Optique

Ce devoir comme tous les DM est facultatif et conseillé, à rendre le Vendredi 6 Novembre. Pour toute question, envoyez-moi un mail.

Conseils valables pour les concours à appliquer dès maintenant.
Soigner la présentation, la syntaxe et l'orthographe.
Mener les calculs intégralement littéralement puis ensuite éventuellement faire l'application numérique. Ne jamais oublier l'unité.
Encadrer les résultats.
Tous les résultats doivent être justifiés.
Vérifier systématiquement l'homogénéité et le caractère vectoriel ou scalaire des résultats.

1 Étude d'un microscope optique

Le microscope est modélisé sur la Figure 1 par un système de deux lentilles minces convergentes, l'une constituant l'objectif (lentille L_1 de centre O_1 et de distance focale image $f_1' = 5\,\text{mm}$), et l'autre constituant l'oculaire (lentille L_2, de centre O_2 et de distance focale image $f_2' = 5\,\text{mm}$). On fixe $\overline{O_1O_2} = D_0 = 120\,\text{mm}$. On choisit le sens positif dans le sens de propagation des rayons lumineux.

1. Quelles conditions doivent respecter des rayons lumineux traversant un système optique composé de lentilles ?

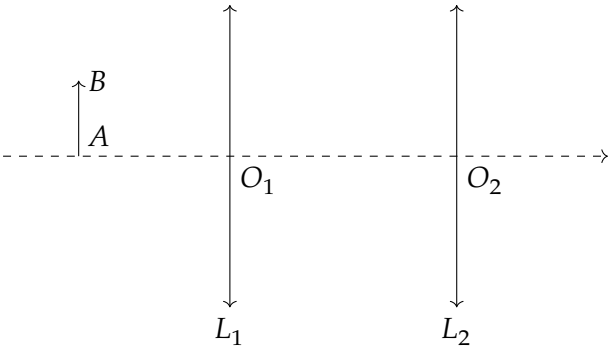


FIG. 1 : Schéma du microscope

On note F'_1 le foyer image de L_1 et F_2 le foyer objet de L_2. On définit l'intervalle optique par la grandeur

$$\Delta = \overline{F'_1 F_2}.$$

2. Exprimer Δ en fonction de f'_1, f'_2 et D_0. Faire l'application numérique.

Un objet réel AB perpendiculaire à l'axe optique est éclairé et placé à une distance d de L_1, à sa gauche, de façon à ce que l'image intermédiaire $A'B'$ formée par l'objectif se trouve dans le plan focal objet de l'oculaire. L'observation se fait à l'œil, celui-ci est placé au contact de l'oculaire.

3. En justifiant votre construction, réaliser le schéma optique du microscope en représentant un objet, l'image intermédiaire et des rayons lumineux.

4. Exprimer d en fonction de f'_1 et Δ. Faire l'application numérique.

5. Exprimer le grandissement γ_1 induit par l'objectif en fonction de f'_1 et Δ. Faire l'application numérique

6. Quel est l'intérêt pour l'observateur de cette position de l'objet ?

Le grossissement commercial du microscope est défini par

$$G = \left| \frac{\alpha'}{\alpha} \right|$$

où α' est l'angle sous lequel est vu l'objet après l'oculaire et α l'angle maximum sous lequel serait vu l'objet à l'œil nu à la distance D_m la plus courte possible de l'œil garantissant une vision nette.

7. Quelle est la valeur approximative de D_m pour un œil normal ? Comment s'appelle le point correspondant ?

8. En supposant que l'on reste dans les conditions de Gauss, exprimer G en fonction de Δ, f_1', f_2' et D_m. Faire l'application numérique.

9. On considère comme objet un réseau constitué de fines graduations séparées de 5.0 µm. Peut-on distinguer ces graduations à l'œil nu ? Peut-on les observer au microscope ? Justifier les réponses à l'aide de valeurs numériques.

2 Résolution d'une étoile double par interférométrie

Les télescopes sont limités en résolution par la diffraction. Pour surmonter ce problème on peut faire interférer les signaux reçus par plusieurs télescopes. C'est ce que peut faire le Very Large Telescope (VLT) installé au Chili. On modélise le VLT par deux télescopes distants de a (variable jusqu'à 100 m). Chaque télescope est modélisé par un trou T_1 et T_2 de taille négligeable. Le modèle est représenté en Figure 2. La lentille L est de distance focale f'. L'observation se fait dans le plan focal image de L.

Un unique objet ponctuel à l'infini, A, est observé dans la direction de l'axe optique. On suppose que cet objet émet une unique radiation de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 1.50\,\mu m$.

10. De quel type de radiation s'agit-il ?

11. Où se trouve l'image géométrique A' de A à travers la lentille ?

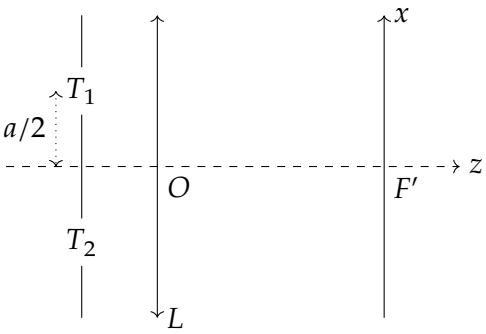


FIG. 2 : Modèle du VLT

12. Déterminer l'expression de l'intensité lumineuse $I_A(x)$ d'un point d'abscisse x dans le plan focal.

13. En déduire l'expression de l'interfrange

14. Tracer l'allure de la figure d'interférence dans le plan $(xF'y)$ telle qu'on pourrait l'observer avec une caméra adaptée.

Un unique objet ponctuel à l'infini B est observé dans la direction $i_B \neq 0$ par rapport à l'axe optique dans le plan (xOz) avec les mêmes caractéristiques que A.

15. À quelle distance x_B de F' se trouve l'image géométrique de B ?

16. Déterminer l'expression de l'intensité lumineuse $I_B(x)$ en un point d'abscisse x, en fonction notamment de i_B.

17. L'interfrange est-il différent de celui trouvé précedemment ?

Deux objets ponctuels à l'infini A et B sont observés dans les directions $i_A = 0$ et $i_B \neq 0$ par rapport à l'axe optique dans le plan xOz.

1. Ces deux sources sont-elles cohérentes ?

2. En déduire l'intensité lumineuse $I_{\text{tot}}(x)$ en un point d'abscisse x.

3. Définir et calculer le contraste du système d'interférence. Pour quelles distances a entre les deux télescopes y a-t-il brouillage des interférences ? Exprimer le résultat en fonction de i_B.

4. Proposer une méthode de détermination expérimentale de l'angle entre deux étoiles composant une étoile double. Quelle est la valeur numérique (en secondes d'arc) de la limite de résolution angulaire i_{m} du VLT ?