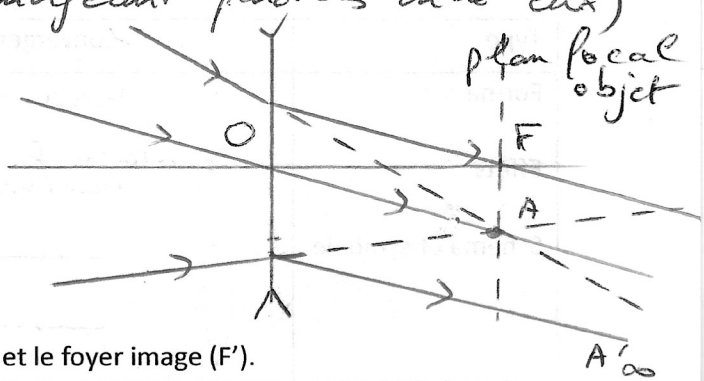
- **Foyer image et plan focal image**
  - Le foyer image F' est le point de l'axe optique où se forme l'image d'un objet situe à l'infini sur l'axe optique.
  - Tout rayon de l'espace parallèle à l'axe optique émerge en passant par F'
  - Le **plan focal image** est le plan parallèle à la lentille qui contient F'.
  - Un objet à l'infini (rayons parallèles entre eux) a son image contenue dans le plan focal image





- **Foyer objet et plan focal objet**
  - Le foyer objet F est le point de l'axe optique dont l'image est à l'infini.
  - Tout rayon de l'espace objet qui passe par F (véritablement ou par prolongement) émerge de la lentille parallèlement à l'axe optique.
  - Le **plan focal objet** est le plan parallèle à la lentille qui contient F.
  - Un objet appartenant au plan focal objet a son image renvoyée à l'infini (rayons emergeant parallèles entre eux)

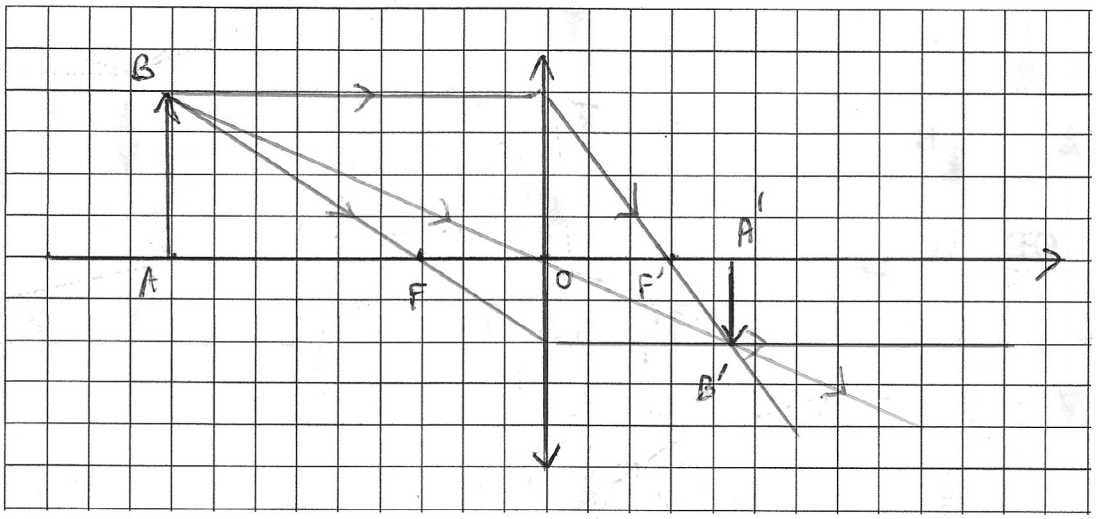




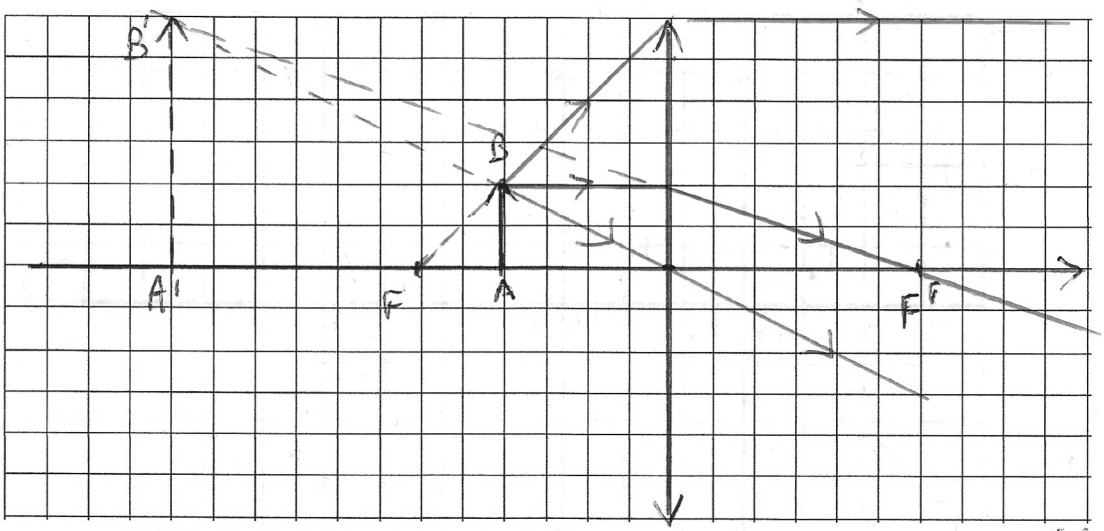
- **Distance focale**
  - C'est la distance entre le centre optique (O) de la lentille et le foyer image (F').
  - On note f' = OF' = −OF, quel que soit le type de lentille.
  - F et F' sont symétriques l'un de l'autre par rapport à O. Lentille convergente : F' à droite. Lentille divergente : F' à gauche

II. Construction des images par une lentille mince

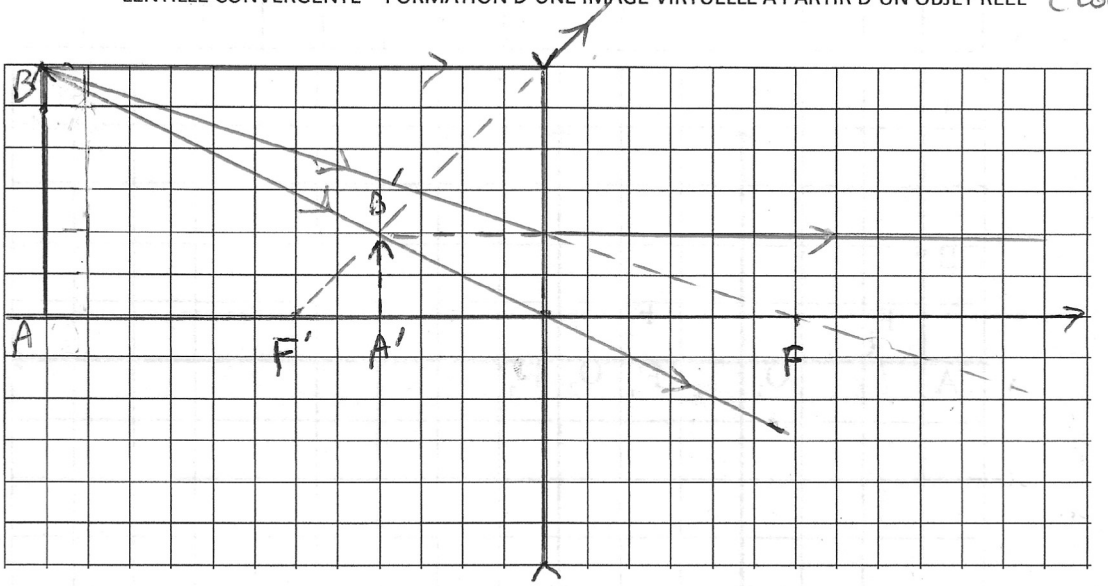
- Un rayon qui passe par le centre optique O de la lentille n'est pas dévié.
- Un rayon qui arrive parallèle à l'axe optique émerge en passant par le foyer image F'
- Un rayon qui passe par le foyer objet F



LENTILLE CONVERGENTE – FORMATION D'UNE IMAGE REELLE A PARTIR D'UN OBJET REEL

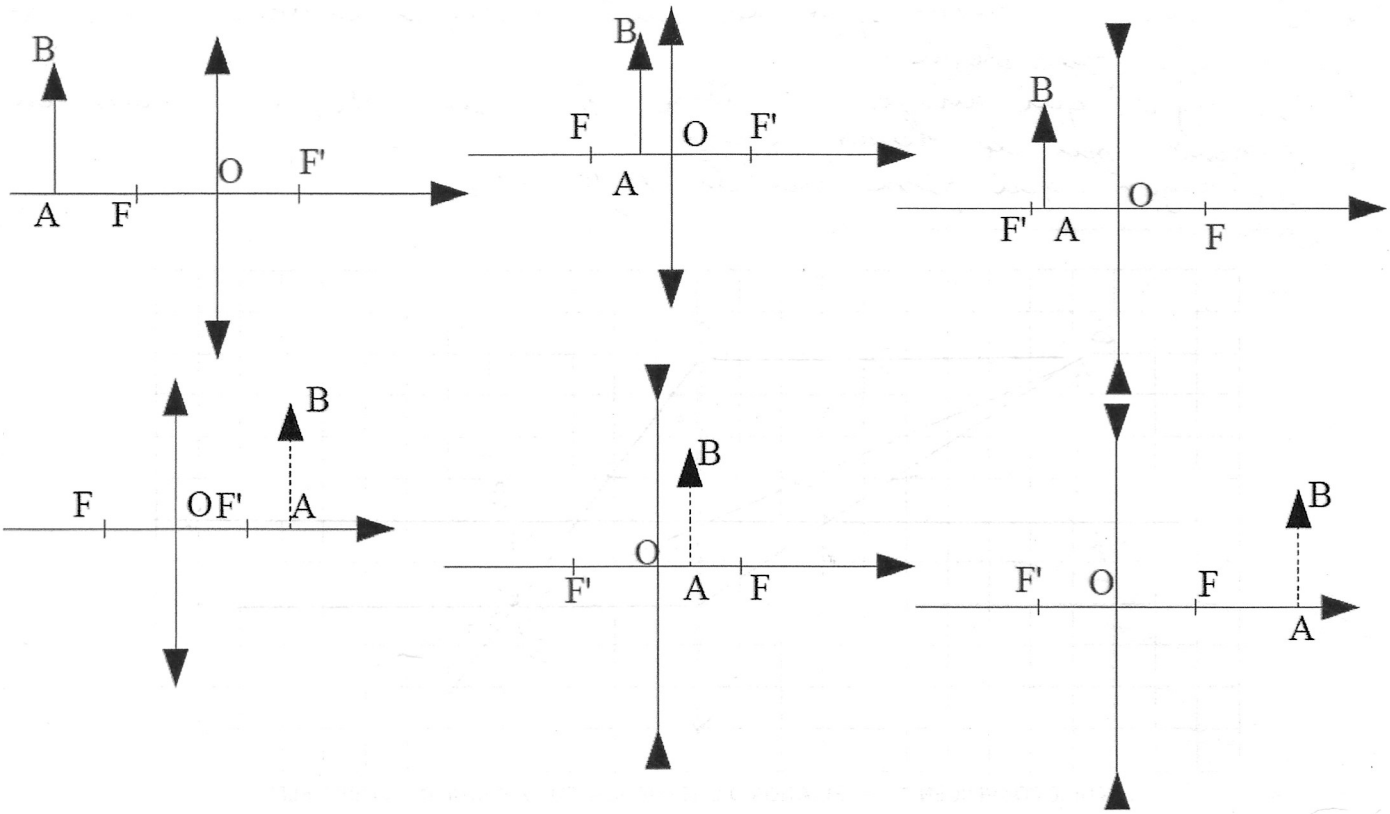


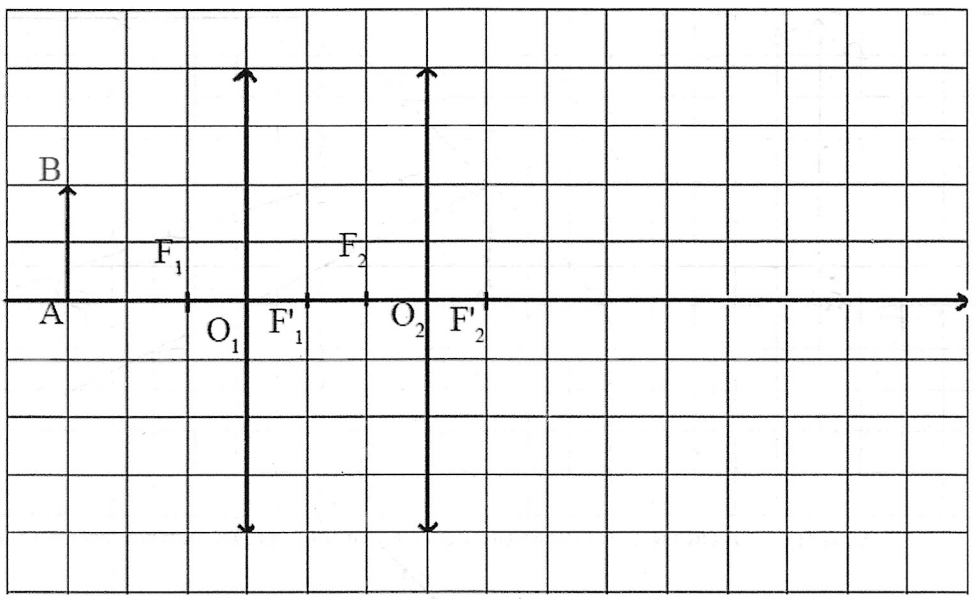
LENTILLE CONVERGENTE – FORMATION D'UNE IMAGE VIRTUELLE A PARTIR D'UN OBJET REEL (Loupe)

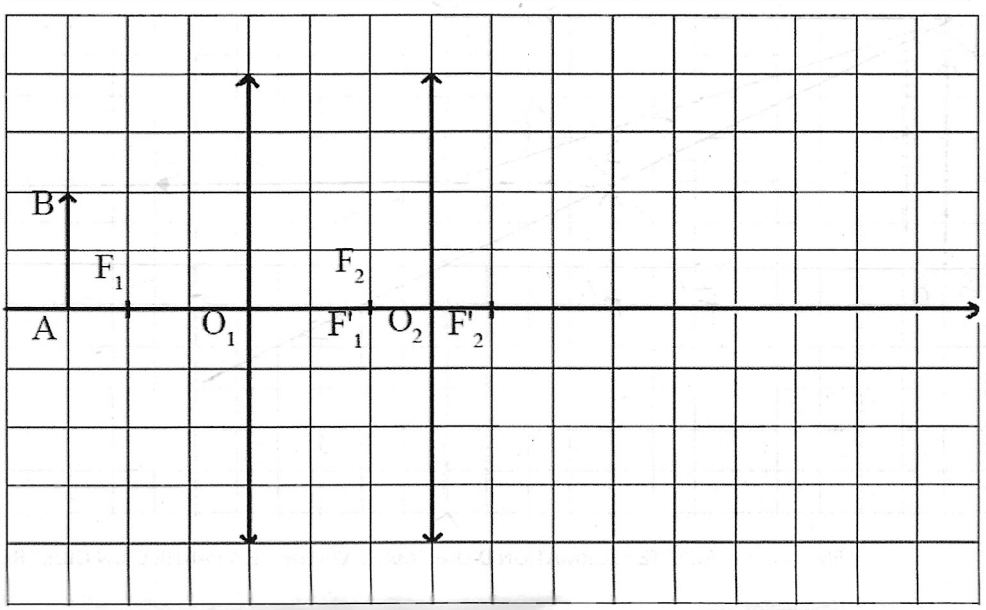


LENTILLE DIVERGENTE –FORMATION D'UNE IMAGE VIRTUELLE A PARTIR D'UN OBJET REEL

Application 1 Pour tous les schémas ci-dessous, construire l'image de AB par le système optique







III. Relations des lentilles

Dans tout ce qui suit : lentille mince de centre optique O, foyer objet F, foyer image F, objet AB et image A'B' avec A et A' conjugues sur l'axe. Les distances sont exprimées en mètres par défaut. Conditions de Gauss.

- **Vergence d'une lentille (en dioptries)**

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

- **Relations de conjugaison**

Théorème de Thalès ⇒

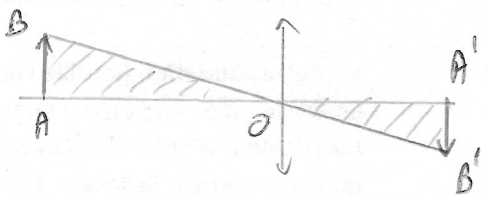
Formule de Newton : $\overline{FA}.\overline{F'A'} = -f'^2$

Formule de Descartes : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$

- **Grandissement**

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

↳ définition ↳ théorème de Thalès



- **Interprétation du grandissement**

	Valeur absolue		Signe	
Image	$\lvert\gamma\rvert < 1$	$\lvert\gamma\rvert > 1$	$\gamma < 0$	$\gamma > 0$
	réduite	agrandie	renversée	droite

- **Doublet accolé – Théorèmes des vergences**

Soit un système forme de deux lentilles minces de centres optiques assez proches pour être confondus, de vergences respectives C_1 et C_2.

$A \xrightarrow{L_1} A_1 \xrightarrow{L_2} A'$

$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f'_1} = C_1$

Ex : $O_1 = O_2$

$\oplus$ $\frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{f'_2} = C_2$

$\Rightarrow \frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} + \frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2A}} = C_1 + C_2$

avec $O_1 = O_2$

La vergence de 2 lentilles accolées est la somme des vergences

- **Condition réel/virtuel**

Nature	Objet	Image
Réel	$\overline{OA} < 0$	$\overline{OA'} > 0$
Virtuel	$\overline{OA} > 0$	$\overline{OA'} < 0$

Application 2 **Projecteur diapos**

On dispose d'une diapositive de 4,00 cm par 4,00 cm. Le projecteur diapo est une simple lentille (de distance focale f' inconnue) placée 26,3 cm devant la diapositive éclairée par une lampe. Sur l'écran on voit l'image de la diapositive par la lentille.

a) Faire un schéma où on fera apparaître l'écran, la diapositive et la lentille.

b) Calculer f' sachant que la distance à laquelle il faut placer le projecteur (la lentille) de l'écran pour avoir une image nette est 5,00 m.

c) Quelle sera la taille de l'image sur l'écran ?

d) On veut maintenant utiliser un écran situé à 6,00 m. Expliquer et calculer ce qui change.

Application 3 **Accord entre le calcul et la construction graphique**

Pour chacun des doublets de l'application 1) :

a) Calculer la position et la taille de l'image intermédiaire A_1B_1.

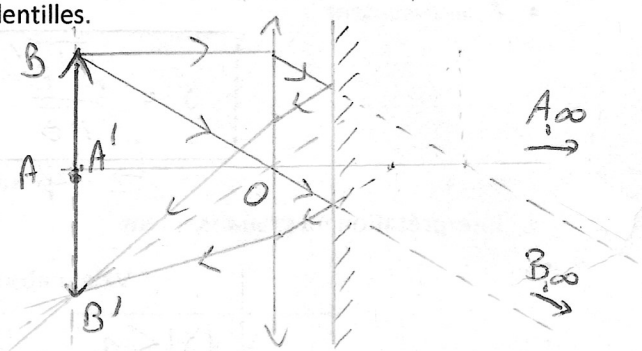
b) Calculer la position et la taille de l'image définitive A'B'.

c) Les résultats sont-ils en accord avec la construction graphique ?

IV. Focométrie

- **Focométrie**

Ensemble des techniques de mesure des distances focales de lentilles.

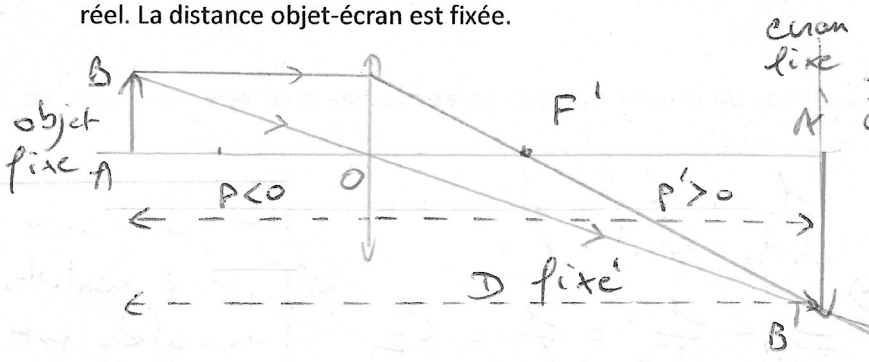


- **Autocollimation (lentille convergente)**

On place un écran percé d'un trou au niveau de la source (qui devient ponctuelle). On accole un miroir à la lentille dont on cherche la focale. On cherche la position de la lentille pour laquelle une image du trou apparaît nette sur l'écran. Dans ces conditions $\overline{AO} = f'$

- **Méthode de Bessel (lentille convergente)**

On cherche deux positions de la lentille permettant de faire l'image nette sur un écran (image réelle) d'un objet réel. La distance objet-écran est fixée.



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

$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}$$

$$\frac{1}{D+p} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}$$

$$\frac{-D}{(D+p)p} = \frac{1}{f'} \Rightarrow p^2 + Dp + Df' = 0$$

Equation du 2nd degré avec $\Delta = D^2 - 4Df' = D(D-4f')$

Solutions : $p_1 = \frac{-D-\sqrt{\Delta}}{2}$ et $p_2 = \frac{-D+\sqrt{\Delta}}{2}$

$d = p_2 - p_1 = \sqrt{\Delta} \Rightarrow d^2 = \Delta^2 = D^2 - 4Df'$ d'où

$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$ d : distance entre les 2 positions de la lentille permettant une image nette sur l'écran

Rq : Pour observer une image sur l'écran, il faut $D > 4f'$

- **Méthode de Silbermann (lentille convergente)**

Cas particulier de la méthode de Bessel où d = 0. Dans ces conditions, une seule image est possible et on a D = 4f'.