

Concours Biologie et Géologie
Epreuve de Physique

Date : Jeudi 10 Juin 2004 Heure : 8 H Durée : 3 H Nb pages : 4

Barème : Problème 1 : 12 pts ; Problème 2 : 8 pts

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

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

L'épreuve comporte deux problèmes ayant des parties **indépendantes** entre elles. Les candidats peuvent les résoudre dans l'ordre qui leurs convient, en respectant néanmoins la numérotation des questions.

Problème 1 : Biprisme de Fresnel

I) On considère un prisme de verre d'indice $n = 1,5$ plongé dans l'air d'indice $n_0 = 1$ et dont la section droite est un triangle ABC isocèle d'angle au sommet A (figure 1).

1°) Rappeler les lois de la réflexion et de la réfraction de Descartes.

2°) Ecrire la relation entre l'angle d'incidence i et l'angle de réfraction r sur la face AB du prisme.

3°) Le rayon réfracté dans le prisme arrive sous un angle d'incidence r' sur la face AC.

Donner la relation entre r' et l'angle d'émergence i' du prisme à travers cette face. Préciser la valeur π_c de l'angle limite de r' pour que le rayon émerge du prisme à travers la face AC.

4°) Compléter la marche du rayon lumineux incident émergeant du prisme.

5°) Déterminer une relation entre les angles A, r et r' .

6°) Un pinceau lumineux cylindrique éclaire ce prisme sous l'incidence i ; sachant que le rayon émergent est perpendiculaire à la face de sortie AC, exprimer l'angle A du prisme en fonction de i .

7°) Dans le cas d'une incidence faible, montrer que la déviation D du prisme s'écrit sous la forme : $D \approx (n - 1)A$.

II) On coupe le prisme ABC suivant la hauteur AH en deux parties égales afin d'avoir deux prismes identiques droits A'BH et A'CH. On accole ces deux prismes par leurs bases comme le montre la figure 2. L'angle au sommet A' du biprisme ainsi obtenu est faible de telle sorte que les distances HC et HB sont négligeables devant les autres dimensions.

Le biprisme est éclairé par une source lumineuse ponctuelle S monochromatique de longueur d'onde λ située sur l'axe Z'Z tel que $SH = d = 0,25$ m. L'écran d'observation E, placé à $d' = 1,75$ m du biprisme, est normal en O à l'axe Z'Z.

Le dispositif interférentiel obtenu est plongé dans l'air.

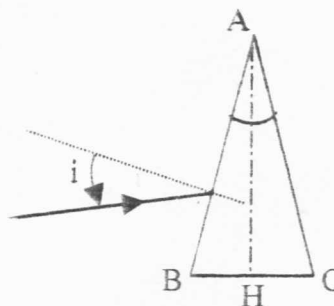


Figure 1

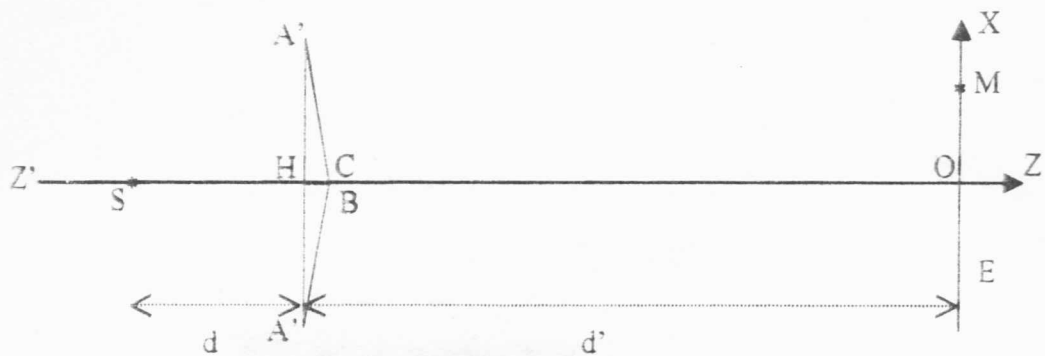


Figure 2

- 1°) Construire les deux sources secondaires S_1 et S_2 images de S respectivement par les prismes $A'BH$ et $A'CH$. Hachurer la zone délimitant le champ d'interférences.
- 2°) En utilisant l'expression de la déviation du prisme, montrer que la distance $S_1S_2 = a$ séparant les deux sources secondaires s'écrit sous la forme : $S_1S_2 = 2d(n-1)A'$.

III) La source S émet une vibration lumineuse monochromatique d'amplitude s_0 et de pulsation ω : $s(S,t) = s_0 \cos \omega t$.

- 1°) Donner les expressions des vibrations $s_1(M,t)$ et $s_2(M,t)$ qui interfèrent en un point M de l'écran d'observation en fonction de S_1M , S_2M et des données du problème. En déduire l'expression de la vibration résultante $s(M,t)$ en ce point.
- 2°) Quelle est l'intensité lumineuse résultante $I(M)$?
- 3°)
 - a) Déterminer le lieu des points M de l'espace où l'intensité est maximale.
 - b) Déterminer le lieu des points M de l'espace où l'intensité est minimale.
- 4°) Qu'observe-t-on sur l'écran E ?
- 5°) Déterminer, en un point M de l'écran d'abscisse X voisin de O , la différence de marche $\delta = S_2M - S_1M$ en fonction de a , X , d et d' .
- 6°) En déduire l'expression de l'interfrange.

IV) La lumière monochromatique émise est de longueur d'onde $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$. Sur l'écran d'observation E , la distance entre la troisième frange obscure au dessus de la frange centrale brillante et la quatrième frange obscure au dessous de cette frange centrale est 3 mm .

- 1°) Calculer l'interfrange.
- 2°) En déduire la distance a qui sépare les deux sources S_1 et S_2 obtenues par le biprisme.
- 3°) Trouver l'angle au sommet A' du prisme.
- 4°) On couvre la face de sortie du prisme supérieur $A'CH$ d'une petite lame transparente à faces parallèles d'indice $1,5$ et d'épaisseur $8 \mu\text{m}$.
 - a) Exprimer la nouvelle différence de marche δ' en un point M de l'écran.
 - b) Quelle est la nouvelle position O' de la frange correspondant à $\delta' = 0$?
 - c) Déterminer l'interfrange. Conclure.

V) Le dispositif interférentiel de la figure 2 (sans la lame), est éclairé maintenant par une source S émettant deux radiations de longueurs d'onde $\lambda_1 = 0,5 \mu\text{m}$ et $\lambda_2 = 0,6 \mu\text{m}$.

- 1°) Qu'observe-t-on sur l'écran ? Peut-on avoir interférences entre ces deux radiations ? Justifier.
- 2°) Déterminer la fonction $I(M)$ donnant la répartition de l'intensité sur l'écran.
- 3°) A quelle distance de O trouve-t-on la première anti-coïncidence entre les franges brillantes des deux systèmes de franges ?

Problème 2 : Alimentation stabilisée

I- Le montage, présenté sur la figure 1, permet d'obtenir, à partir d'une tension alternative sinusoïdale à l'entrée, une tension continue à la sortie. L'ensemble constitue ce que l'on appelle une alimentation stabilisée.

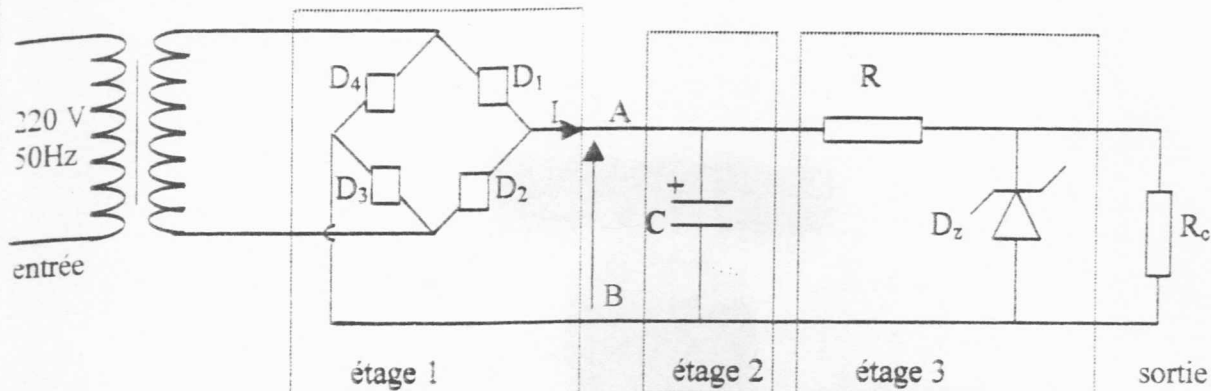


Figure 1

- 1°) Donner le nom et le rôle de chaque étage.
- 2°) a) Reproduire le schéma de l'étage 1 en plaçant convenablement les diodes à jonction D_i ($i = 1, 2, 3, 4$) et en lui ajoutant la résistance R_c qu'on placera entre les points A et B (figure 1).
b) Préciser, pour chaque alternance, le chemin suivi par le courant I traversant le pont à diodes supposées idéales.
c) Représenter l'allure de la tension v_s aux bornes de la résistance R_c en fonction du temps.
- 3°) On veut étudier l'étage 3 comportant une résistance R et une diode Zéner D_z inconnue. La figure 2 représente l'étage 3 relié au transformateur délivrant une tension sinusoïdale $e(t)$. La borne commune entre la résistance et la diode Zéner est mise à la masse.

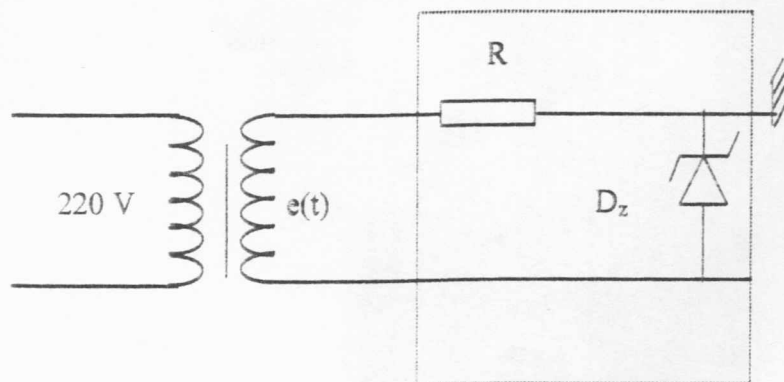


Figure 2

Reproduire sur votre copie le schéma de la figure 2 et expliquer comment un oscilloscope permet de visualiser la caractéristique $I(U)$ de la diode Zéner.

II- Après linéarisation par morceau, la caractéristique $I(U)$, donnée par la figure 3, traduit trois modes de fonctionnement.

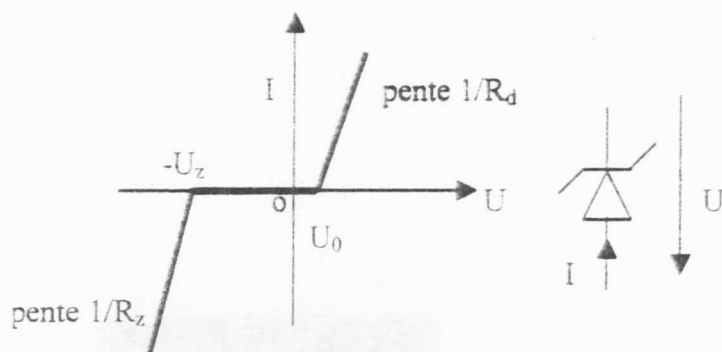


Figure 3

- 1°) Donner la définition de chacune des grandeurs suivantes : U_z , R_z , U_0 et R_d .
- 2°) Expliquer le comportement de la diode Zéner D_z en fonction de la tension U pour chaque mode de fonctionnement.
- 3°) Déterminer l'expression de la tension aux bornes de D_z , pour chaque intervalle de fonctionnement. En déduire pour chacun de ces intervalles, le schéma électrique équivalent.

III- On veut étudier le régulateur Zéner représenté par la figure 4.

Le montage est constitué d'une diode Zéner ($U_z = 10 \text{ V}$; $R_z = 5 \Omega$), d'une résistance $R = 20 \Omega$ et d'une résistance de charge R_c variable. On alimente le circuit par une tension présentant de fortes ondulations importantes autour de la valeur moyenne $U_e = 30 \text{ V}$. On obtient à la sortie aux bornes de R_c traversée par le courant de sortie I_s , une tension U_s .

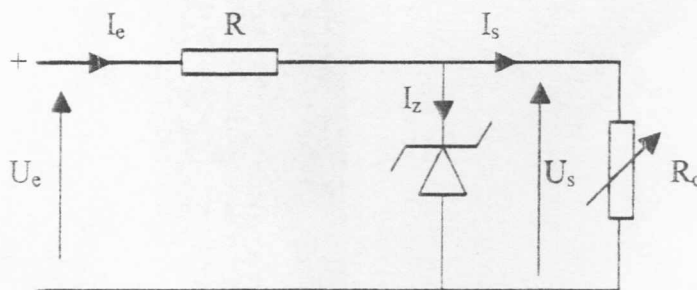


Figure 4

- 1°) Représenter la caractéristique $I_z = f(U_s)$ de la diode Zéner.
- 2°) En se plaçant dans le cas où $U_s > U_z$. Montrer, en utilisant les lois des nœuds et des mailles, que le courant I_z dans la diode Zéner s'exprime sous la forme :
$$I_z = \frac{U_e - U_z(1 + \frac{R}{R_c})}{R + R_z(1 + \frac{R}{R_c})}$$
- 3°) Exprimer la tension de sortie U_s en fonction de U_e , I_s , U_z , R et R_z .
Calculer les facteurs de régulation $f = (\frac{\Delta U_s}{\Delta U_e})$ à $I_s = \text{cte}$ et $r = -(\frac{\Delta U_s}{\Delta I_s})$ à $U_e = \text{cte}$.
- 4°) En considérant que la résistance de charge R_c décroît de l'infini jusqu'à 250Ω , calculer :
 - a) les courants maximal et minimal dans la diode Zéner ;
 - b) les tensions de sortie maximale et minimale ;
 - c) le taux d'ondulation en tension défini par $\tau = \frac{\Delta U_s}{U_{\text{moyen}}}$, avec $U_{\text{moyen}} = (U_{\text{smax}} + U_{\text{smin}})/2$