



Concours Nationaux d'Entrée aux
Cycles de Formation d'Ingénieurs
Session : Juin 2000

Concours en Biologie - Géologie
Epreuve de Physique

Durée : 3 heures

Date : 7 juin 2000

Heure : 8 h

Nb pages : 4

Barème : Partie A : 10 / 20 ; Partie B : 4 / 20 ; Partie C : 6 / 20

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.

Le problème comporte différentes parties **indépendantes** entre elles, les candidats peuvent les résoudre dans l'ordre qui leur convient, en respectant néanmoins la numérotation des questions.

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

A – Etude générale d'un système interférentiel à deux sources

On considère une source lumineuse S ponctuelle, monochromatique en un point de l'axe $z'z$ et un système optique centré d'axe $z'z$, non absorbant, non déphasant, de grandissement transversal unité, qui fournit deux images géométriques S_1 et S_2 de S , tel que $z'z$ soit la médiatrice de S_1S_2 . Les deux sources secondaires S_1 et S_2 , situées sur l'axe (O_1X) parallèle à (Ox) , distantes de $a = S_1S_2$, émettent des radiations lumineuses identiques de la forme :

$$s_0 = A \cos \omega t.$$

On observe les interférences produites par ce dispositif sur un écran plan E perpendiculaire à $z'z$ en O (figure 1) et situé à une distance D de S_1S_2 , très grande devant la distance a ($D \gg a$).

I- Intensité lumineuse

1. Donner les expressions des vibrations s_1 et s_2 issues des sources S_1 et S_2 en un point $M(x,y)$ voisin de O .
En déduire l'expression de la vibration résultante $s(M,t)$ en ce point. Donner la différence de marche $\delta(M)$ entre les deux vibrations qui se superposent au point $M(x,y)$.
2. Quelle est la forme des franges d'interférences observées sur l'écran E au voisinage de O ?
3. Pour quelles valeurs de x a-t-on des franges brillantes ?
Pour quelles valeurs de x a-t-on des franges sombres ?
En déduire l'expression de l'interfrange i .
4. Montrer que l'intensité lumineuse I au point M peut se mettre sous la forme :

$$I(M) = f\left(\frac{x}{i}\right)$$

1. Construire sur une figure, les faisceaux réfléchis par M_1 et M_2 .
2. Les dimensions des miroirs M_1 et M_2 étant telles que les deux faisceaux utiles émis par F ont la même ouverture angulaire θ dans le plan de la section principale (cf figure 2).
Représenter le champ d'interférences dans les trois cas suivants :
 - (a) $\theta < \alpha$
 - (b) $\theta = \alpha$
 - (c) $\theta > \alpha$
3. Le système interférentiel est maintenant éclairé par un faisceau parallèle.
 - (a) Comment disposer la fente source F par rapport à une lentille mince convergente de manière à obtenir un tel faisceau ?
 - (b) Montrer que le dispositif permet d'obtenir un système d'interférences.
 - (c) Représenter l'intersection du champ d'interférences avec le plan de la section principale.

C- Télémétrie

1. On se place dans la situation où les deux miroirs sont orthogonaux ($\alpha = \pi/2$). On considère un rayon issu de la source ponctuelle S ; ce rayon se réfléchit sur M_1 puis sur M_2 (figure 3).
 - (a) Compléter la marche du rayon lumineux de la figure 3.
 - (b) Calculer la déviation angulaire totale subie par un rayon lumineux.
 - (c) Sachant que la source S est placée à une distance $SJ_1 = 3$ cm du miroir M_1 et à une distance $SJ_2 = 4$ cm du miroir M_2 , construire l'image définitive du point source S donnée par le système (M_1 puis M_2).
Quelle est la nature de cette image ?
2. On considère maintenant trois miroirs plans identiques formant les trois faces d'un trièdre rectangle $W_{X_1Y_1Z_1}$ pour constituer un « coin de cube » (figure 4).
 - (a) Montrer que tout rayon caractérisé par son vecteur d'onde $(k_{X_1}, k_{Y_1}, k_{Z_1})$, incident sur l'une des faces du « coin de cube » est renvoyé après réflexions dans la direction opposée à la direction incidente, quelle que soit celle-ci (figure 4).
 - (b) Ce « coin de cube » constitue la base d'un réflecteur d'un télémètre Terre-Lune. Pour mesurer avec précision la distance Terre-Lune, on exploite la grande directivité d'un faisceau laser en plaçant sur la Terre un télescope éclairé par une impulsion laser et en déposant un réflecteur « coin de cube » sur la Lune. Une impulsion lumineuse est envoyée du télescope vers le réflecteur qui renvoie une partie de la lumière reçue.
Sachant que la durée écoulée entre les instants de l'émission et la réception de l'impulsion laser est $\tau = 2,56$ s, calculer la distance Terre-Lune d_{TL} .
On donne la célérité de la lumière : $c = 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹.
3. La détection de l'impulsion laser se fait à l'aide d'une photorésistance PR incluse dans le montage de la figure 5. A l'obscurité, la photorésistance PR a une résistance égale à R_1 ; sa résistance est égale à R_2 lorsqu'elle est éclairée.
On donne $R_E = 220 \Omega$; $V_{BE} = 0,2$ V ; $R_C = 280 \Omega$; $R_1 = 100$ k Ω et le gain statique en courant $\beta_s = 100$.
 - (a) Déterminer les caractéristiques (E_{Th}, R_{Th}) du générateur de Thévenin équivalent du circuit entre le point B et la masse.
Représenter alors le schéma du circuit équivalent global.
 - (b) A l'obscurité, on mesure un courant $I_c = 2$ mA. Calculer R_0 .
 - (c) Lorsque PR est éclairée par l'impulsion laser réfléchie, le courant du collecteur devient $I_c = 15$ mA. Déterminer la valeur de la résistance R_2 .

II- Déplacement de la source

1. On déplace le point source S parallèlement à Oy de sorte que S₁ et S₂ subissent le même déplacement. Comment est modifié le système des franges ? Conclure.
2. Même question si le déplacement de S a lieu, dans les mêmes conditions, parallèlement à Ox d'une quantité SS' = X₀. Quelle est alors la position de la frange centrale ?

III- Radiations monochromatiques

1. La source ponctuelle émet deux radiations monochromatiques de même intensité, de couleur verte et jaune de longueurs d'onde respectives $\lambda_1 = 0,546 \mu\text{m}$ et $\lambda_2 = 0,578 \mu\text{m}$.

(a) Montrer que le système de franges est périodiquement en coïncidence ou en anti-coïncidence.

(b) En se déplaçant sur l'écran E à partir de la frange centrale, calculer le nombre n₁ d'interfranges pour obtenir la première coïncidence.

2. On sélectionne, à l'aide d'un filtre, la raie jaune qui est en réalité composée de deux radiations d'égale intensité très voisines et de longueurs d'onde $\lambda'_2 = 0,577 \mu\text{m}$ et $\lambda''_2 = 0,579 \mu\text{m}$.

On posera $\Delta\lambda = \lambda''_2 - \lambda'_2$ et $\lambda_2 = \frac{1}{2}(\lambda''_2 + \lambda'_2)$.

(a) Calculer l'intensité I(M) en un point M(x,y) de l'écran. On introduira l'ordre

d'interférences : $p_2(M) = \frac{\delta(M)}{\lambda_2}$ et on fera l'approximation $\Delta\lambda \ll \lambda_2$.

(b) Montrer que l'intensité peut s'écrire sous la forme :

$$I(M) = I_0[1 + V(x) \cos 2\pi p_2(M)]$$

dans laquelle V(x) est le facteur de visibilité au point M.

(c) Donner les positions des minima du facteur de visibilité (c'est à dire quand il y a brouillage des franges) et celles des maxima du facteur de visibilité, pour un interfrange $i_2 = 193 \mu\text{m}$.

(d) Calculer l'ordre d'interférences pour la première coïncidence à partir de la frange centrale.

(e) Sachant que l'étendue du champ d'interférences est de 1 cm, peut-on observer cette première coïncidence avec le dispositif utilisé?

IV- Lumière blanche

1. La source émet maintenant de la lumière blanche dont les longueurs d'onde sont comprises entre $\lambda_{\min} = 0,4 \mu\text{m}$ et $\lambda_{\max} = 0,8 \mu\text{m}$. Qu'observe-t-on sur l'écran ?

2. La fente d'un spectroscopie est placée parallèlement aux franges.

(a) Montrer qu'il est possible d'observer un spectre cannelé à la sortie du spectroscopie. Préciser alors la position de la fente du spectroscopie par rapport à la fente centrale.

(b) Le dispositif utilisé est tel que D = 1 m, a = 3 mm et la fente du spectroscopie est placée à une position x = 1,5 mm de l'axe de symétrie z'z. Calculer les longueurs d'onde correspondantes aux cannelures sombres. On supposera que la largeur de la fente du spectroscopie est très petite devant les différents interfranges.

B- Cas des miroirs de Fresnel

Le système optique est constitué de deux miroirs plans rectangulaires M₁ et M₂, dont les bords adjacents ont une arête commune Δ de trace T dans le plan de la figure 2 (l'angle α est très faible).

Afin d'augmenter la luminosité des franges brillantes, on remplace la source ponctuelle S par une fente très fine F parallèle à l'arête commune Δ des deux miroirs.

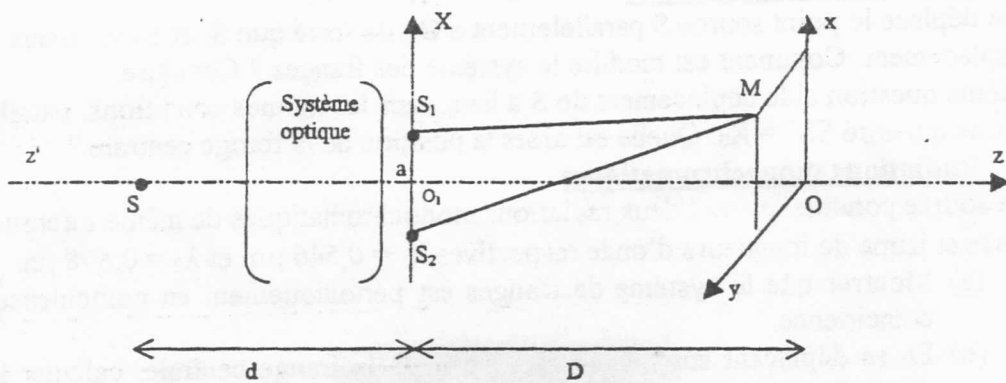


Figure 1

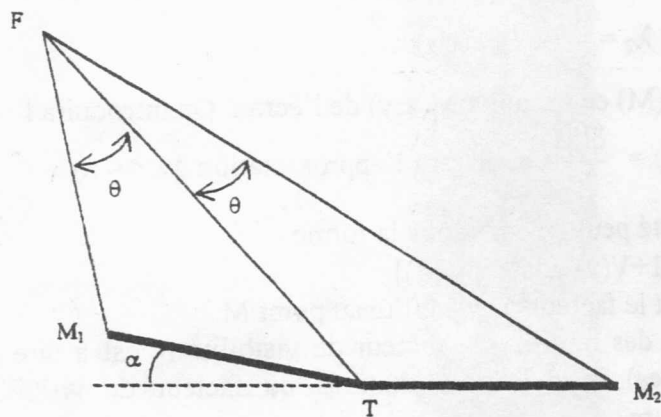


Figure 2

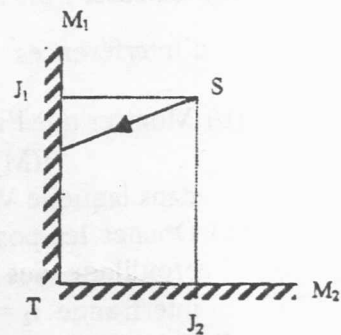


Figure 3

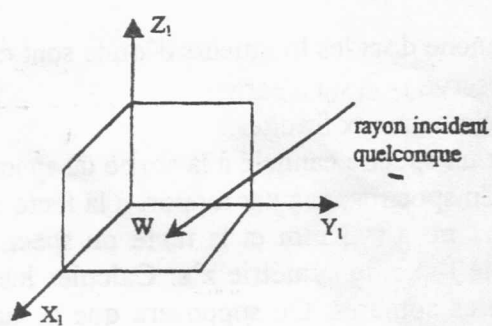


Figure 4

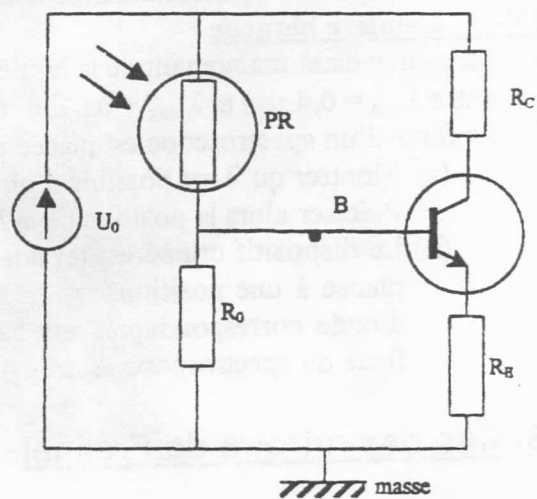


Figure 5