

PHY335
Physique des ondes
Laboratoire 2
Analyse d'un système optique

André Bordeleau et Paul Paradis

12 mars 2024

1 But

Déterminer théoriquement et expérimentalement la distance focale f_2 et la position D_2 (voir figure 1) de la seconde lentille à ajouter au système optique original afin d'obtenir l'image finale décrite à la section 2.

2 Énoncé du problème :

Une lentille mince #1, de distance focale f_1 , se trouve à une distance D_1 d'un objet de hauteur h_{oE} . On désire obtenir une image finale réelle, observable sur un écran situé à une distance D_e de l'objet initial.

3 Résolution théorique du problème.

En fonction de votre numéro d'équipe, reportez les données du tableau 9 dans le tableau 1.

Avant de vous présenter au laboratoire, vous devez calculer la distance focale² (f_{2C}) et la position³ (D_{2C}) de la deuxième lentille telle que décrit à la figure 1 avec les paramètres spécifiés au tableau 1. La résolution théorique du problème avant de se présenter en laboratoire est donc impérative. Chaque équipe devra faire valider ses résultats calculés (f_{2C} , D_{2C}) auprès du technicien responsable. Inscrivez les résultats de vos calculs dans le tableau 2.

Déterminez théoriquement :

- la nature et la distance focale f_{2C} de la seconde lentille mince qu'il faut ajouter au système original pour obtenir l'image finale décrite plus haut.
- la position que doit occuper cette seconde lentille relativement à l'objet initial, distance notée D_{2C} .

La seconde lentille devra évidemment se situer entre la première lentille et l'écran. La figure 1 illustre les divers paramètres du problème.

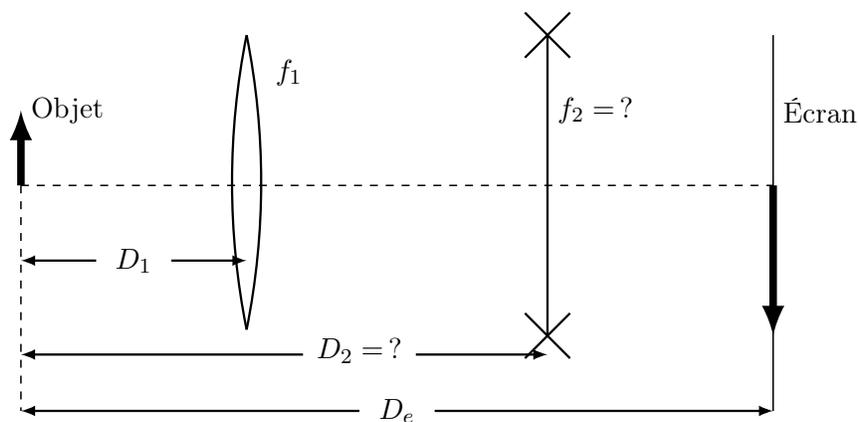


FIGURE 1 – Montage décrit à l'énoncé du problème.

2. f_{2C} est la valeur calculée de f_2 .

3. D_{2C} est la valeur calculée de D_2 .

4 Manipulations

Attention : Avant de commencer les mesures, assurez-vous que l'objet (la flèche devant la lampe) soit bien aligné avec le zéro du rail !

4.1 Évaluation expérimentale de la distance focale f_{1E} de la lentille 1.

- Détermination expérimentale de la distance image (s_i) pour chaque distance objet (s_o). Réalisez le montage suivant (figure 2)

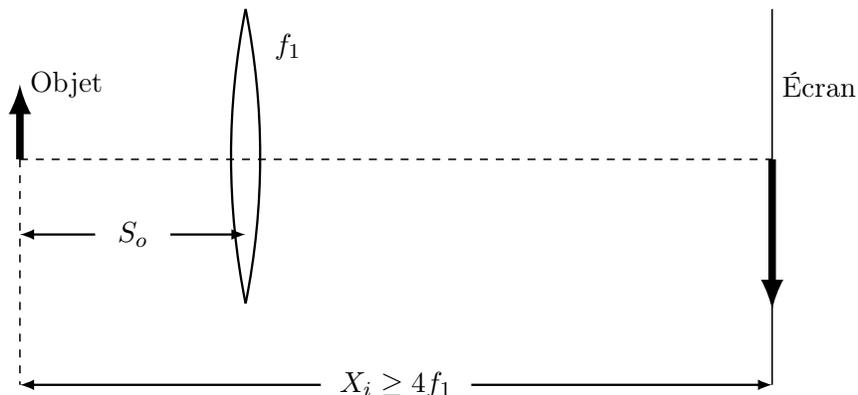


FIGURE 2 – Montage pour la détermination expérimentale de f_1 .

Assurez-vous que la distance entre l'objet et l'écran est d'au moins quatre (4) fois la distance focale de la lentille. Pour chaque position d'écran x_i vous trouverez deux positions de la lentille pour lesquelles l'image est nette : dans un cas, $s_o > s_i$ et dans l'autre, $s_i > s_o$. Procédant de cette façon cinq fois, vous obtiendrez dix couples (s_o, s_i) dont vous entrerez les valeurs au tableau 3.

- **Régression linéaire sur l'ensemble des mesures expérimentales** :

La loi des lentilles minces : $1/f = 1/s_o + 1/s_i$, est linéaire en $1/s_i$ et $1/s_o$. Un graphe représentant $1/s_i$ en fonction de $1/s_o$ serait une droite de pente -1 et d'ordonnée à l'origine $1/f$ (figure 3). On tire profit de cet état des choses en trouvant par régression linéaire la droite qui décrit le mieux la corrélation entre les inverses des distances objet et image. L'ordonnée à l'origine du résultat correspondra alors à l'inverse de la focale de la lentille que l'on désignera f_{1E} .

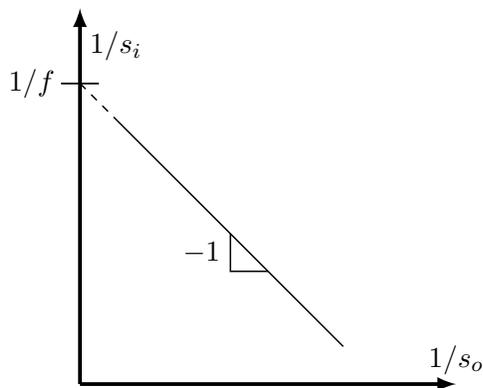


FIGURE 3 – Relation entre les distances objet, image et focale.

Une macro sur EXCEL a été conçue afin d'effectuer la régression et retourner la valeur de f_{1E} . Vous reporterez les résultats de l'opération au tableau 4.

4.2 Réalisation expérimentale du montage décrit dans l'énoncé du problème.

Positionnez la lentille #1 à la position D_1 spécifiée au tableau 1. Déplaçant l'écran jusqu'à l'obtention d'une image nette, vous établirez la position de l'image intermédiaire que vous noterez au tableau 5.

Reproduisez maintenant le montage de la figure 1. Puisque les focales nominales des lentilles ne correspondent vraisemblablement pas à leurs valeurs réelles et afin que l'image finale soit nette sur l'écran, vous devrez sans doute situer la lentille #2 à une position différente de celle calculée précédemment. Le grandissement du système optique sera aussi affecté. Mesurez la hauteur de l'objet (h_{o_E}) et celle de l'image (h_{i_E}) que vous rapporterez dans le tableau 6. Vous en déduirez le grandissement du système optique (g_{t_E}). Au tableau 7, notez la position sur le banc d'optique de la deuxième lentille (D_{2_E}). Remplissez le tableau 7.

4.3 Évaluation expérimentale de la distance focale de la lentille #2.

À ce stade, la distance focale de la deuxième lentille peut être établie de trois façons :

4.3.1 Méthode 1 :

On recalcule les valeurs de D_2 et f_2 avec la méthode de la section 3 (celle ayant servi à la détermination des valeurs théoriques), mais en se servant maintenant de la valeur de f_{1_E} trouvée à la section 4.1 et du grandissement expérimental g_{t_E} .

Les méthodes 2 et 3 s'appuient toutes deux sur le fait que la position de la lentille #2 (D_{2_E}) a été mesurée et est connue. On peut donc appliquer la loi des lentilles à la lentille #2 une fois que la distance objet aura été déterminée. Pour ces deux méthodes, vous n'utiliserez plus le grandissement g_{t_E} .

4.3.2 Méthode 2 :

On déduit la position de l'image intermédiaire par calcul en utilisant la focale expérimentale de la première lentille (f_{1_E}).

4.3.3 Méthode 3 :

La position de l'image intermédiaire a été mesurée (tableau 5).

5 Discussion des résultats

Vous calculerez donc la distance focale de la deuxième lentille des trois façons et reporterez vos résultats au tableau 8. À votre avis quelle méthode de calcul devrait conduire à la valeur la plus juste de f_{2_E} ? Justifiez. Établissez aussi les écarts relatifs de ces focales calculées par rapport à la valeur nominale (f_{2_c}). et voyez si ces résultats vont dans le sens de votre intuition. Notez que ces écarts ne peuvent servir de guide au choix de la méthode adéquate. Pourquoi ?

6 Rapport

Le rapport de laboratoire devra contenir minimalement les éléments suivants :

- Page de présentation
- Les tableaux
- La solution théorique du problème.
- Donner un exemple détaillé de calcul par type de calcul.
- Une discussion qui portera sur la méthode la plus adéquate à employer pour la détermination de la focale de la lentille #2.

Ordonnée à l'origine $1/f$	
Distance focale f_{1E} (cm)	
Coefficient de corrélation R^2	
Nombre d'observations	
Pente	

TABLEAU 4 – Résultats de la régression pour la lentille #1

Position image intermédiaire X_I

TABLEAU 5 – Mesure de l'image intermédiaire

Hauteur de l'objet h_{oE}	Hauteur de l'image h_{iE}

TABLEAU 6 – Mesures des hauteurs

Distance focale théo. Lentille 1 : f_1 (cm)	Distance focale exp. Lentille 1 : f_{1E} (cm)	Écart relatif (%) entre f_1 et f_{1E}
Position de lentille 2 calculée : D_{2c} (cm)	Position de lentille 2 expérimentale : D_{2E} (cm)	Écart relatif (%) entre D_{2c} et D_{2E}
Grandissement transv. théorique : g_t	Grandissement transv. expérimental : g_{tE}	Écart relatif (%) entre g_t et g_{tE}

TABLEAU 7 – Analyses des résultats

	Méthode 1	Méthode 1	Méthode 1
f_{2E} calculées			
Écart relatif (%) avec f_{2c}			

TABLEAU 8 – Écarts pour les différentes méthodes

8 Données des différentes équipes :

Équipe	f_1 (cm)	D_1 (cm)	D_e (cm)	g_t
1	20	40	70	-0,5
2	20	30	72	-0,8
3	20	30	82	-1,2
4	20	30	70	$-\frac{2}{3}$
5	20	35	98	-3,2
6	20	45	99	-2
7	20	45	96	-1,6
8	20	50	94	-1,2
9	20	30	75	-1
10	20	40	72	-0,6
11	25	45	89	$-\frac{2}{3}$
12	25	50	90	-0,5
13	25	50	87,5	-0,5

TABLEAU 9 – Données théoriques fournies du problème