

## LENTILLE MINCE DIVERGENTE - TP

### 1. Mesure rapide d'une distance focale

#### 1.1. Association de lentilles minces accolées

- On peut montrer que l'association de deux lentilles minces accolées, de vergences respectives  $v$  et  $v'$ , se comporte comme une lentille mince de vergence  $v+v'$  (algébriquement, s'il y a des vergences négatives).

Ceci n'est évidemment valable que dans l'approximation où on peut considérer que l'assemblage est encore "mince" (c'est-à-dire que la précision des relations de conjugaison correspond alors à l'épaisseur négligée).

- Essayer de démontrer cette propriété à partir des relations de conjugaison.

#### 1.2. Méthodes de mesure de la distance focale

☞ remarque : afin de pouvoir récapituler les résultats en fin de TP, il faut étudier la même lentille (de focale  $\approx -200$  à  $-250$  mm) pour l'ensemble des expériences.



- Les méthodes de mesure rapide possibles pour les lentilles convergentes ne sont pas applicables directement ici, pour des vergences négatives. Dans ce cas en effet, les rayons incidents parallèles ressortent en passant par un foyer image, mais de façon virtuelle car celui-ci se trouve du côté objet (pour des rayons parallèles à l'axe, le foyer particulier, sur l'axe, est appelé "foyer image principal") :

Par contre, en accolant une lentille divergente avec une lentille annexe assez convergente, on peut obtenir un assemblage convergent. Les mesures des distances focales respectives, pour la lentille convergente et pour l'assemblage, donnent par différence des vergences la distance focale de la lentille divergente.

- Mesurer ainsi la distance focale de la même lentille divergente par la méthode de l'image très éloignée et par la méthode d'autocollimation ; comparer les mesures et les précisions.

### 2. Formation d'une image par une lentille divergente

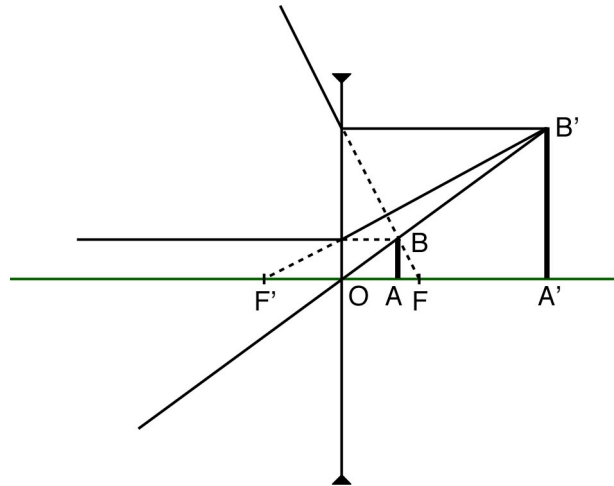
#### 2.1. Image réelle d'un objet virtuel (projection agrandie)

- Dans les cas où on étudie un dispositif optique qui donne une image réelle trop petite (car trop proche de la lentille), il n'est difficile d'observer cette image sur un écran (on ne distingue aucun détail).

Il est alors possible d'utiliser une lentille annexe convergente pour en refaire une image agrandie (en prenant la première image comme objet réel), mais cela est également possible à l'aide d'une lentille divergente: on forme ainsi une image agrandie (et éloignée) de "l'image" précédente utilisée comme objet virtuel :

♦ remarque : ceci n'est possible que si l'objet virtuel AB est situé entre O et F (c'est-à-dire à une distance de la lentille inférieure à la distance focale objet).

♦ remarque : ce montage est "plus compact" que celui analogue qui utiliserait une lentille convergente ; il est mis à profit dans certains téléobjectifs pour appareils photographiques.



- L'image de B peut être reconstruite en considérant les rayons particuliers connus :
  - ♦ le rayon incident BO ("virtuel"), passant par le centre de la lentille, n'est pas dévié ;
  - ♦ le rayon incident provenant virtuellement de B et parallèle à l'axe ressort en passant virtuellement par le foyer image F' ;
  - ♦ le rayon incident BF, passant virtuellement par le foyer objet F, ressort parallèle à l'axe.

Ces trois rayons se recoupent en un point B', image de B formée par la lentille.

♦ remarque : il suffirait en principe de tracer deux de ces trois rayons pour connaître la position de B', mais il est prudent de reconstruire les trois si on veut obtenir plus de précision.

• L'image A' de A ne peut pas être reconstruite par cette méthode, mais (pour une lentille mince) l'image A'B' est non déformée, et parallèle à l'objet AB ; il suffit donc de considérer que A' est sur l'axe (le rayon AO n'est pas dévié) et que A'B' est perpendiculaire à l'axe.

♦ remarque : toute cette reconstruction n'est valable avec précision que dans les conditions de Gauss.

- Comme pour les lentilles convergentes, on définit le "grandissement" de l'image par la relation :  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ .

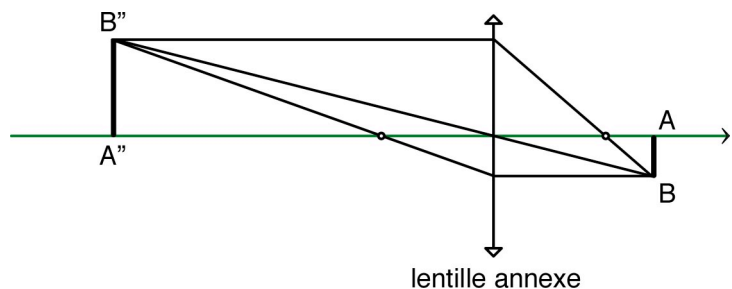
On montre alors d'une façon générale les deux relations algébriques suivantes (relations de conjugaison), donnant la position A' et le grandissement  $\gamma$  de l'image :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \quad (= -\frac{1}{\overline{OF}}) \quad \text{et} \quad \gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}.$$

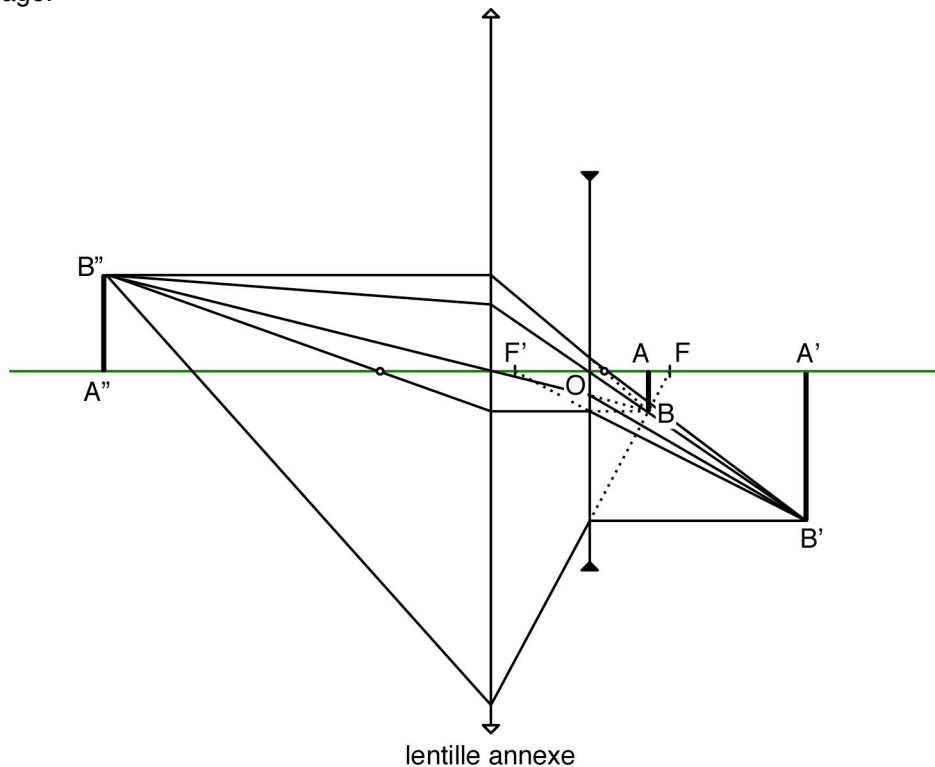
Ces relations (algébriques) de conjugaison sont les mêmes que pour une lentille convergente (avec ici une vergence négative), mais elles sont plus difficile à démontrer.

- Les mesures peuvent être effectuées à l'aide d'une lentille annexe permettant de former une image (assez proche) utilisée comme objet virtuel.

Derrière un objet lumineux, on place une lentille annexe et un écran de telle façon qu'il se forme une image sur l'écran. Dans ces conditions, on repère expérimentalement la distance lentille-écran et la taille de l'image AB (repérage de la position et de la taille de l'objet virtuel).



On enlève alors l'écran et on place la lentille étudiée derrière la lentille annexe, de façon que l'objet virtuel AB soit entre O et F. On ajoute enfin l'écran derrière la lentille étudiée, puis on ajuste la position de celui-ci pour obtenir une image.



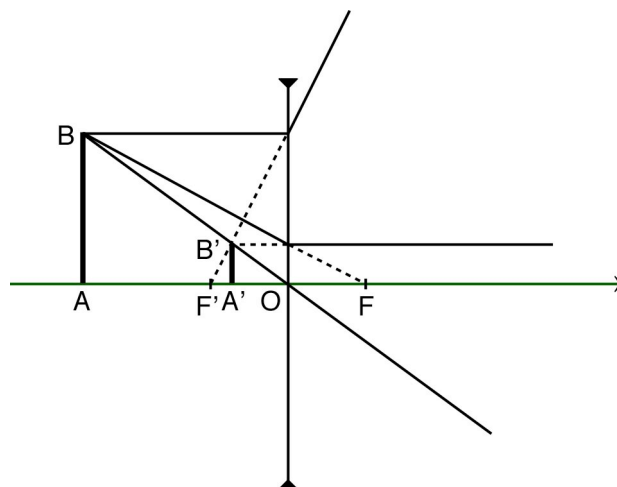
Dans ces conditions, la lentille étudiée donne sur l'écran une image  $A'B'$  de l'objet virtuel AB (image réelle initiale utilisée comme objet virtuel). Connaissant la position et la taille de AB, il suffit de mesurer la position et la taille de  $A'B'$  pour comparer aux relations de conjugaison.

- Réaliser au moins deux mesures de ce type (et plus si possible) ; noter à chaque fois les grandeurs :  $\overline{OA}$ ,  $\overline{OA'}$ ,  $\overline{AB}$  et  $\overline{A'B'}$  ; vérifier qu'elles sont bien en accord avec les relations de conjugaison.

## 2.2. Image virtuelle d'un objet réel

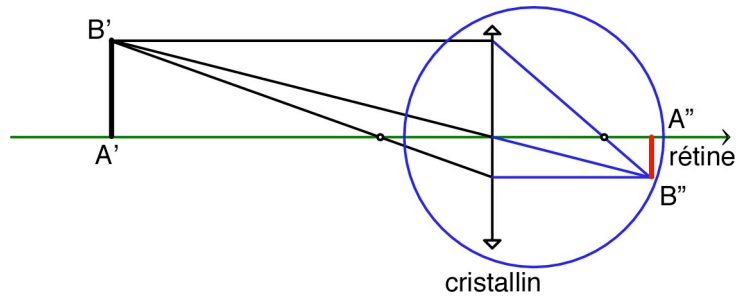
• Dans les cas où l'objet AB est réel, l'image est alors toujours virtuelle et rétrécie. Il est alors impossible de placer un écran pour y former  $A'B'$  (puisque cette image est virtuelle, c'est-à-dire du côté objet) ; par contre, on peut l'observer facilement en plaçant l'œil derrière la lentille.

• Les rayons passant respectivement par O,  $F'$  (virtuellement) et F (virtuellement) permettent de reconstruire l'image virtuelle  $A'B'$ . L'objet et l'image sont liés par les mêmes relations (algébriques) de conjugaison.



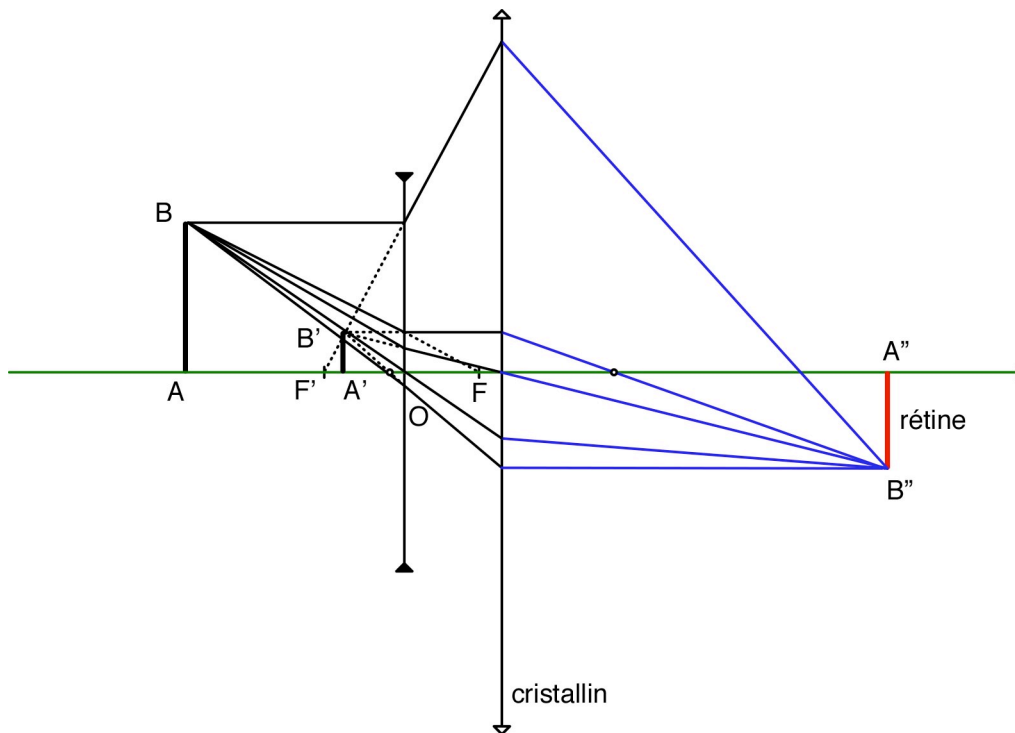
- Les mesures peuvent être effectuées à l'aide d'un "œil artificiel" : puisqu'on peut observer l'image virtuelle en plaçant l'œil derrière la lentille, il suffit de reconstruire un dispositif réalisant la même opération.

Derrière un objet lumineux, on place une lentille annexe (cristallin) et un écran (rétine) de telle façon qu'il se forme une image sur l'écran.



◊ remarque : l'objet qu'on veut observer avec l'œil artificiel est l'image virtuelle rétrécie donnée par la lentille divergente ; il faut régler l'œil artificiel tel que l'image de l'image soit plutôt plus grande.

- Placer l'œil artificiel derrière la lentille étudiée (divergente) et l'ajuster pour qu'il "voie" l'image artificielle sur l'écran-rétine, puis le "verrouiller" sur le banc d'optique.



Ainsi, l'œil donne sur l'écran (rétine) une image A''B'' de l'image virtuelle A'B' (utilisée comme objet observé par l'œil). Repérer la position O de la lentille (divergente) et la taille de l'image A''B'' sur la rétine.

Enlever la lentille (divergente), puis avancer l'objet AB (la source) jusqu'à ce que l'œil le voie nettement sur la rétine. Puisque l'œil n'a pas été modifié, l'objet se trouve maintenant à une position A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> qui est la même que celle où était l'image A'B' avant qu'on enlève la lentille (divergente) ; repérer cette position.

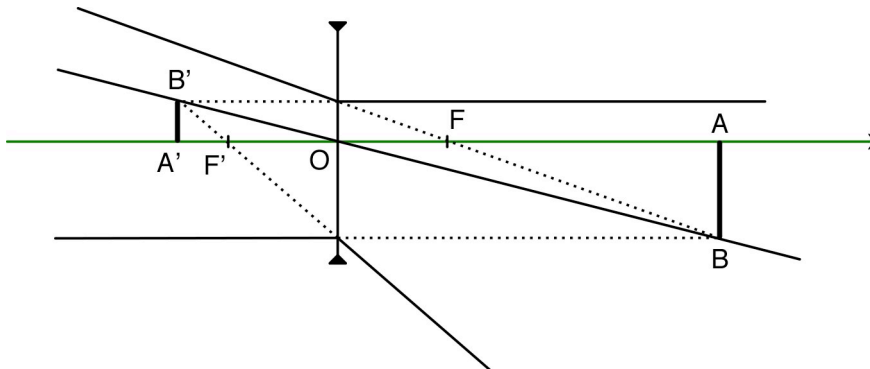
En comparant la taille de l'objet et celle de son image A''<sub>2</sub>B''<sub>2</sub> sur la rétine (avec la nouvelle position de l'objet), mesurer le rapport de grandissement de l'œil :  $\gamma = \frac{\overline{A''_2 B''_2}}{\overline{A_2 B_2}}$ . Connaissant ce rapport (non modifié), en déduire quelle était la taille de l'image A'B' donnée par la lentille divergente étudiée :  $\gamma = \frac{\overline{A'' B''}}{\overline{A' B'}}$ .

- Réaliser au moins deux mesure de ce type (et plus si possible) ; noter à chaque fois les grandeurs :  $\overline{OA}$ ,  $\overline{OA'}$ ,  $\overline{AB}$  et  $\overline{A'B'}$  ; vérifier qu'elles sont bien en accord avec les relations de conjugaison.

◊ variante : pour repérer et mesurer l'image A'B', on peut aussi utiliser un "viseur à frontale fixe" gradué.

### 2.3. Image virtuelle d'un objet virtuel

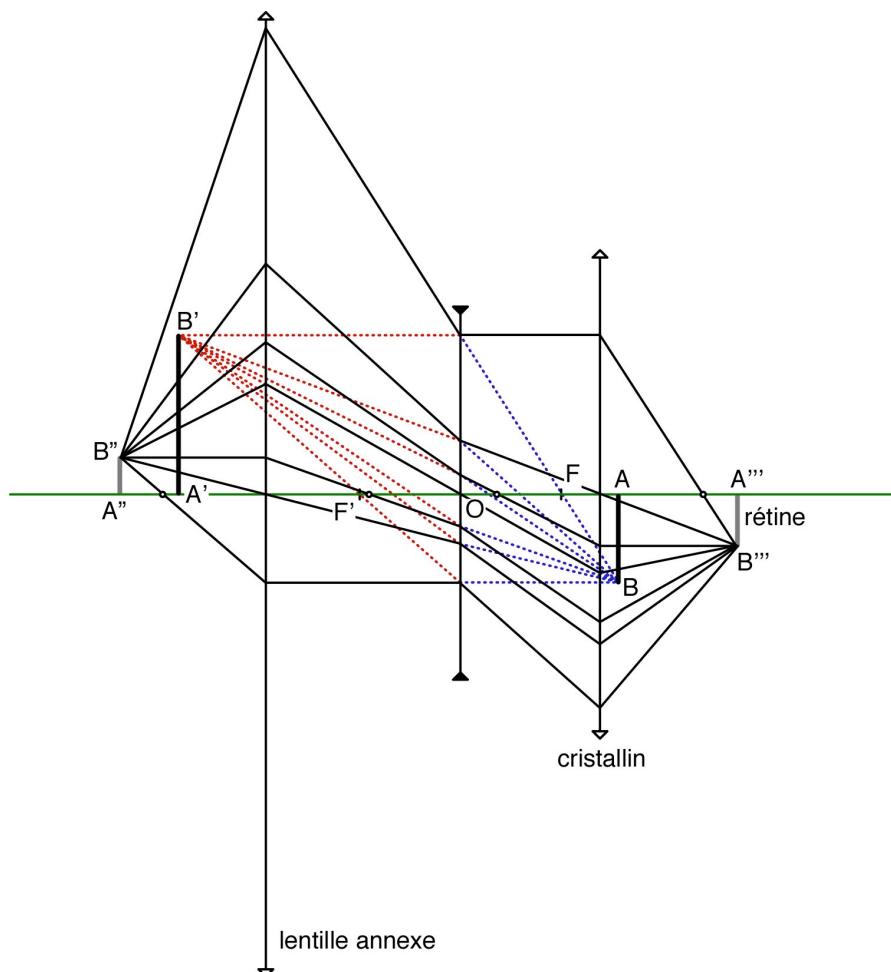
- Dans les cas où l'objet est virtuel et situé au delà du foyer objet (du côté image), alors l'image est elle aussi virtuelle :



- Le tracé des rayons passant respectivement par O, F (virtuellement) et  $F'$  (virtuellement) permet de même dans ce cas de reconstruire l'image virtuelle  $A'B'$ .

Les positions et grandeurs des objets et images sont liées par les mêmes relations (algébriques) de conjugaison, mais elles sont plus difficile à démontrer et à vérifier par les mesures.

- Préparer un objet virtuel : derrière un objet lumineux, on place une lentille annexe et un écran de telle façon qu'il s'y forme une image AB (qui sera réutilisée comme objet virtuel). Enlever alors l'écran et placer la lentille étudiée derrière la lentille annexe. Ajouter enfin un œil artificiel derrière la lentille étudiée et on ajuste son réglage pour obtenir une image nette sur sa rétine :



Dans ces conditions, la lentille-cristallin donne sur l'écran-rétine une image  $A''B''$  de l'objet réel  $A'B'$  (image virtuelle donnée par la lentille étudiée, utilisée comme objet réel). Connaissant la position et la taille de  $AB$  (objet virtuel), il suffit de mesurer la position et la taille de  $A''B''$  pour en déduire celles de  $A'B'$  et comparer aux relations de conjugaison.

♦ remarque : ce montage est assez difficile, principalement à cause du cumul des défauts des trois lentilles et à cause de la grande longueur de banc d'optique nécessaire.

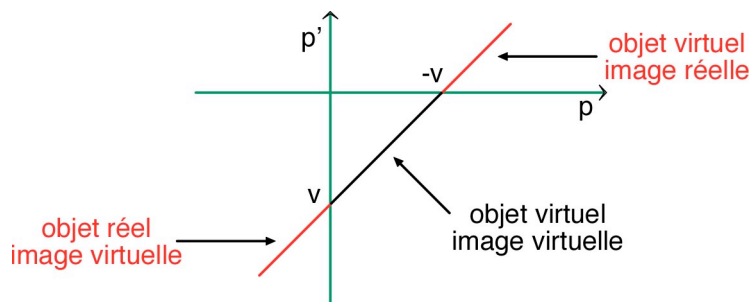
♦ remarque : pour une même distance de l'objet virtuel et de l'œil artificiel, il existe deux positions (symétriques) de la lentille étudiée donnant une image sur l'écran-rétine ; celle indiquée ci dessus correspond à une image virtuelle rétrécie (par rapport à l'objet virtuel) ; on peut obtenir symétriquement une image agrandie.

• Réaliser au moins une mesure de ce type (et si possible plusieurs) ; noter à chaque fois les grandeurs :  $\overline{OA}$ ,  $\overline{OA'}$ ,  $\overline{AB}$  et  $\overline{A'B'}$  ; vérifier qu'elles sont bien en accord avec les relations de conjugaison.

## 2.4. Graphiques récapitulatifs

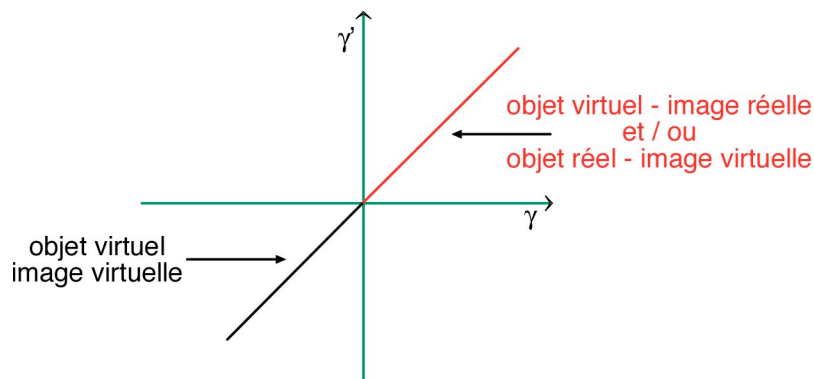
• Pour visualiser la relation de conjugaison sur les positions respectives des objets et des images, on peut représenter :  $p' = \frac{1}{\overline{OA'}}$  en fonction de :  $p = \frac{1}{\overline{OA}}$ .

D'après la définition de la vergence :  $v = \frac{1}{\overline{OF'}} = -\frac{1}{\overline{OF}}$ , la première relation de conjugaison correspond à la droite d'équation :  $p' = p + v$  (avec ici  $v < 0$ ).



• Pour visualiser la relation sur les grandissements des images par rapport aux objets, on peut représenter :  $\gamma' = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$  en fonction de :  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$  (définition du grandissement).

La seconde relation de conjugaison correspond à la droite d'équation :  $\gamma' = \gamma$ .



## LENTILLE MINCE DIVERGENTE - TP

### Matériel

Pour chaque groupe (10 groupes)

1 banc d'optique avec accessoires  
1 lampe de poche

### Au bureau

lentilles convergentes et divergentes de focales diverses  
mètre ruban