



Concours Biologie et Géologie  
Epreuve de Physique

Date : Jeudi 03 Juin 2010 Heure : 8 H Durée : 3 H Nbre pages : 04

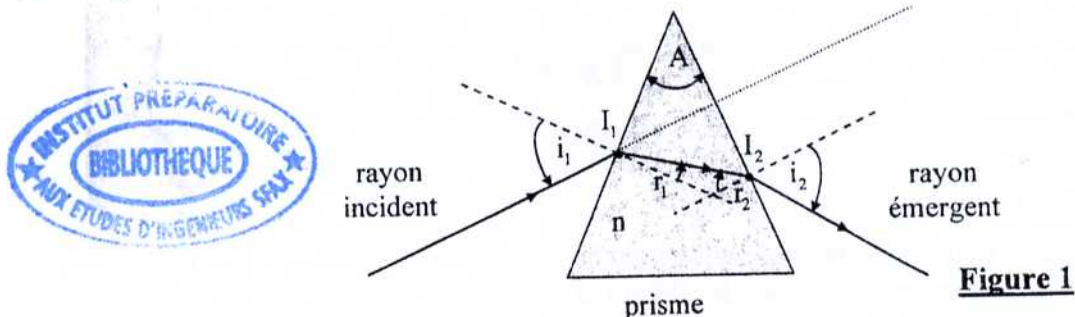
Barème : Problème A : 11 / 20 Problème B : 09 / 20

*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  $\lambda$ . 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.



- 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 :  $n = \frac{\sin\left(\frac{A + D_{in}}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$ .

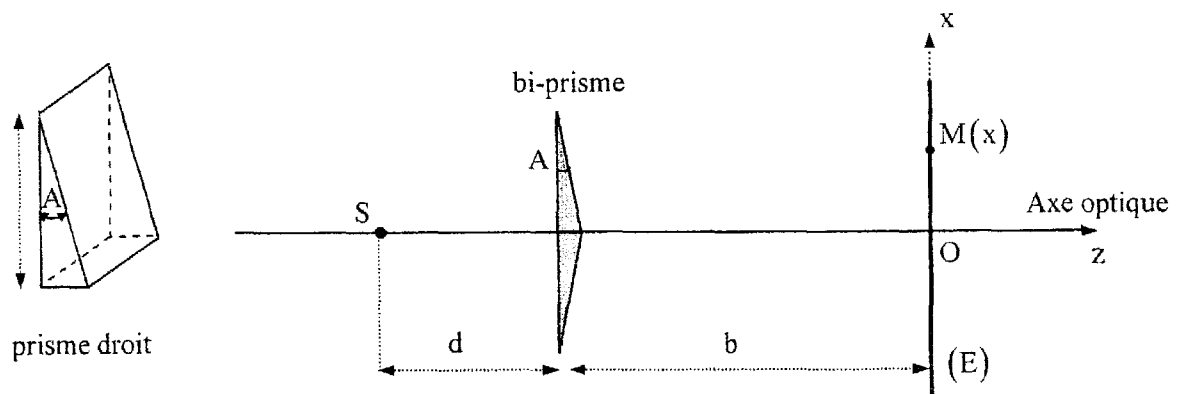
**I-6-** Le prisme est éclairé par un faisceau de rayons parallèles d'une lumière blanche. Une étude expérimentale montre que l'indice du prisme vérifie la relation de Cauchy :  $n(\lambda) = n_0 + \frac{B}{\lambda^2}$ , avec  $B = 0,155 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$  et  $n_0 = 1,710$ .

**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  $A = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$ , 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  $b = 1,25 \text{ m}$  du bi-prisme (Figure 2).

**II-1-** La source  $S$  est placée à une distance finie  $d = 0,25 \text{ m}$  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.

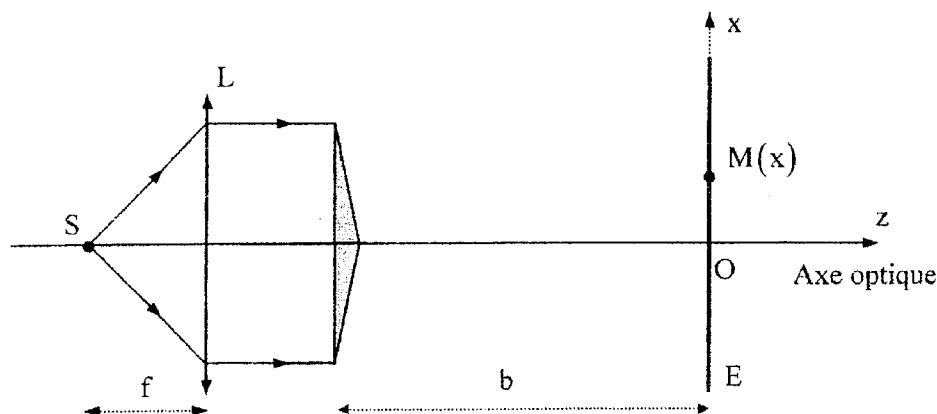
Montrer que la différence de marche  $\delta$  entre les rayons émergents du bi-prisme et qui interfèrent en  $M(x)$  s'écrit :  $\delta(x) = \frac{2d(n-1)Ax}{b+d}$ . Décrire l'aspect de la figure d'interférences.

**II-1-4-** La source  $S$  émet une radiation lumineuse monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 546 \text{ nm}$ . 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-elle de la position de l'écran ? Faire l'application numérique pour  $\lambda = 589 \text{ nm}$  et  $n = 1,5$ .

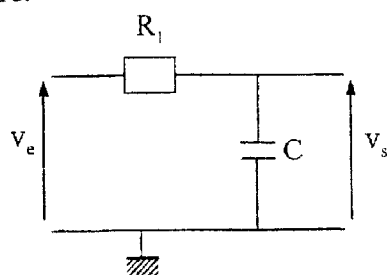
**II-2-4-** A quelle distance  $b = b_0$  du bi-prisme faut-il placer l'écran pour observer un nombre maximal de franges ? Combien de franges brillantes observe-t-on ? On donne  $h = 1 \text{ cm}$ .

### **PROBLEME B : ELECTRONIQUE**

**I-** On applique entre les bornes du circuit représenté sur la figure 4 une tension sinusoïdale, de pulsation  $\omega$  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  $\underline{H}(j\omega) = \frac{v_s}{v_e}$ .

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

Déterminer la bande passante de ce filtre à  $-3 \text{ dB}$  pour  $C = 10 \text{ nF}$  et  $R_1 = 4 \text{ k}\Omega$ .

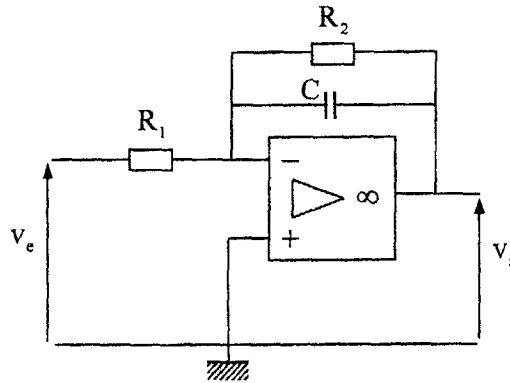
**I-4-** Ce filtre est chargé par une résistance  $R_2$  branchée aux bornes de la capacité C.

**I-4-1-** Déterminer la fonction de transfert de ce filtre. Montrer qu'elle peut se mettre sous la forme :  $\underline{H}_1(j\omega) = \frac{H_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$ . Exprimer  $H_0$  et  $\omega_0$  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  $\omega$  et d'amplitude  $V_e$ . On a ainsi  $v_e(t) = V_e \cos \omega t$ .

**II-2-1-** A quelle condition sur  $\omega$ , 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  $\omega$ , 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 :

$$\underline{H}_2(j\omega) = - \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + jR_2C\omega}. \text{ En déduire la pulsation du coupure } \omega_0 \text{ du montage.}$$

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

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

**Fin de l'épreuve.**