

Thème I. Ondes et signaux (Optique géométrique)

TP n°2 Focométrie : Mesure de distances focales

Vendredi 15 septembre 2023

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

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 ?

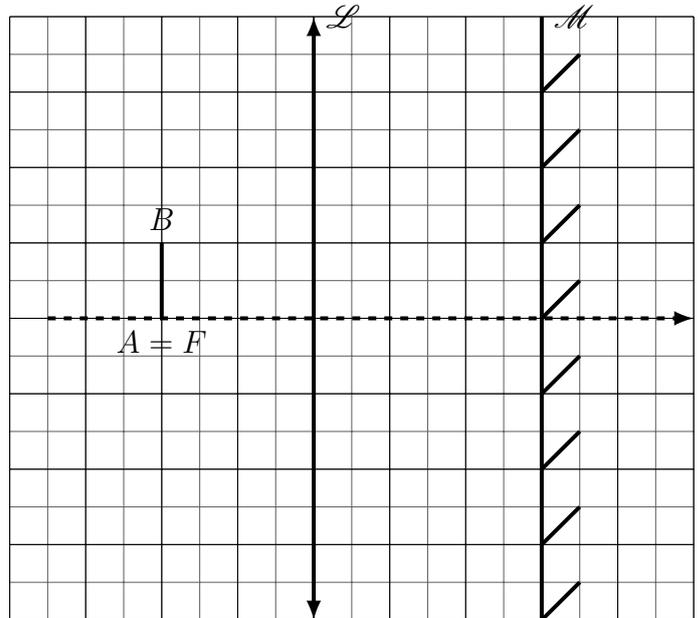
1. Disposer, dans l'ordre, sur un banc d'optique les éléments suivants :
 - Lampe+objet
 - Lentille convergente \mathcal{L}
 - Miroir plan \mathcal{M}
2. Déplacer la lentille par rapport à l'objet jusqu'à **observer l'image de l'objet dans le même plan que l'objet**, de même taille et renversée.
L'objet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

Exploitation

- ☞ Q1. Noter les valeurs mesurées et la valeur de f' ainsi mesurée.

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. L'incertitude-type est une indication de la dispersion de cet ensemble de mesures.

Nous allons nous intéresser à différentes méthodes d'évaluation de l'incertitude-type sur une telle mesure.

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 :

x_{objet} (cm)								
x_{lentille} (cm)								

Exploitation avec python

L'exploitation des mesures sera effectuée avec Python en utilisant un Jupyter Notebook.

- ☞ Dans votre zone personnelle Eleve → prenom.nom → Documents, créez un dossier TP_physique.
- ☞ Ouverture du fichier pré-rempli :
 - Dans la zone Echange(P:) → pcsi → physique, sélectionnez le fichier TP02_focometrie_2023-2024 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_2023-2024, et enfin cliquez sur téléverser.
 - Cliquez sur ce fichier, un nouvel onglet s'ouvre avec le notebook à compléter.

 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' : $\bar{f}' = \sum_{i=1}^N f'_i$;

— l'écart-type de la série de mesures de f' : $s_{f'} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (f'_i - \bar{f}')^2}$

Q3.  Recopier les valeurs obtenues.

 Exécuter la cellule pour calculer $u(f')$.

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 certains que la valeur recherchée 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.

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 d'expériences.

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

Mise en œuvre avec python

  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 _____ - _____)