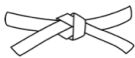


Instruments d'optique

Travailler avec vos cours et TD ouverts est **chaudement recommandé** : un DM est un entraînement, pas une évaluation. Réfléchir ensemble est une bonne idée, mais le travail de rédaction doit être individuel. En cas de besoin, **n'hésitez pas à me poser des questions** lors des séances de soutien ou à la fin d'un cours.

Ceinture		Travail à réaliser
	Ceinture blanche	Parties A et B
	Ceinture jaune	Parties A et B
	Ceinture rouge	En entier
	Ceinture noire	En entier



Flasher ou cliquer pour accéder au corrigé

Imagerie par microscope

La microscopie est encore aujourd'hui l'outil d'investigation privilégié des biologistes. Cependant, de nombreux microscopes modernes ne sont plus destinés à une observation à l'œil mais permettent de former une image sur un capteur numérique, pour la visualiser et l'analyser par ordinateur. Ce problème propose d'étudier les performances d'un tel microscope sous l'angle de l'optique géométrique.

On considère dans ce problème un tissu biologique préparé pour que certaines molécules soient fluorescentes, c'est-à-dire émettent une lumière d'une couleur différente de celle utilisée pour éclairer l'échantillon, ce qui permet de les détecter aisément. Ce tissu sert d'objet à un microscope réalisé à partir des deux systèmes optiques, l'objectif et la lentille de tube, modélisés par deux lentilles convergentes L_O et L_T , de focales respectives $f'_O = 4,0$ mm et $f'_T = 16$ cm, séparées d'une distance $f'_O + f'_T$.

A - Conjugaison et grandissement du microscope

1 - Considérons deux molécules fluorescentes A et B de l'échantillon se trouvant dans un même plan transversal. Construire sur le document réponse en fin d'énoncé les images A'' et B'' produites par le microscope.

2 - En raisonnant géométriquement à partir de la construction précédente, déterminer l'expression du grandissement transversal $\gamma = \overline{A''B''}/\overline{AB}$ du microscope en fonction des focales des deux lentilles. Interpréter son signe. Calculer sa valeur numérique pour le microscope réel.

3 - La position de la molécule A est repérée par sa coordonnée $\varepsilon = \overline{F_O A}$, et celle de son image A'' par $\varepsilon'' = \overline{F'_T A''}$. Établir la relation de conjugaison du microscope :

$$\varepsilon'' = \left(\frac{f'_T}{f'_O} \right)^2 \varepsilon.$$

B - Résolution transversale

Déterminons dans un premier temps la résolution transversale du microscope, c'est-à-dire la plus petite distance Δx séparant deux molécules fluorescentes se trouvant dans le même plan orthogonal à l'axe optique du microscope pouvant être distinguées sur l'image.

4 - Le capteur numérique est placé dans le plan focal image de la lentille de tube L_T . Où se trouvent les points de l'échantillon dont l'image finale apparaît nette ?

5 - Le cercle de confusion du capteur, dû à la taille finie des pixels qui le constituent, a pour diamètre $\delta = 10 \mu\text{m}$. Déterminer la résolution de l'instrument, c'est-à-dire la distance minimale Δx_g dont doivent être séparées les deux molécules A et B pour apparaître distinctes sur l'image finale en considérant qu'elle n'est limitée que par l'optique géométrique.

6 - En pratique, les pixels sont suffisamment petits pour que la diffraction par la monture de l'objectif ne soit pas négligeable. On admet que la tâche de diffraction autour des points images A'' ou B'' a un diamètre de l'ordre de $\lambda f'_T / D_T$, avec $D_T = 6,0 \text{ mm}$ le diamètre de la lentille de tube et $\lambda = 500 \text{ nm}$ la longueur d'onde de la lumière émise par les molécules fluorescentes. Déterminer la résolution Δx_d de l'instrument due à la diffraction. Comparer l'influence de l'optique géométrique et de la diffraction sur la résolution de l'instrument. Commenter.

C - Profondeur de champ

Intéressons-nous maintenant à la profondeur de champ de l'instrument, c'est-à-dire à l'épaisseur Δz de la tranche d'échantillon dont l'image est vue nettement par le capteur. On rappelle que le capteur est placé dans le plan focal image de la lentille de tube.

7 - Notons A'_1 le point image situé le plus en avant du capteur apparaissant net. En appuyant le raisonnement par une construction graphique, montrer (sans arnaquer sur les signes, svp) que

$$\varepsilon''_1 = \overline{F'TA'_1} = -\frac{\delta f'_T}{\delta + D_T}.$$

8 - Réciproquement, notons A''_2 le point image situé le plus en arrière du capteur apparaissant net. Déterminer de même $\varepsilon''_2 = \overline{F'_TA''_2}$.

9 - En déduire la profondeur de champ géométrique Δz_g de l'instrument et la calculer numériquement. Commenter.

En réalité, la diffraction impacte également la profondeur de champ, mais le calcul est trop complexe pour être mené sans une théorie plus poussée.

Document réponse à rendre avec la copie

Nom et prénom :

(pas de nom, pas de correction !)

