Concours Biologie et Géologie
Epreuve de Physique

Date : Jeudi 03 Juin 2010	Heure : 8 H	Durée : 3 H	Nbre pages : 04
Barème :	Problème A : 11 / 20		Problème B : 09 / 20

L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

L'épreuve comporte deux problèmes **indépendants**. Le candidat peut les résoudre dans l'ordre qui lui convient, en respectant néanmoins la numérotation des questions.

PROBLEME A : OPTIQUE ONDULATOIRE

I- On considère un prisme de section triangulaire d'angle au sommet A, taillé dans un milieu transparent, homogène et isotrope d'indice n dépendant de la longueur d'onde λ. Ce prisme est placé dans l'air dont l'indice est pris égal à 1. Il est éclairé par un faisceau de rayons parallèles d'une lumière monochromatique. Un rayon de ce faisceau atteint la face d'entrée au point I_1 sous l'angle d'incidence i_1 et émerge au point I_2 sous l'angle i_2. On utilisera les angles orientés définis sur la figure 1.

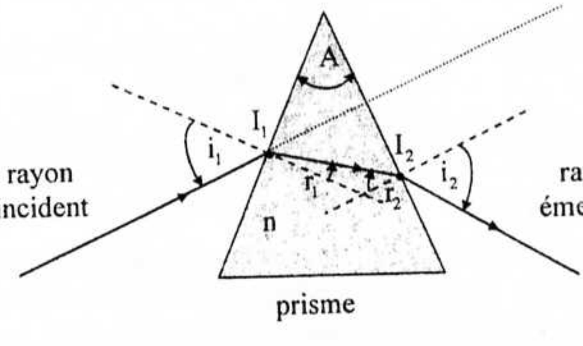

Figure 1

I-1- Trouver une relation simple entre les angles r_1, r_2 et A.

I-2- Donner les relations entre les angles i_1 et r_1 au point I_1, puis entre i_2 et r_2 au point I_2.

I-3- Définir l'angle de déviation D. Montrer qu'il s'écrit : $D = i_1 + i_2 - A$.

I-4- On constate expérimentalement que l'angle D prend une valeur minimale D_m lorsque l'on fait varier l'angle d'incidence i_1. Montrer que pour $D = D_m$, on a : $i_1 = i_2 = i_m$ et $r_1 = r_2$. Calculer alors la déviation minimale D_m. Tracer l'allure de la courbe $D(i_1)$ pour $i_1 \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]$.

I-5- En déduire que l'indice de réfraction n du prisme vérifie la relation : $n = \dfrac{\sin\left(\dfrac{A+D_m}{2}\right)}{\sin\left(\dfrac{A}{2}\right)}$.

I-6- Le prisme est éclairé par un faisceau de rayons parallèles d'une lumière blanche. Une étude expérimentale montre que l'indice du prisme vérifie la relation de Cauchy : $n(\lambda) = n_0 + \dfrac{B}{\lambda^2}$,

avec $B = 0{,}155\ 10^{-13}\ m^2$ et $n_0 = 1{,}710$.

I-6-1- Décrire le phénomène observé à la sortie du prisme.

I-6-2- Pour une radiation donnée, on mesure un indice $n = 1{,}762$. Déduire la longueur d'onde de la radiation utilisée et la couleur correspondante.

II- Dans la suite, on étudie le phénomène d'interférences en utilisant le dispositif du bi-prisme de Fresnel. Il est constitué de deux prismes droits identiques. Chacun d'eux est de faible angle au sommet $A = 5{,}8\ 10^{-3}$ rad, d'indice n constant et de hauteur h. Ils sont accolés par leur base commune. Ce bi-prisme est éclairé par une fente source fine S orientée parallèlement aux arêtes des prismes. La figure d'interférences est observée sur un écran (E), placé perpendiculairement à l'axe optique, situé à la distance $b = 1{,}25$ m du bi-prisme (Figure 2).

II-1- La source S est placée à une distance finie $d = 0{,}25$ m du bi-prisme.

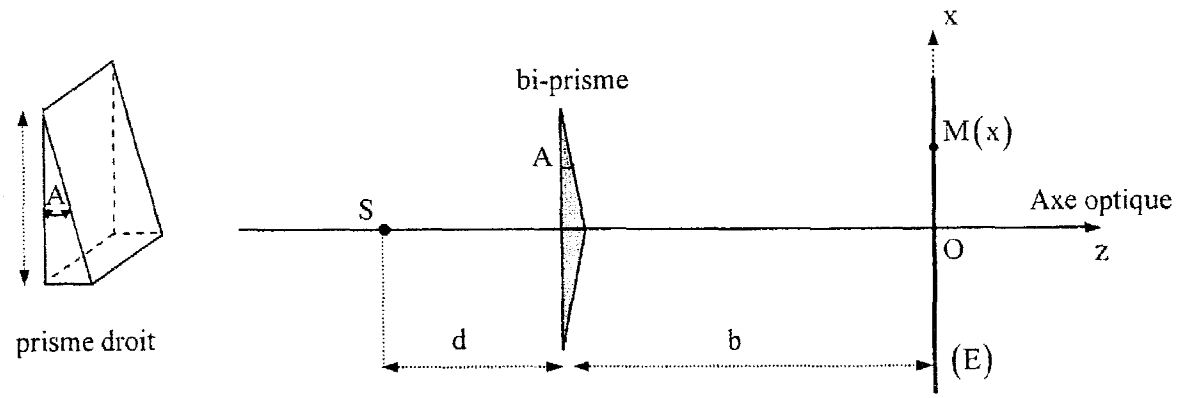

Figure 2

II-1-1- En exploitant le résultat de la question **I-3-**, montrer que la déviation D du prisme de faible angle au sommet A et éclairé par un faisceau lumineux de faible angle d'incidence i_1 s'écrit : $D = (n-1)A$.

II-1-2- Représenter sur un schéma la marche des rayons lumineux issus de la source S et qui émergent du bi-prisme. Préciser le champ d'interférences ainsi que les positions des sources secondaires S_1 et S_2. En déduire leur écartement $S_1S_2 = a$ en fonction de n, A et d.

II-1-3- Ce dispositif interférentiel est équivalent à celui des fentes d'Young.

Montrer que la différence de marche δ entre les rayons émergents du bi-prisme et qui interfèrent en M(x) s'écrit : $\delta(x) = \dfrac{2d(n-1)Ax}{b+d}$. Décrire l'aspect de la figure d'interférences.

II-1-4- La source S émet une radiation lumineuse monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 546$ nm. Déterminer l'interfrange i et calculer sa valeur.

II-1-5- Calculer la largeur du champ d'interférences et déterminer le nombre de franges brillantes observées sur l'écran.

II-2- Le dispositif interférentiel est éclairé maintenant par un faisceau de rayons parallèles monochromatique sous incidence normale. Pour réaliser cette situation, on place la source S au foyer objet d'une lentille convergente (L) de distance focale f (Figure 3).

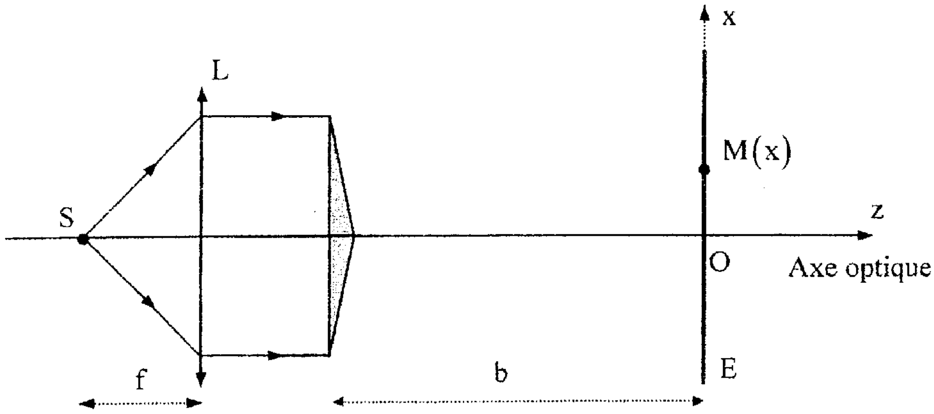

Figure 3

II-2-1- Tracer les rayons émergents du bi-prisme et préciser la zone d'interférences.

II-2-2- Montrer que la différence de marche entre deux rayons qui interfèrent au point M situé à la distance $x = OM$ du centre O de l'écran s'écrit : $\delta = 2(n-1)Ax$. Exprimer et représenter l'intensité lumineuse $I(x)$.

II-2-3- Déterminer l'interfrange i. Dépend-t-elle de la position de l'écran ? Faire l'application numérique pour $\lambda = 589$ nm et $n = 1,5$.

II-2-4- A quelle distance $b = b_0$ du bi-prisme faut-il placer l'écran pour observer un nombre maximal de franges ? Combien de franges brillantes observe-t-on ? On donne $h = 1$ cm.

PROBLEME B : ELECTRONIQUE

I- On applique entre les bornes du circuit représenté sur la figure 4 une tension sinusoïdale, de pulsation ω variable, imposée par un générateur : $v_e(t) = V_e \cos(\omega t)$, où V_e est l'amplitude de la tension d'entrée.

La tension de sortie $v_s(t)$ représente la réponse forcée de ce circuit. Elle s'écrit sous la forme : $v_s(t) = V_s(\omega)\cos(\omega t - \varphi)$.

I-1- Préciser le comportement du condensateur à très basse et à très haute fréquence. En déduire la nature de ce filtre.

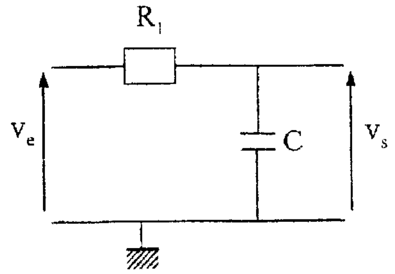

Figure 4

I-2- Déterminer la fonction de transfert complexe $\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e}$.

I-3- Tracer l'allure du diagramme de Bode du gain en Décibel : $G(dB) = 20 \log_{10}|\underline{H}(j\omega)|$.

Déterminer la bande passante de ce filtre à -3 dB pour $C = 10$ nF et $R_1 = 4$ kΩ.

I-4- Ce filtre est chargé par une résistance R_2 branchée aux bornes de la capacité C.

I-4-1- Déterminer la fonction de transfert de ce filtre. Montrer qu'elle peut se mettre sous la forme : $\underline{H}_1(j\omega) = \dfrac{H_0}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_0}}$. Exprimer H_0 et ω_0 en fonction de R_1, R_2 et C.

I-4-2- Quel est l'effet de l'ajout de la résistance R_2 sur le gain maximal et sur la bande passante du filtre ? Conclure.

I-4-3- On choisit $R_2 = R_1$; Calculer le gain maximal (en dB) ainsi que la bande passante de ce filtre. On donne : $C = 10\,\text{nF}$ et $R_1 = 4\,\text{k}\Omega$.

II- On considère le montage de la figure 5 dans lequel l'amplificateur opérationnel est idéal et fonctionne en régime linéaire.

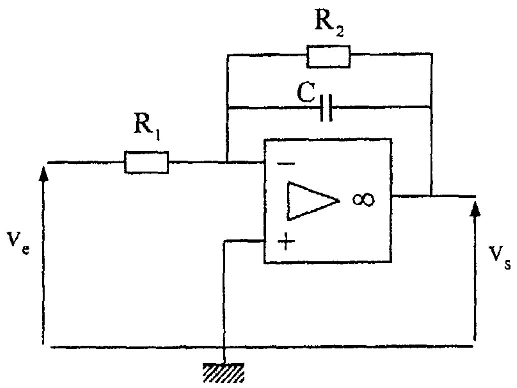

Figure 5

II-1- Déterminer l'équation différentielle vérifiée par $v_s(t)$ en fonction de $v_e(t)$, R_1, R_2 et C.

II-2- Le signal d'entrée du filtre est de type sinusoïdal de pulsation ω et d'amplitude V_e. On a ainsi $v_e(t) = V_e \cos\omega t$.

II-2-1- A quelle condition sur ω, le montage précédent est-il intégrateur ? Déterminer dans ce cas la tension de sortie $v_s(t)$ du filtre.

II-2-2- A quelle condition sur ω, la tension de sortie $v_s(t)$ est-elle proportionnelle à la tension d'entrée $v_e(t)$? Montrer que le montage est alors un amplificateur inverseur dont on précisera le gain maximal $H_0^{'}$.

II-3-1- Montrer que la fonction de transfert $\underline{H}_2(j\omega)$ de ce filtre s'écrit sous la forme : $\underline{H}_2(j\omega) = -\dfrac{R_2}{R_1}\dfrac{1}{1 + jR_2C\omega}$. En déduire la pulsation du coupure ω_0 du montage.

II-3-2- La tension d'entrée sinusoïdale est d'amplitude $V_e = 4\,\text{V}$ et de pulsation $\omega = 3\,10^4\,\text{rad}\,\text{s}^{-1}$. Calculer l'amplitude de la tension de sortie $v_s(t)$ ainsi que son déphasage φ par rapport à $v_e(t)$. On donne : $R_1 = 4\,\text{k}\Omega$, $R_2 = 2R_1$ et $C = 10\,\text{nF}$.

II-4- La tension d'entrée est maintenant de type rectangulaire de période $T = 2\pi\,10^{-6}\,\text{s}$. Quelle est la forme de la tension de sortie ?

Fin de l'épreuve.