

SYSTEME EPAIS ET MICROSCOPE

Durée: 3 H. Ce TP comporte 4 pages.

1. MATERIEL / LOGICIELS / DOCUMENTATION A VOTRE DISPOSITION

Source blanche - Dépoli - Objets : diapo avec fentes et diapo millimétrée ou un verre gradué au 1/10 - Lentilles
- Oculaire de Huygens - Logiciel Winlens - Logiciel Excel

THEORIE DES SYSTEMES EPAIS

1. Soit E et S les faces d'entrée et de sortie d'un système épais, f_o et f_i les distances focales objet et image, F_o et F_i les foyers objet et image, H_o et H_i les plans principaux objet et image. Un objet réel est situé à une abscisse z_o négative par rapport au dioptré d'entrée E ; si l'image est réelle, elle est située à une abscisse z_i positive par rapport au dioptré de sortie S. On note G_t le grandissement transversal.

2. En appliquant la relation du grandissement transversal de Newton $G_t = \frac{-f_o}{\sigma_o}$ et en écrivant

$$\sigma_o = \overline{F_o A_o} = \overline{F_o E} + \overline{E A_o}, \text{ on obtient la relation } G_t^{-1} = \frac{-\sigma_o}{f_o} = -V(-z_o + \overline{E F_o}).$$

Si l'on trace, sous Excel, le graphe G_t^{-1} en fonction de $(-z_o)$, on doit obtenir une droite affine dont la pente vaut $-V$ et l'ordonnée à l'origine vaut $-V \cdot \overline{E F_o}$.

3. En appliquant la relation du grandissement transversal de Newton $G_t = \frac{-\sigma_i}{f_i}$ et en écrivant

$$\sigma_i = \overline{F_i A_i} = \overline{F_i S} + \overline{S A_i}, \quad \text{on obtient} \quad G_t^{-1} \cdot \sigma_i = -f_i \quad \text{soit} \quad G_t^{-1} \cdot (z_i + \overline{F_i S}) = -f_i \quad \text{d'où}$$
$$G_t^{-1} \cdot z_i = -f_i + G_t^{-1} \cdot \overline{S F_i} = V \cdot \overline{S F_i} \cdot z_o - V \cdot \overline{E F_o} \cdot \overline{S F_i} - f_i.$$

Si l'on trace sous Excel le graphe $G_t^{-1} \cdot z_i$ en fonction de $(-z_o)$, la pente vaut $-V \cdot \overline{S F_i}$.

2. TRAVAIL PREPARATOIRE

2.1 Caractérisation d'un système constitué de 2 lentilles.

Le système étudié est constitué **dans l'ordre** d'une lentille divergente de -100 mm et d'une lentille plan-convexe convergente de $+150$ mm (**face plane tournée vers l'extérieur**). Les deux lentilles sont séparées de $l = 200$ mm.

2.1.1 Détermination graphique

On fait l'hypothèse des lentilles minces.

Réaliser un schéma à l'échelle 1/5 et déterminer graphiquement la position des éléments cardinaux F_o , F_i , H_o et H_i .

2.1.2 Détermination théorique (s'aider de [cours](#) /Systèmes centrés).

On caractérise chaque lentille (considérée comme une lentille mince) par sa vergence.

En appliquant la relation de Gullstrand, calculer la vergence V du système.

Déterminer par calcul la position des foyers F_o et F_i .

En déduire la position des plans principaux H_o et H_i .

2.1.3 Simulation sous WinLens

Simuler sous WinLens le système étudié (on trouve de telles lentilles dans Database)

- a) Déterminer la position des éléments cardinaux du système à partir des valeurs données dans Paraxial Values.
Imprimer les paramètres de l'éditeur et le schéma sur lequel on fera figurer les 2 lentilles et les éléments car-

- dinaux.
- b) Pour différentes positions de l'objet réel (object distance = abscisse z_o par rapport au dioptré d'entrée E), faire un tableau Excel dans lequel on note :
- la position de l'image (image distance = abscisse z_i par rapport au dioptré de sortie S)
 - la valeur du grandissement transversal (magnification) G_t

Tracer sous Excel les graphes suivants :

- G_t^{-1} en fonction de $-z_o$
- $G_t^{-1} \cdot z_i$ en fonction de $-z_o$

En exploitant les équations des droites de régression des 2 graphes précédents, retrouver la vergence V du système et la position des foyers F_o et F_i par rapport aux dioptrés d'entrée et de sortie.

2.2 Caractérisation d'un microscope

Le microscope étudié est le suivant : l'objectif est une lentille convergente de distance focale $f_1=100$ mm. L'oculaire est une lentille convergente de distance focale $f_2=200$ mm. L'objet est placé à 120 mm en avant de l'objectif.

2.2.1 Relations théoriques (s'aider de [cours](#) /microscope et qualité d'un instrument).

Le principe d'un microscope est le suivant : un objectif donne, d'un objet réel AB, une image intermédiaire A'B' agrandie. A'B' devient objet réel pour l'oculaire. A"B" est l'image finale observée au moyen de l'oculaire. Pour un meilleur confort visuel, A'B' est dans le plan focal objet de l'oculaire ; A"B" est alors rejetée à l'infini.

Utilisé ainsi, le microscope est caractérisé par son grossissement commercial G (angle α' sous lequel on voit l'objet à travers le microscope / angle sous lequel on voit l'objet à l'œil nu) et sa puissance intrinsèque P . Par définition:

$G = \alpha' / \alpha$ (G est sans unité)

α' : angle sous lequel on voit A"B"

α : angle sous lequel on verrait AB à l'œil nu, celui-ci étant placé à 0,25 m de AB.

$P = \alpha' / AB$ (P s'exprime en dioptries (δ) si AB est exprimé en mètre et α' en radian)

Montrer que dans les conditions précédentes, on a : **$G=P/4$** .

2.2.2 Fonctionnement simulé

Faire le lien avec : [optigeo/microscope](#)

2.2.3 Schéma sur feuille du microscope étudié.

Faire un schéma du microscope à l'échelle 1 sur l'axe vertical et à l'échelle 1/5 sur l'axe horizontal.

L'objet AB a une dimension de 5 mm; tracer la marche de deux rayons issus du point B: celui dont la direction est parallèle à l'axe optique et celui dont la direction passe par le foyer objet de l'objectif. Faire figurer sur le schéma l'angle α' .

Donner sa valeur en tenant compte des échelles différentes sur les 2 axes. En déduire la puissance et le grossissement du microscope ainsi constitué.

2.2.4 Simulation sous Winlens.

Positionner un objet réel de 10 mm à 120 mm devant la lentille 311304. Observer la position et la taille de l'image intermédiaire. Placer la lentille 311306 à 800 mm de la première.

- De combien faut-il déplacer l'objet pour que l'image finale soit à l'infini ?
- Sous quel angle α voit-on l'objet à l'œil nu ?
- Imprimer l'écran et flécher les valeurs demandées dans les questions suivantes.
- Sous quel angle α' (les angles donnés dans l'éditeur sont exprimés en degrés) voit-on l'objet à travers l'instrument ? En déduire le grossissement G du microscope.
- Relever la focale de l'instrument ; en déduire sa puissance.
- Relever la position et la taille de la pupille d'entrée et de la pupille de sortie. En déduire l'ouverture numérique de l'objectif :

($ON = \sin(\text{demi-angle d'ouverture})$)

3. TRAVAIL A FAIRE SUR PLACE

3.1 Réalisation pratique d'un système épais

Réaliser le montage en liant les deux lentilles avec une tige et des noix, en plaçant **la face convexe de la lentille de +150 à l'intérieur** du système et en mesurant **200 mm entre les milieux des tiges des deux lentilles**.

- Pour différentes positions de l'objet réel (abscisse z_o par rapport au dioptre d'entrée E), effectuer des mesures :
- de la position de l'image (abscisse z_i par rapport au dioptre de sortie S)
 - du grandissement transversal G_t

Remarque : faire attention aux signes.

3.1.1 Méthode d'exploitation graphique

Tracer sous Excel les graphes suivants :

- G_t^{-1} en fonction de $-z_o$
- $G_t^{-1} \cdot z_i$ en fonction de $-z_o$

En exploitant les équations des droites de régression des 2 graphes précédents, retrouver la vergence V du système et la position des foyers F_o et F_i par rapport aux dioptres d'entrée et de sortie.

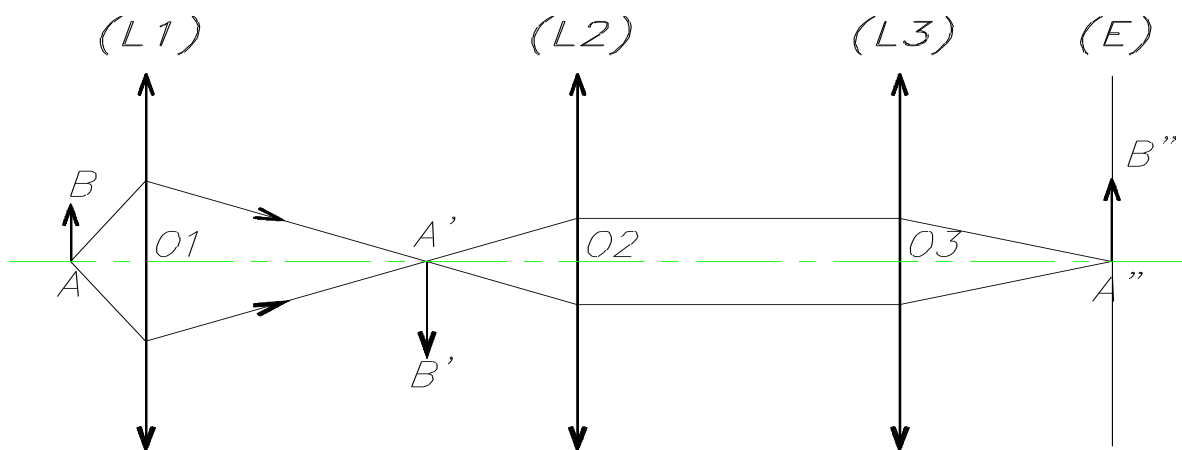
3.1.2 Conclusion

Comparer les résultats obtenus par les différentes méthodes.

Quelle est la méthode la plus rapide pour déterminer la position des plans principaux si l'on peut se fier à l'indication de la focale d'un objectif de projection ?

3.2 Réalisation pratique d'un microscope simplifié

3.2.1 Montage (voir cadre 1)



Cadre 1

Soit:

$$f'_1 = 100 \text{ mm}$$

$$f'_2 = 200 \text{ mm}$$

$$f'_3 = 500 \text{ mm}$$

AB est une diapo millimétrée ou une graduation au 1/10 de mm. Après avoir placé L_1 , positionner AB pour que

son image A'B' se forme dans un plan tel que: $O_1A'=600$ mm.

Mesurer la grandeur de l'image A'B' et en déduire le grandissement transversal γ_{ob} de l'objectif.

Placer ensuite L_2 de telle sorte que A'B' se trouve dans son plan focal objet : $A'O_2$ vaut donc 200 mm (tenir compte des corrections à apporter).

Placer derrière L_2 l'œil fictif constitué de la lentille L_3 (le cristallin) et de l'écran E (la rétine) à une distance de 500 mm l'un de l'autre. L'image rétinienne A'''B''' doit alors être observable avec netteté sur l'écran.

Si ce n'est pas le cas, il suffit de retoucher très légèrement la position de AB.

Mesurer alors la grandeur de A'''B''' et en déduire α' par la relation $\tan \alpha' = A'''B''' / f'_3$.

3.2.2 Détermination de la puissance du microscope

A partir des mesures expérimentales précédentes, calculer la puissance du microscope au moyen des relations suivantes :

$$P = \alpha' / AB$$

$$P = \gamma_{ob} / f'_2$$

$$P = F'_1 F'_2 / (f'_1 f'_2) \text{ avec } F'_1 : \text{foyer image de } L_1 \text{ et } F'_2 : \text{foyer objet de } L_2.$$

Comparer les valeurs trouvées.

3.2.3 Diaphragme de champ et diaphragme d'ouverture

- Interposer un dépoli entre la source et l'objet.
- Observer l'image rétinienne : sa luminosité est maximum dans la région centrale (celle-ci correspond au champ de pleine lumière), puis elle décroît dans une région appelée champ de contour. Elle devient nulle pour des points situés hors du champ.
- On peut supprimer le champ de contour en plaçant un diaphragme à iris dans le plan de l'image intermédiaire A'B'. L'ouvrir au maximum puis le fermer progressivement jusqu'à disparition du champ de contour. Observer en même temps l'interception du faisceau lumineux par la monture de L_2 .
- Mettre en évidence que c'est la monture de L_2 qui limite le champ : elle constitue le diaphragme de champ.
- Utiliser maintenant comme objet un diaphragme à iris fermé au maximum et bien centré sur l'axe optique. L'éclairer à travers un dépoli. Le placer de telle sorte que son image se forme sur l'écran E.
- Observer la section du faisceau lumineux dans l'espace situé entre l'objectif et l'oculaire et vérifier que tous les rayons lumineux ayant traversé l'objectif traversent l'oculaire.
- Mettre en évidence que c'est l'objectif qui limite l'ouverture angulaire utile du faisceau incident. Il constitue le diaphragme d'ouverture.
- Ouvrir à moitié le diaphragme objet et observer la section du faisceau lumineux à la sortie de L_2 (enlever l'œil fictif).
- Vérifier que le faisceau présente une section circulaire minimale : le cercle oculaire, qui est l'image de l'objectif à travers l'oculaire.

NOMS :

Date :

.....

.....

.....

FEUILLE A RENDRE EN FIN DE SEANCE

Barème de correction

§	Travail à faire	Pts sur place	Pts. rapport	Remarques
	TRAVAIL THEORIQUE			
2.1	Caractérisation d'un système constitué de 2 lentilles		___/5	
2.2	Caractérisation d'un microscope		___/5	
	TRAVAIL A FAIRE SUR PLACE			
3.1	Réalisation pratique d'un système épais	___/1		
	Méthode d'exploitation graphique et conclusion		___/3	
3.2	Réalisation d'un microscope	___/2		
	Détermination de la puissance du microscope		___/2	
	Diaphragme de champ et diaphragme d'ouverture	___/2		
Les points dans les champs grisés sont attribués sur place. À la correction, ces points ne seront plus reportés sur le compte-rendu.		Note : ___/20		

Remarques des élèves (problèmes matériels, erreurs dans le sujet, ...) :