

Compte rendu de TP P02

Compte rendu de TP de Marc Brunet. TP réalisé le 7/10/24 avec Julien Caine et Noé Ferrand et remis le 14/10/24.

Compétences :

- S'approprier :
 - Analyser/Raisonner :
 - Réaliser :
 - Valider :
 - Communiquer :
-

BUT

On souhaite tester la relation de conjugaison des lentilles minces et en déduire une méthode pour déterminer la distance focale $f' = \overline{OF'}$ ou bien la vergence $C = \frac{1}{f'}$ d'une lentille mince convergente.

Moyens

Pour ce faire, on dispose de :

- 1 banc d'optique gradué
- 1 lanterne avec condenseur et porte-objet
- 1 coffret avec lentilles, miroirs et diaphragmes
- 1 cavalier porte-lentille
- 1 cavalier porte-écran et son écran
- 1 chiffon d'essuyage microfibre
- 1 lampe de bureau + filtre rouge
- Logiciel tableur-grapheur scientifique *Regressi* + EDI python (*Pyzo*)

On définit une image comme étant nette et une distance comme étant algébrique.

Méthodes

Sur le banc d'optique on place la lanterne dans le coté gradué négativement ; on place l'objet (un P) a la graduation 0 et on place la lentille et l'écran à différentes valeurs.

Protocole pour obtenir les valeurs :

- On place l'objet sur le point 0 du banc.
- On place la lentille sur un point du banc que l'on relève le point doit être supérieur à la distance focale.
- On place l'écran de manière à trouver une image.

Ce qui est observé, c'est la distance lentille-image, la distance objet lentille et le grandissement entre la lentille et l'écran.

Protocole pour obtenir la distance focale à partir de \overline{OA} la distance lentille-objet et \overline{OC} la distance lentille-image.

- Prendre des mesures pour lesquelles on obtient une image nette.
- Remplir un fichier CSV avec ces valeurs avec les lignes d'en-tête

- Démarrer ce code python :

```
from matplotlib.pyplot import *
import csv
def LectureCSV():
    file_path = input("Quel est le nom du fichier de pointage (sans l'extension .csv)? : ") + ".csv"
    donnée_csv = {}
    with open(file_path, newline='', encoding='ISO-8859-1') as csvfile:
        csvreader = csv.reader(csvfile, delimiter=';')
        rows = list(csvreader)
        header_index = 0
        for i, row in enumerate(rows):
            try:
                [float(value.replace(',', '.')) for value in row]
            except ValueError:
                header_index = i
                break
        headers = rows[header_index]
        data_columns = list(zip(*rows[header_index + 2:]))
        for header, column in zip(headers, data_columns):
            donnée_csv[header] = [float(value.replace(',', '.')) for value in column]
        return donnée_csv

donnee = LectureCSV()
clé = donnee.keys()
print('quelle est le nom de la variable des abscisses dans le fichier CSV (parmis'', clé, ' ) ? ')
objet = donnee[input()]
print('quelle est le nom de la variable des ordonnées dans le fichier CSV (parmis'', clé, ' ) ? ')
image = donnee[input()]
fig, ax = subplots(num="construction de Bouasse", nrows=1, ncols=1, figsize=(12,6))
grid(visible=True, which='major', color='b', linestyle='--')
grid(visible=True, which='minor', color='g', linestyle='--')
ax.axis("equal")
minorticks_on()
title('construction de Bouasse')
xlabel(r'$\overline{OA}$ en m')
ylabel(r"$\overline{OA'}$ en m")
for i in range(0, len(objet), 1):
    axline((objet[i], 0), (0, image[i]), linewidth=1, color='r')
show()
```

Avec ce code on obtient une figure avec de nombreux point concourant en un seul point de coordonnée : $(\overline{OF} ; \overline{OF'})$

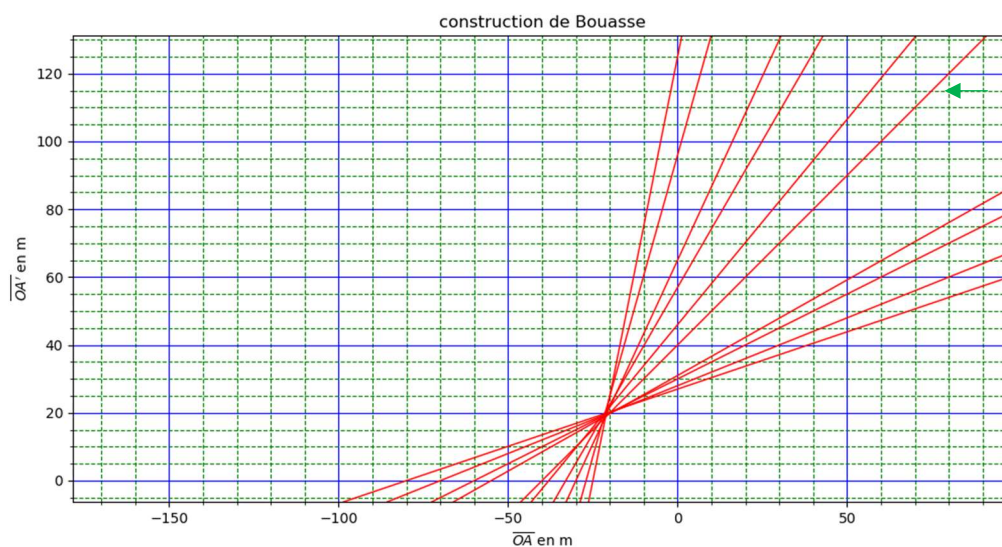
Observation

Relation de conjugaison de Descartes :

OA	OC	x	y			
cm	cm		cm^{-1}			
-25	125	-0,04	0,008			
-27	96	-0,03703704	0,01041667			
-30	65	-0,03333333	0,01538462			
-33	57	-0,03030303	0,01754386			
-38	46	-0,02631579	0,02173913			
-40	40	-0,025	0,025			
-55	31	-0,01818182	0,03225806			
-60	30	-0,01666667	0,03333333			
-70	28	-0,01428571	0,03571429			
-80	27	-0,0125	0,03703704			

On obtient ces résultats avec 10 positions de la lentille et de l'écran pour obtenir une image.

Construction de Bouasse



On voit que toutes les droites se croisent en un point de coordonnées (-20 ;20)

Méthode de Bessel

On observe que pour une position de l'écran on peut placer la lentille a deux endroits différents si la distance objet-écran D est supérieur à $4f'$. On appelle \overline{OB} la distance objet-deuxième position de la lentille. On a :

OA	OC	OB
cm	cm	cm
-25,0	125,0	-126
-27,0	96,00	-98,0
-30,0	65,00	-67,0
-33,0	57,00	-60,0
-38,0	46,00	-53,0
-40,0	40,00	-44,0
-55,0	31,00	-53,0
-60,0	30,00	-33,0
-70,0	28,00	-29,0
-80,0	27,00	-27,0

Interprétation

La relation de conjugaison de Descartes

$$\frac{1}{\overline{OC}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + C$$

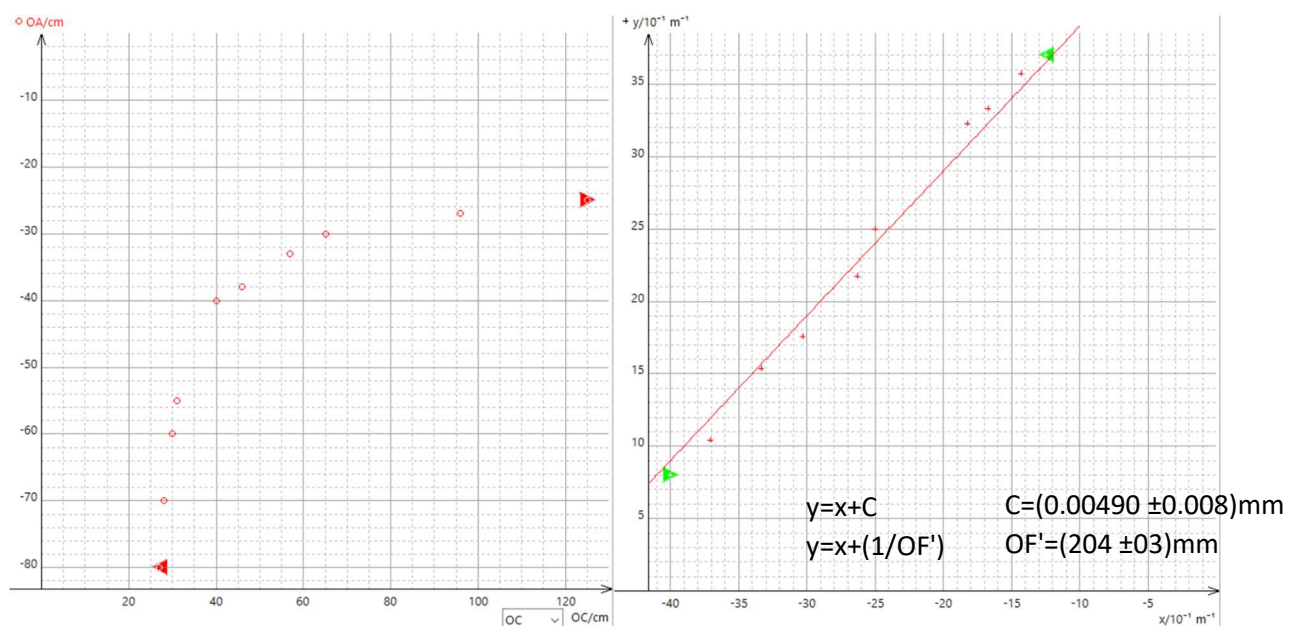
Avec \overline{OC} la distance lentille-image

Avec \overline{OA} la distance lentille-objet

Avec $\overline{OF'}$ la distance focale de la lentille

Avec C la vergence de la lentille

Si on trace le graphe de OA en fonction de OC et de y en fonction de x on obtient :



On voit que la distance focale de la lentille est de $204 \pm 3 \text{ mm}$ (en théorie 200 mm) et que la vergence est de 4 m^{-1} .

La construction de Bouasse

Par lecture graphique, on voit que le point d'intersection de toutes les droites est P (-20 ; 20) On en déduit que la distance focale est de 20 cm .

Si on prend la droite désignée par une flèche verte, on voit que son coefficient directeur est de 1, ce qui correspond bien à la réalité.

La méthode de Bessel

Si on effectue le calcul avec toutes les données pour la méthode de Bessel avec la formule :

$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$

Où :

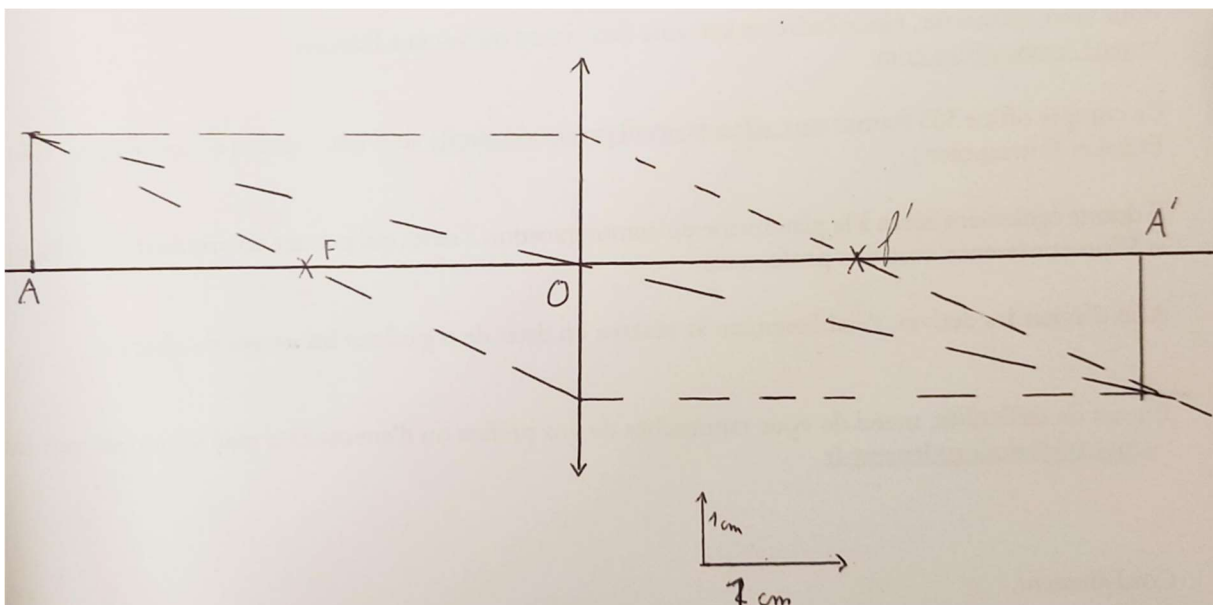
- D désigne la distance objet-écran et d la distance entre les deux positions de la lentille.
- d désigne la distance entre les deux positions de la lentille.
- f' désigne la distance focale de la lentille.

OC	OA	OB	D	d	f
cm	cm	cm	cm	cm	cm
27,00	-80,0	-27,0	107,0	53,00	20,19
28,00	-70,0	-29,0	98,00	41,00	20,21
30,00	-60,0	-33,0	90,00	27,00	20,48
31,00	-55,0	-53,0	86,00	2,000	21,49
40,00	-40,0	-44,0	80,00	4,000	19,95
46,00	-38,0	-53,0	84,00	15,00	20,33
57,00	-33,0	-60,0	90,00	27,00	20,48
65,00	-30,0	-67,0	95,00	37,00	20,15
96,00	-27,0	-98,0	123,0	71,00	20,50
125,0	-25,0	-126	150,0	101,0	20,50

On a des distances focales qui varient mais on voit qu'elles s'approchent de 200 mm , ce qui est censé être la distance focale théorique de la lentille.

Lorsque $D = 80 \text{ cm}$ alors il n'y a plus qu'une seule position de la lentille à savoir à 40 cm on obtient alors une distance focale de 200 mm .

Schéma de la situation optique où il n'y a qu'une seule position de la lentille possible.



Démonstration de la méthode de Bessel :

On a

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{f'} \quad (\text{relation de conjugaison de Descartes})$$

La distance objet écran D est $\overline{AA'}$ on pose $a = \overline{OA}$ et $b = \overline{OA'}$

Donc on a

$$\frac{1}{b} - \frac{1}{a} = \frac{1}{f'} \Leftrightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{a} \Leftrightarrow b = \frac{f' a}{f' + a}$$

Et

$$D = \overline{AA'} = \overline{OA'} - \overline{OA} \Rightarrow b = D + a$$

Lorsque l'on combine les deux équations on a :

$$D + a = \frac{f' a}{f' + a}$$

$$(D + a)(f' + a) = f' a$$

$$Df' + Da + af' + a^2 - f' a = 0$$

$$a^2 + Da + Df' = 0$$

L'équation n'a de solution que si $D > 4f'$

$$\Delta = D^2 - 4.f'.D = D.(D - 4.f') \geq 0$$

Les solutions sont donc

$$x_{\pm} = \frac{-D \pm \sqrt{D^2 - 4.f'.D}}{2}$$

Soit d la distance entre les deux positions de la lentille, $d = |x_+ - x_-|$

$$|x_+ - x_-| = \sqrt{D^2 - 4.f'.D}$$

Donc si on élève au carré on a

$$d^2 = D^2 - 4f' D$$

$$4f' D = D^2 - d^2$$

$$f' = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$

Il y a donc un lien entre la relation de conjugaison de Descartes et la méthode de Bessel si la distance lentille écran est supérieure à 4 fois la distance focale.

Validation

Les observations ont permis la validation des différentes lois. On voit néanmoins que les mesures ont un défaut car les modèles ne sont pas parfaits. On peut aussi mettre en cause la justesse des instruments. Les lois permettent de savoir où il faut placer la lentille pour avoir une image nette et la construction de Bouasse permet de connaître le grandissement de l'image.

Conclusion

Grace aux différentes lois testées, nous savons déterminer la distance focale et la vergence d'une lentille (relation de conjugaison), nous pouvons déterminer la distance focale grâce et le grandissement grâce à la construction de Bouasse et nous pouvons utiliser la méthode de Bessel pour déterminer la distance focale d'une lentille ou savoir où on peut placer la lentille selon si on veut grandir ou rétrécir l'image pour un même écartement objet écran.