

# Focométrie

*L'objectif de ce TP est double. Ayant comme fil directeur la mesure de distances focales de lentilles et de miroirs, vous allez être amené(e) d'une part à régler et à manipuler différents systèmes optiques et d'autre part à réaliser des mesures pour les exploiter numériquement.*

.....

## Préliminaires

### 1°) Principe

Tout au long de ce TP, vous allez employer diverses méthodes pour mesurer aussi précisément que possible la distance focale de lentilles convergente et divergente.

→ Choisissez deux lentilles (une convergente et une divergente) et deux miroirs (de nature là-aussi différente) de distances focales  $f'$  telles que  $|f'| \leq 20$  cm. Ces deux lentilles et deux miroirs seront ceux que vous utiliserez jusqu'à la fin du TP, il est donc important de pouvoir (et de savoir) les distinguer des autres.

☞ *Remarques.*

- les valeurs indiquées sur les lentilles et les miroirs sont indicatives et ne sauraient en aucun cas être considérées comme valeurs « théoriques » ;
- les indications sur les lentilles et les miroirs sont soit la vergence (exprimée en dioptries) soit la distance focale (exprimée en mm). L'unité utilisée n'étant pas systématiquement présente, un peu de bon sens permettra de distinguer les unes des autres.

### 2°) Présupposé

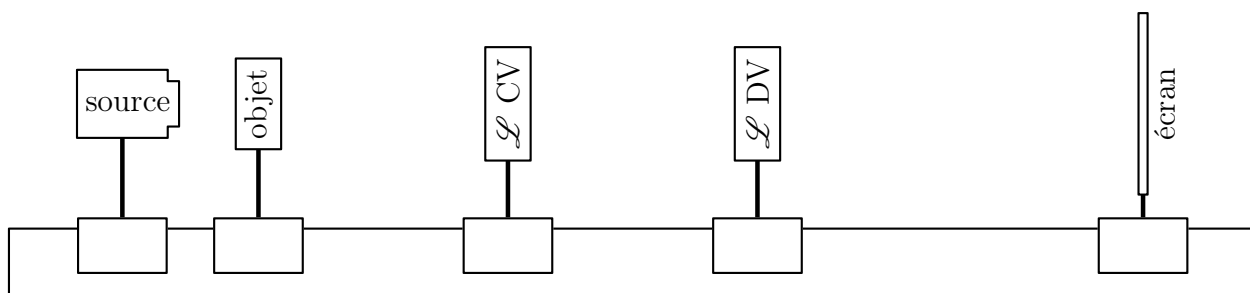
Le TP qui suit est un TP de mesures de distances (focales en l'occurrence), il est donc **nécessaire** (mais pas suffisant) de :

- savoir réaliser un bon objet ;
- savoir régler une lunette de visée ;
- savoir régler et utiliser un collimateur ;
- savoir régler et utiliser un viseur à frontale fixe (VFF).

## I) Petits défis

Avant de commencer la mesure proprement dite de distances focales, vous allez commencer par relever quelques défis.

- Faites l'image de votre visage sur un écran.
- Faites l'image d'une diapositive (fournie par le professeur) de 10 cm dans sa longueur avec une lentille convergente de  $+5 \delta$  puis avec une autre lentille convergente de  $+10 \delta$ .
- Projetez sur un écran une image de grandissement final  $\gamma = +2$  puis  $\gamma = -2$  avec (dans cet ordre), une lentille convergente  $+5 \delta$  puis une lentille divergente  $-6 \delta$ .



- Estimez la profondeur de champ d'une lentille convergente de vergence  $+5 \delta$  dans le cas d'un grandissement  $\gamma = -3$ .

## II) Mesure directe

### 1°) Le principe est simple

Comme, par définition, l'image d'un objet à l'infini est situé dans le plan focal image, il suffit de réaliser un objet  $A$  à l'infini, d'en faire son image  $A'$  et de mesurer la distance lentille – image.

### 2°) Version autocollimation

#### i. lentille convergente

- Rappelez **très succinctement** le protocole d'autocollimation.
- Réglez la lentille choisie par autocollimation.
- Mesurez la distance focale  $f'$  de la lentille convergente choisie à l'aide des graduations du banc puis estimez **rapidement** l'incertitude.
- Appelez le professeur pour discuter des résultats.
- La lentille étant toujours réglée, mesurez la distance focale à l'aide d'un viseur à frontale fixe.
- Estimez les incertitudes et commentez à la lumière des résultats précédents.

#### ii. lentille divergente

- En vous aidant de la lentille convergente toujours réglée en autocollimation, mesurez, en expliquant votre protocole, la distance focale de la lentille divergente choisie.
- Discutez (notamment en terme d'incertitude).

#### iii. miroir

- Adaptez **rapidement** la méthode d'autocollimation à la mesure de distance focale des miroirs convergents et divergents.
- ☞ *Remarque.* Cette expérience ne doit **pas** prendre plus de 15 minutes (ce qui serait déjà fort long). N'hésitez pas à appeler le professeur.

## III) Focométrie de lentilles

### 1°) Méthode de BESSEL

#### i. Principe

Lorsque objet et écran sont séparés par une distance supérieure à  $4f'$ , il existe deux positions pour une lentille convergente permettant de former l'image de l'objet sur l'écran.

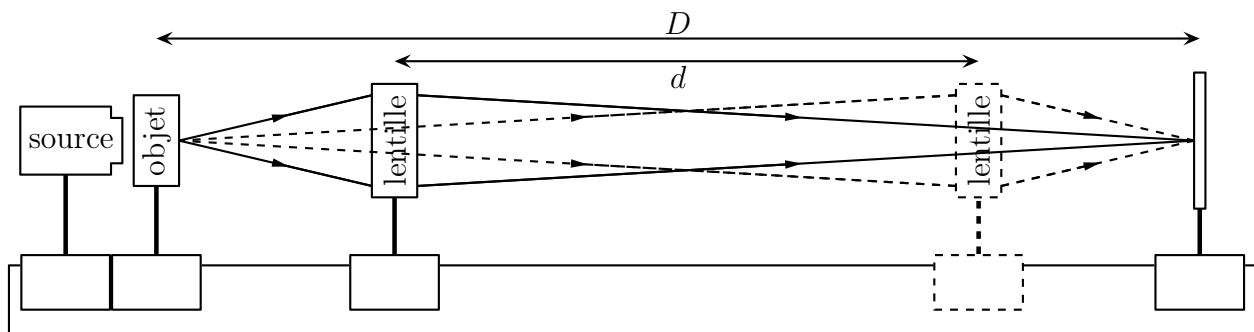
Pour s'en convaincre, en notant  $x = \overline{OA}$  et  $y = \overline{OA'}$ , la condition  $\overline{AA'} = D$  s'écrit

$$y - x = D \quad \rightsquigarrow \quad y = x + D$$

Autrement dit, dans les graphiques (fournis en annexe), chercher les positions  $x$  telles que objet et images soient séparés de  $D$  revient à tracer la droite d'équation  $y = x + D$  et à en chercher les intersections avec la courbe  $y = f(x)$  correspondant à la relation de conjugaison.

Nous constatons alors qu'il n'y a de solution (*i.e.* d'intersection) que pour  $D \geq 4f'$  et uniquement pour les lentilles convergentes.

Sur le schéma ci-dessous, les traits pleins correspondent à la 1<sup>re</sup> position de la lentille qui donne une image nette sur l'écran et les tirets correspondent à la 2<sup>e</sup> position de la lentille qui donne une image nette sur l'écran.



En notant  $D$  la distance objet – écran et  $d$  l'écart entre les deux positions de la lentille, on a

$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}. \quad (*)$$


**Afin d'augmenter la vitesse des mesures et au détriment de la précision, vous ferez les mesures sans VFF mais directement avec les graduations du support.**

## ii. régression linéaire

### une mesure

- Positionnez objet et écran de telle sorte que leur distance soit nettement supérieure à  $4f'_{CV}$ .
- Placez la lentille convergente entre objet et écran et cherchez la position telle que l'image soit nette sur l'écran.
- Repérez la position de la lentille à l'aide des graduations sur le banc.
- Déplacez la lentille sur l'autre position telle que l'image soit nette sur l'écran (cette position est symétrique de la première par rapport au milieu de l'objet / écran).
- Repérez la position de la lentille à l'aide des graduations sur le banc d'optique correspondant au même repère que ci-dessus. En déduire  $d$ .
- Repérez les positions de l'écran et de l'objet.
- Calculez  $D$  et  $f'$ .
- Évaluez **très rapidement** l'incertitude sur le résultat.

### une série de mesures

- Refaites des séries de mesure en faisant varier  $D$ .
- En déduire avec la méthode de votre choix (moyenne ou régression linéaire) la valeur de  $f'$  et son incertitude.

**Version aquatique**

- Lorsque la place est libre, allez mesurer avec la méthode de BESSEL la distance focale d'une lentille plongée dans l'eau.
- Interprétez le résultat obtenu sachant que la vergence d'une lentille est proportionnelle

$$V \propto n_{\text{milieu extérieur}} - n_{\text{matériau}}$$

**2°) Exploitation de la relation de conjugaison**

- Pour une lentille DV, faites quelques mesures de position d'image, de lentille et d'objet dans tous les cas possibles d'objet et d'images réels ou virtuels (rappelons qu'il y a 3 cas possibles).
- Déterminez à chaque fois la distance focale en précisant l'incertitude sur les mesures et sur le calcul.
- **Si et seulement si** vous avez le temps **après** les mesures sur les miroirs, faites de même pour la lentille convergente.

**IV) Focométrie de miroirs****1°) Miroir convergent**

- Comment est-il possible de mesurer la distance focale d'un miroir convergent en se basant sur la relation de conjugaison ? En particulier qu'est-ce que cela impose sur la nature réelle ou virtuelle de l'objet et de l'image ?
- Pour tous les cas possibles prévus ci-dessus, faites au moins une mesure de distance focale du miroir convergent.

**2°) Miroir divergent**

- Est-il possible de faire de même pour un miroir divergent ? Si oui, faites-le, sinon expliquez pourquoi.

**3°) Miroir et lentille accolés****i. préliminaire**

Le lecteur montrera en guise d'exercice qu'un miroir de vergence  $V_m$  et une lentille de vergence  $V_\ell$  **accolés** sont équivalents à un miroir de vergence

$$V_{\text{éq}} = V_m - 2V_\ell$$

**ii. de nouvelles mesures**

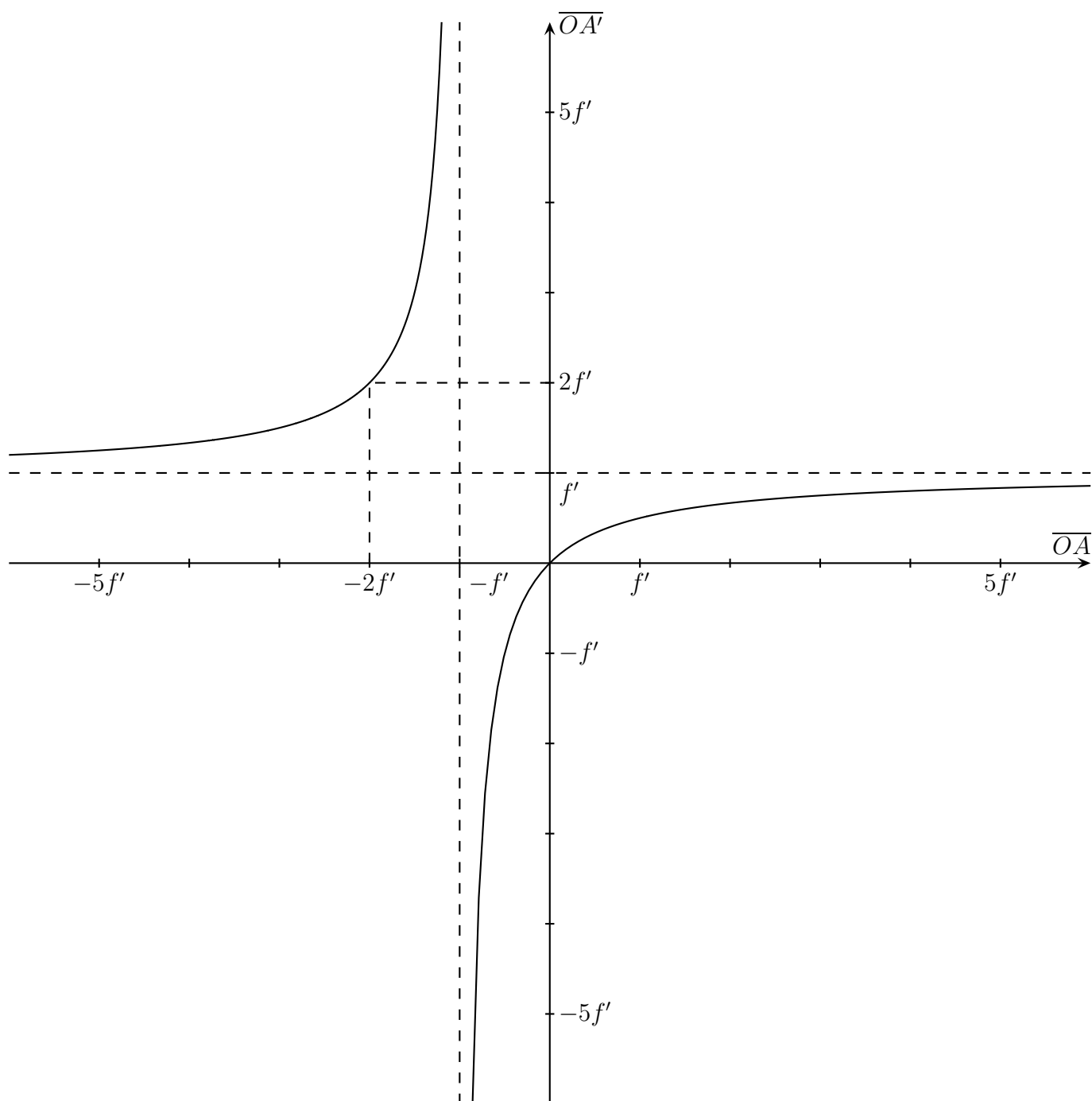
- Accolez une lentille **de vergence précisément connue** à un miroir (le divergent puis le convergent) et faites de nouvelles mesures.
- Les résultats obtenus sont-ils concordants ? Dans quelle mesure ?

## Annexe

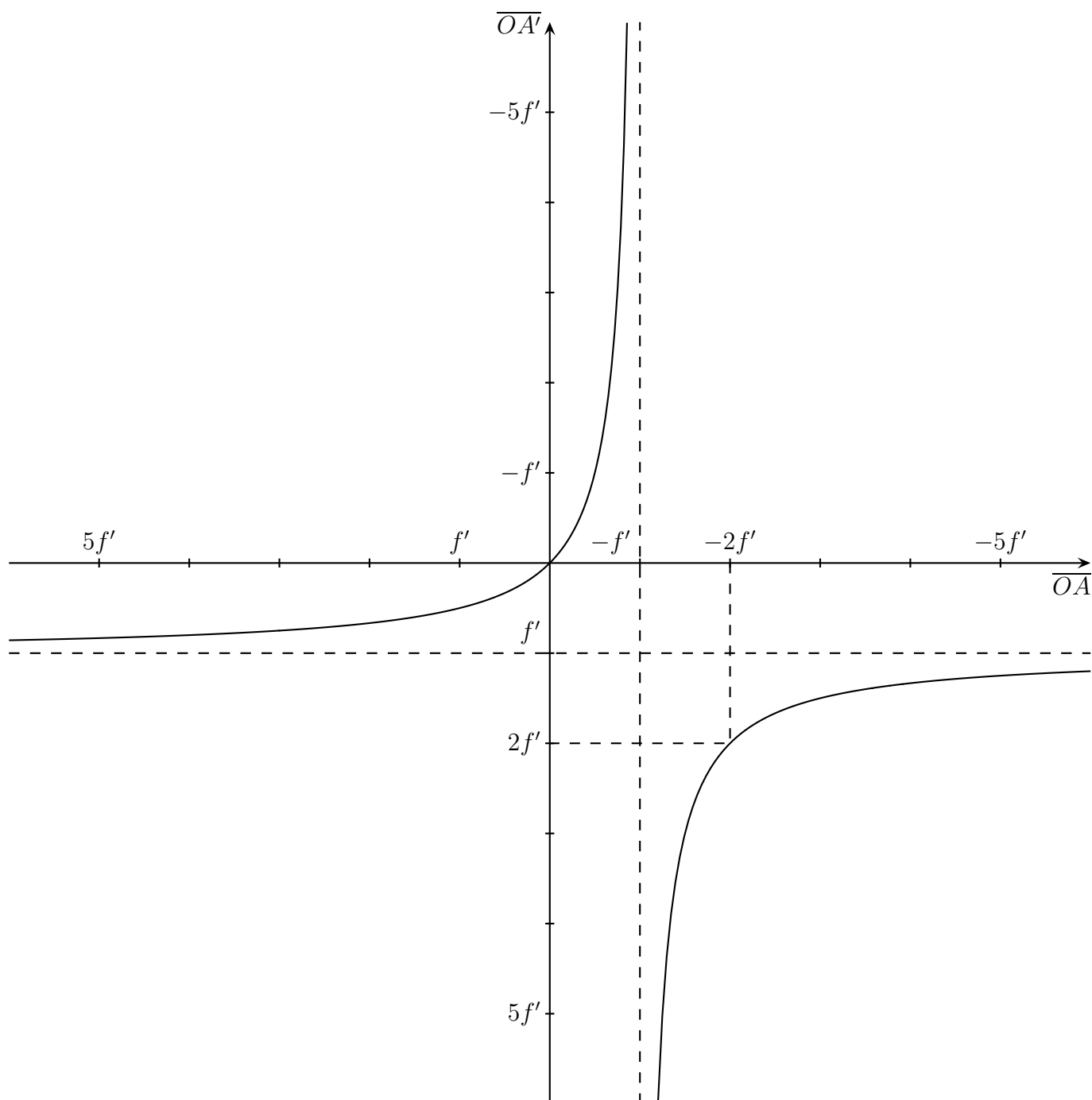
Avec les notations usuelles, rappelons que la relation de conjugaison s'écrit  $-\frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$  et que le grandissement  $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$  vaut  $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ .

Avec l'algébrisation prise dans le sens d'arrivée de la lumière nous avons  $\overline{OF'} = f'$ .  
Les hyperboles de conjugaison sont rappelées ci-dessous.

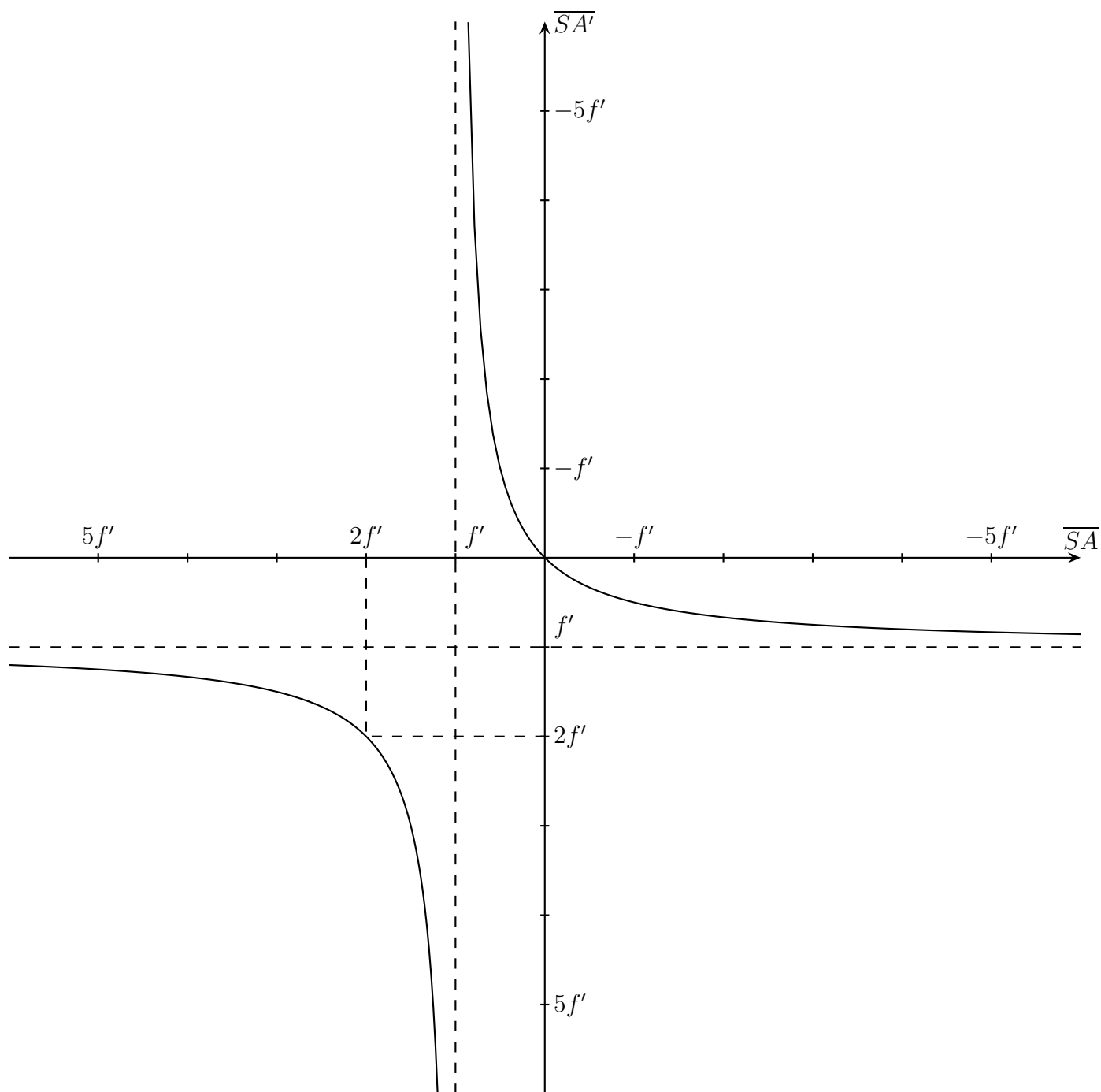
### Lentille convergente



# Lentille divergente



# Miroir concave



# Miroir convexe

