

# Thème I. Ondes et signaux (Optique géométrique)

## TP n°2 Focométrie : Mesure de distances focales

Vendredi 13 septembre 2024

### Compétences exigibles du programme :

- ✓ Estimer l'ordre de grandeur d'une distance focale.
- ✓ Mesurer une longueur sur un banc d'optique.
- ✓ Mesures et incertitudes :
  - ✓ Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une approche statistique (évaluation de type A).
  - ✓ Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une autre approche que statistique (évaluation de type B).
  - ✓ Évaluer l'incertitude-type d'une grandeur s'exprimant en fonction d'autres grandeurs, dont les incertitudes-types sont connues, à l'aide d'une somme, d'une différence, d'un produit ou d'un quotient.
  - ✓ Capacité numérique : simuler, à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur, un processus aléatoire permettant de caractériser la variabilité de la valeur d'une grandeur composée.

Matériel : source de lumière et un objet (lettre F), lentille mince convergente, écran, miroir plan, banc d'optique.

Animations : Utiliser l'animation sur le site de l'université de Nantes de Geneviève Tulloue : [http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve\\_tulloue/optiqueGeo/focometrie/autocollimation.php](http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/optiqueGeo/focometrie/autocollimation.php)

### Objectif

- 🌀 L'objectif de ce TP est de mesurer la distance focale d'une lentille mince convergente en utilisant la méthode d'autocollimation.

## I Méthode d'autocollimation

### Méthode d'autocollimation

À quoi sert-elle ? La technique de l'autocollimation permet de **placer un objet dans le plan focal objet d'une lentille convergente**, ce qui a deux utilités principales :

- Mesurer la distance focale d'une lentille convergente.
- Créer un objet à l'infini (l'objet à l'infini créé étant l'image de l'objet situé dans le plan focal objet de la lentille).

Comment la mettre en œuvre ?

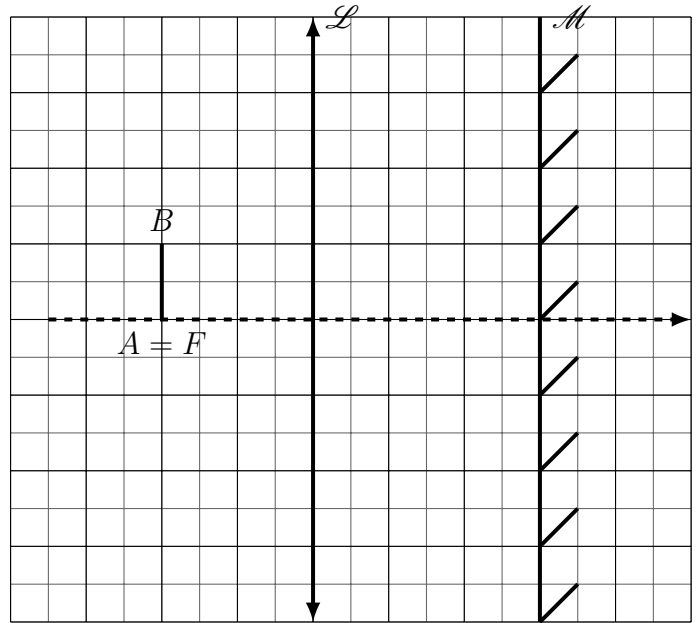
1. Disposer, dans l'ordre, sur un banc d'optique les éléments suivants :
  - Lampe+objet
  - Lentille convergente  $\mathcal{L}$
  - Miroir plan  $\mathcal{M}$
2. Déplacer la lentille par rapport à l'objet jusqu'à **observer l'image de l'objet dans le même plan que l'objet**, de même taille et renversée.  
L'objet est alors dans le plan focal objet de la lentille convergente, autrement dit la distance qui sépare l'objet de la lentille est la distance focale.

**Justification de la méthode :**

Lorsque l'objet réel  $AB$  est dans le plan focal objet de la lentille ( $\mathcal{L}$ ) :

- Son image  $A_1B_1$  par la lentille est donc .....
- On note  $A_2B_2$  l'image de  $A_1B_1$  par ( $\mathcal{M}$ ) qui se trouve donc .....
- Ainsi l'image  $A'B'$  de  $A_2B_2$  par ( $\mathcal{L}$ ) se trouve dans le ..... de ( $\mathcal{L}$ ).

$$AB \xrightarrow{\mathcal{L}} \dots \xrightarrow{\mathcal{M}} \dots \xrightarrow{\mathcal{L}} \dots$$



**II Mise en œuvre**

**II.1 Une première mesure**

**Expérience**

- ☞ Mettre en œuvre la méthode d'autocollimation et effectuer les mesures nécessaires pour en déduire la valeur de  $f'$ .
- Q1. ☞ Noter vos observations, les mesures effectuées, et la valeur de  $f'$ .

Le résultat de la mesure n'est pas une valeur unique, mais un ensemble de valeurs numériques dont la valeur mesurée est une mesure possible. Nous allons nous intéresser à différentes méthodes d'évaluation de l'incertitude-type sur une telle mesure, qui est une indication de cette dispersion.

**II.2 Série de mesures : évaluation de type A de l'incertitude**

**Expérience**

- ☞ Mettre en œuvre la méthode d'autocollimation au moins 10 fois.

Q2. Noter les mesures dans un tableau du type :

|                              |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|
| position de l'objet (cm)     |  |  |  |  |  |
| position de la lentille (cm) |  |  |  |  |  |


**Récupération du Notebook pré-rempli**




Pour exploiter les mesures, nous allons utiliser un fichier Notebook en python qui est récupérable/utilisable de deux manières :

- 🖥 La première passe par l'ENT et vous permettra d'avoir accès au document hors du lycée, ou sur un ordinateur non équipé de python. Elle est à privilégier.
  - ☞ Saisissez l'URL (ou cliquez directement sur le fichier disponible sur cahier-de-prepa) : <https://capytale2.ac-paris.fr/web/c/7fba-3868193>
  - ☞ Cliquez sur Ma Classe en Région (Auvergne-Rhône-Alpes), et connectez-vous avec vos codes ENT/EduConnect.
  - ☞ Cliquez sur « GO » (il est à droite du code du TP : 7fba-3868193).
- 🖥 La deuxième possibilité passe par Jupyter Notebook :
  - ☞ Dans votre zone personnelle Eleve → prenom.nom → Documents, créez un dossier TP\_physique.
  - ☞ Dans la zone Echange(P:) → pcsi → physique, sélectionnez le fichier TP02\_focometrie\_2024-2025 et copiez-le dans le dossier TP Physique que vous venez de créer.


- ☞ Dans l'onglet recherche de l'ordinateur, tapez Jupyter, et ouvrez Jupyter Notebook (Anaconda3), une page firefox s'ouvre.
- ☞ Cliquez sur Upload, puis sélectionnez, dans votre zone, le fichier TP02\_focometrie\_2024-2025, et enfin cliquez sur téléverser.
- ☞ Cliquez sur ce fichier, un nouvel onglet s'ouvre avec le notebook à compléter.

## Exploitation avec python

Peu importe comment vous avez ouvert le fichier, vous allez l'utiliser de la même façon pour exploiter les mesures.  voir §II du poly « Les incertitudes ».



- ☞  Compléter la cellule des mesures.
- ☞  Réaliser l'histogramme.
- ☞  Exécuter les différentes cellules pour calculer :
  - la valeur moyenne des valeurs de  $f'$
  - l'écart-type de la série de mesures de  $f'$

Q3.  Recopier les valeurs obtenues.

- ☞  Exécuter la cellule pour calculer l'incertitude-type sur la moyenne  $u(\bar{f}')$ .

Q4.  Recopier la valeur obtenue pour l'incertitude-type sur  $f'$ .

## Conclusion

- Q5.  Écrire le résultat de l'expérience.  Voir §I.1 du poly « Les incertitudes » pour l'écriture du résultat.

Par manque de temps, ou parce que l'expérience détruit le système (pensez à un dosage en chimie par exemple), il n'est pas toujours possible d'effectuer de nombreuses mesures comme précédemment.


Nous allons voir ci-après deux façons d'évaluer l'incertitude-type à partir d'une mesure unique.


## II.3 Mesure unique : évaluation de type B


### Expérience

- ☞ Mettre en œuvre la méthode d'autocollimation une fois.





### Expérience : évaluation des demi-largeur

 Voir §III.1 (le début) du poly « Les incertitudes ».

- ☞ Évaluer la demi-largeur de l'intervalle de la position de l'objet où vous êtes raisonnablement qu'il se trouve.
- ☞ Évaluer la demi-largeur de l'intervalle de la position de la lentille où vous êtes raisonnablement certains que la valeur recherchée se trouve.  *Indication : déplacez la lentille légèrement au voisinage de la position où vous estimez que l'image est nette, que constatez-vous ? estimez alors la plage de netteté.*

Q6.  Noter sur votre compte-rendu comment vous avez évalué les demi-largeurs, et leurs valeurs.

## Exploitation avec python

- ☞  Calculer les incertitudes-types sur les deux positions mesurées.  Voir §III.1 (l'encadré) du poly « Les incertitudes ».
- ☞  En déduire l'incertitude-type sur la distance focale.  Voir §III.2 du poly « Les incertitudes ».


- Q7. Recopier les valeurs obtenues.

## Conclusion

- Q8. En déduire le résultat de l'expérience en l'écrivant sous la même forme que précédemment.

## II.4 Mesure unique : utilisation de la simulation Monte-Carlo

Dans le cas qui nous intéresse ici la formule reliant la grandeur recherchée ( $f'$ ) aux grandeurs mesurées (positions de l'objet et de la lentille) est très simple, aussi nous avons pu calculer l'incertitude-type sur  $f'$  très facilement à l'aide de celles sur les mesures. Mais si la formule est plus compliquée, le calcul de l'incertitude-type peut s'avérer très laborieux. Pour palier à cela, nous pouvons utiliser la simulation Monte-Carlo. **L'idée est de simuler un très grand nombre d'expériences** à partir de l'unique effectuée, et ensuite d'effectuer les **calculs statistiques sur les résultats de ce très grand nombre de simulations.**

 Voir §III.3 du poly « Les incertitudes ».

## Mise en œuvre avec python

- Q9. Mettre en œuvre la simulation Monte-Carlo avec le Jupyter Notebook.

- Q9. Recopier les résultats de la simulation : valeur moyenne et écart-type.

## Conclusion

- Q10. En déduire le résultat de l'expérience en l'écrivant sous la même forme que précédemment.

## ♥ Bilan du TP

### ■ Bilan en optique

- La méthode d'\_\_\_\_\_ permet de placer un objet dans le \_\_\_\_\_ d'une lentille mince convergente.
- Pour la mettre en œuvre, il faut, en plus de l'objet et de la lentille convergente, un \_\_\_\_\_
- La méthode d'\_\_\_\_\_ permet de mesurer la \_\_\_\_\_ d'une \_\_\_\_\_.

### ■ Bilan sur les incertitudes

- Le résultat d'une mesure doit comporter le bon nombre de \_\_\_\_\_. Celui-ci est défini par l'\_\_\_\_\_ : il est recommandé de fournir une incertitude-type avec \_\_\_\_\_ chiffres significatifs. La valeur mesurée devra ensuite être arrondie pour que le \_\_\_\_\_
- Il existe deux méthodes pour évaluer une incertitude-type :
  - lorsque l'on dispose d'une série de mesures, un \_\_\_\_\_ donne accès à une évaluation de type \_\_\_\_\_.
  - si on ne dispose que d'\_\_\_\_\_, on détermine l'incertitude-type avec une évaluation de type \_\_\_\_\_.

Pour déterminer des incertitudes composées, on peut mettre en œuvre une méthode calculatoire (qui peut s'avérer fastidieuse et/ou incorrecte) ou faire appel à une méthode \_\_\_\_\_ (simulation de type \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_)