

PS80 : Sujet d'entraînement — Microscopie

Durée : 2 heures — Documents et calculatrices autorisées.

1 Microscope optique (10 pts)

Un microscope optique peut être modélisé comme l'association de deux lentilles L_1 (objectif) et L_2 (oculaire) de vergences respectives $V_1 = +100 \delta$ et $V_2 = +20 \delta$. Les axes optiques des deux lentilles sont alignées et l'intervalle optique vaut $\overline{F'_1 F_2} = +16 \text{ cm}$.

1. L'oculaire et l'objectif sont-elles des lentilles convergentes ou divergentes? Que valent leurs focales $\overline{f'_1}$ et $\overline{f'_2}$?

2. Faites un schéma optique à l'échelle 1 : 1 du microscope sur une feuille quadrillée.

3. L'objet observé \overline{AB} est un globule rouge de diamètre $d = 0,5 \mu\text{m}$. Sachant que la distance minimale de vision distincte vaut $d_m = 25 \text{ cm}$, déterminez l'angle θ sous lequel on verrait ce globule rouge à l'œil nu (on appelle θ le diamètre apparent de l'objet).

On note $\overline{A_1 B_1}$ l'image de \overline{AB} par l'objectif L_1 , et $\overline{A' B'}$ l'image de $\overline{A_1 B_1}$ par l'oculaire L_2 . Pour permettre une mise au point aisée, l'image finale $\overline{A' B'}$ doit être à l'infini.

4. Où se trouve alors l'image intermédiaire $\overline{A_1 B_1}$?

5. Rappelez la formule de conjugaison des lentilles minces. À quelle distance \overline{OA} de l'objectif, le globule rouge \overline{AB} doit-il se trouver?

6. En utilisant le schéma tracé à la question 2, faites une construction graphique des images intermédiaire et finale de \overline{AB} (le globule rouge n'a pas besoin d'être à l'échelle).

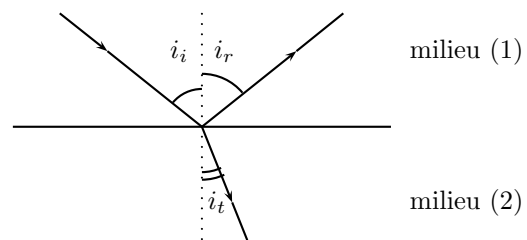
7. Que vaut le grandissement transversal de l'objectif, $\gamma_1 = \overline{A_1 B_1} / \overline{AB} = \overline{O_1 A_1} / \overline{O_1 A}$? Quelle est la taille de l'image intermédiaire?

8. Quel est le diamètre apparent θ' de l'image finale $\overline{A' B'}$?

9. On appelle grossissement du microscope le rapport des diamètres apparents de l'image et de l'objet : $G = \theta' / \theta$. Quel est le grossissement de ce microscope?

2 Echographie Doppler (4 pts)

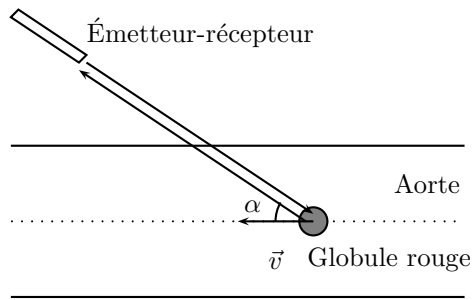
Lorsqu'une onde sonore sinusoïdale passe d'un milieu (1) vers un milieu (2), une partie est réfléchiée, et l'autre partie est transmise en subissant une déviation (cf. schéma ci-contre). On note c_1 et c_2 les valeurs de la célérité de l'onde sonore dans les milieux (1) et (2), respectivement.



1. Par analogie avec les lois de Snell-Descartes en optique géométrique, justifiez les relations suivantes entre directions des ondes incidente, réfléchiée et transmise :

$$i_r = i_i \quad ; \quad \frac{\sin i_i}{c_1} = \frac{\sin i_t}{c_2}$$

On étudie l'écoulement du sang dans l'aorte (la plus grosse artère de notre organisme, reliant le cœur à l'abdomen) à l'aide d'un émetteur-récepteur d'ondes ultrasonores (cf. schéma ci-dessous) : on mesure la vitesse de déplacement des globules rouges, qui réfléchissent l'onde ultrasonore émise.



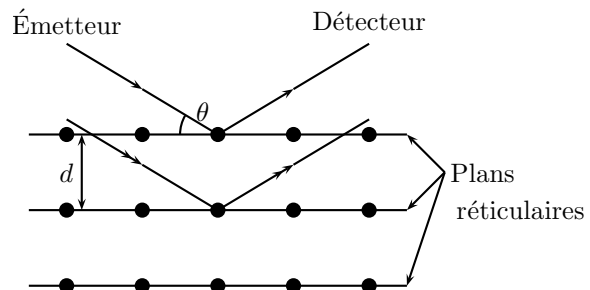
2. Montrez que la vitesse v des globules rouges peut être déduite de l'écart de fréquence $\Delta f = f' - f$ entre les ondes émises (fréquence f) et reçues (fréquence f') par la relation suivante :

$$v = \frac{\Delta f \cdot c}{2f \cdot \cos \alpha}$$

3. La célérité des ultrasons dans le sang vaut $c = 1,6 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$. Le débitmètre Doppler émet à la fréquence $f = 5,0 \text{ MHz}$, et l'angle entre celui-ci et l'aorte est de 15° . On mesure le décalage $\Delta f = 2 \text{ kHz}$. Quelle est la vitesse des globules rouges? Que vaut le débit D (en $\text{mm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) dans l'aorte en ce point (on assimilera l'artère à un tube de diamètre $d = 27 \text{ mm}$)?

3 Diffraction de Bragg (6 pts)

La diffraction des rayons X est exploitée pour étudier l'agencement régulier des atomes dans les cristaux. On fait tomber sur un cristal de nickel un faisceau monochromatique de rayons X parallèles de longueur d'onde (dans le vide) $\lambda = 0,10 \text{ nm}$. Les rayons, réfléchis par les différents plans parallèles d'atomes (plans réticulaires) interfèrent au niveau du plan du détecteur.



1. Quelle est la fréquence de ces rayons X?
2. Quel est l'objet diffractant les rayons X dans cette expérience? Expliquez le choix des rayons X pour obtenir une figure de diffraction par les atomes d'un cristal.
3. Montrez que la différence de marche entre deux rayons réfléchis par deux plans réticulaires consécutifs s'écrit : $\delta = 2d \sin(\theta)$.
4. À quelle condition sur δ obtient-on des interférences constructives au niveau du détecteur (maxima d'intensité)?
5. Exprimez alors la distance inter-réticulaire d en fonction de θ , λ et d'un entier k (k est appelé ici "ordre de diffraction").
6. La plus petite valeur de θ pour laquelle le détecteur obtient un pic d'intensité est $\theta_1 = 13,5^\circ$, à l'ordre de diffraction $k = 1$. Calculez la distance d entre plans réticulaires dans le nickel.
7. Au lieu de rayons X on peut utiliser un faisceau d'électrons : dans un vide poussé, le faisceau issu d'un canon à électrons est focalisé par des lentilles électromagnétiques. Exprimez la quantité de mouvement p puis l'énergie cinétique E_c de chaque électron en fonction de la longueur d'onde λ du faisceau. Que vaut l'énergie cinétique E_c de chaque électron d'un faisceau de même longueur d'onde que les rayons X utilisés ci-dessus?

Références : les exercices de ce sujet sont extraits des ouvrages suivants : *Physique et Chimie, Tle S*, Ed. Nathan (2012), *Objectif PCEM : Physique et Chimie générale*, Ed. Hachette (2006), *ABC du BAC, Physique Chimie, Tle S*, Ed. Nathan (2012).