

# CYCLE INGENIEUR

CONCOURS D'ADMISSION  
SERIE C

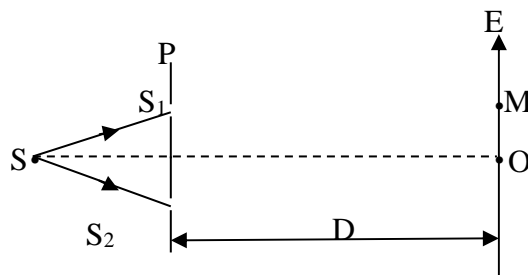
EPREUVE DE PHYSIQUE  
 DUREE : 3 HEURES

## EXERCICE 1 (5 POINTS) - Ondes Lumineuses

On réalise une expérience d'interférences lumineuses avec un dispositif des fentes de Young. Un faisceau de lumière issu d'une source ponctuelle S est envoyé sur une plaque opaque P percée de deux fentes très fines  $S_1$  et  $S_2$ . La source S est située sur l'axe de symétrie de  $S_1S_2$ .

La distance entre les deux fentes, notée a, est très faible.

Un écran E est placé orthogonalement au plan médiateur de  $S_1S_2$  et à une distance D de  $S_1S_2$ . On désigne par O la projection du milieu de  $S_1S_2$  sur l'écran.



### 1) Etude théorique

1) a) Recopier la figure, représenter les faisceaux diffractés par les sources  $S_1$  et  $S_2$  et indiquer la partie où l'on observe des interférences (champ d'interférences). **0,50 pt**

1) b) La source S émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$  et de pulsation  $\omega$ , les fentes  $S_1$  et  $S_2$  émettent des vibrations de la forme  $y_{01} = y_{02} = S_0 \cdot \sin \omega t$ . Les vibrations issues de  $S_1$  et  $S_2$  se superposent en tout point de la partie commune aux faisceaux diffractés.

On se propose de caractériser l'intensité lumineuse ou éclaircissement en tout point M de l'écran repéré par son abscisse  $x = OM$ . On désigne par  $d_1$  et  $d_2$  respectivement la distance entre le point M et les sources  $S_1$  et  $S_2$ .

La différence de marche est :  $\delta = d_2 - d_1 = \frac{ax}{D}$ .

1) b) i) Donner les expressions des vibrations issues de  $S_1$  et  $S_2$  au point M en fonction de  $\omega$ , t,  $d_1$ ,  $d_2$  et c (célérité de la lumière). **0,50 pt**

1) b) ii) On montre que la vibration résultante au point M est donnée par l'expression :

$$Y = 2S_0 \cos \frac{\pi\delta}{\lambda} \sin \omega \left( t - \frac{d_1 + d_2}{2c} \right)$$

Que représente le coefficient  $2S_0 \cos \frac{\pi\delta}{\lambda}$  pour la vibration Y? **0,25 pt**

1) c) L'intensité lumineuse ou éclairement  $E$  au point  $M$  est définie comme étant une grandeur proportionnelle à la puissance apportée par le rayonnement, cette puissance est elle-même proportionnelle au carré de l'amplitude  $A$  de la vibration résultante en  $M$ , soit  $E = C.A^2$ , relation où  $C$  est une constante de proportionnalité.

1) c) i) Montrer que l'intensité lumineuse  $E$  en  $M$  peut se mettre sous la forme :

$$E(x) = E_0(1 + \cos \frac{2\pi x}{i}), \text{ relation où l'on précisera l'expression de } E_0 \text{ et celle de } i. \quad \mathbf{0,75 \text{ pt}}$$

1) c) ii) Calculer  $E$ , en fonction de  $E_0$ , pour les valeurs suivantes de  $x$  :  $-i$ ;  $-\frac{3}{4}i$ ;  $-\frac{i}{2}$ ;  $-\frac{i}{4}$ ;  $0$ ;  $\frac{i}{4}$ ;  $\frac{i}{2}$ ;  $\frac{3}{4}i$ ; et  $i$ . A l'aide des valeurs obtenues, ébaucher le graphe  $E(x) = f(x)$ .  $\mathbf{1,00 \text{ pt}}$

1) c) iii) A l'aide du graphe, préciser :

- dans l'intervalle considéré, les abscisses des points où l'éclairement est maximal (franges brillantes) et celles des points où l'éclairement est nul (franges obscures).  $\mathbf{0,50 \text{ pt}}$

- la distance, en fonction de  $i$ , qui sépare les milieux de deux franges consécutives de même nature.  $\mathbf{0,50 \text{ pt}}$

## 2) Application à la détermination de longueurs d'onde.

L'exploration du champ d'interférences permet de déterminer la longueur d'onde d'une lumière monochromatique par mesure directe ou par comparaison de la figure d'interférences qu'elle produit avec celle d'une radiation de longueur d'onde connue. Dans la suite, on prendra :  $D = 2 \text{ m}$  et  $a = 1 \text{ mm}$ .

2) a) La source  $S$  émet une onde lumineuse bleue de longueur d'onde  $\lambda_1$ . A l'aide d'un instrument approprié, on mesure la distance correspondant à un ensemble de 10 interfranges sur l'écran ; cela donne  $9,6 \text{ mm}$ . En déduire la valeur de  $\lambda_1$ .  $\mathbf{0,50 \text{ pt}}$

2) b) La source  $S$  émet maintenant une onde lumineuse rouge-orangée de longueur d'onde  $\lambda_2$ . On constate que le milieu de la seconde frange sombre de cette lumière occupe la place qu'occupait le milieu de la seconde frange brillante de la lumière de longueur d'onde  $\lambda_1$ . La frange centrale est notée zéro (0).

Déduire de cette expérience la longueur d'onde  $\lambda_2$  de la lumière rouge-orangée.  $\mathbf{0,50 \text{ pt}}$

## EXERCICE 2 (5 POINTS) - Mécanique

Un mobile autoporteur  $S$  de masse  $m = 285 \text{ g}$  est abandonné sans vitesse initiale sur une table inclinée d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale. A l'instant choisi comme origine des dates, son centre d'inertie  $G$  se situe en  $A$ . On étudiera le mouvement du centre d'inertie  $G$  dans le repère  $(A, x, y)$ , avec  $Ax$  horizontal et  $Ay$  vertical vers le bas (figure 1).

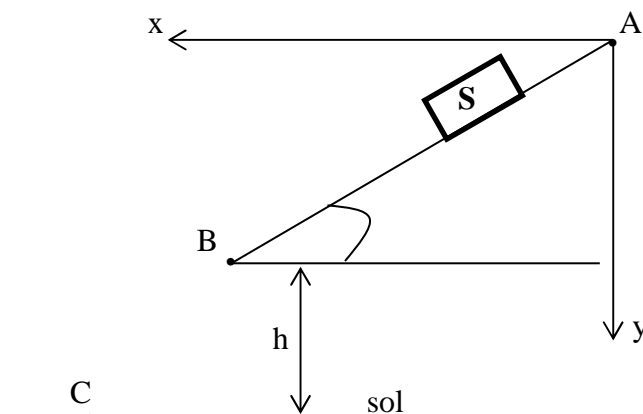


Figure 1

Le mouvement de S se fait suivant la ligne de plus grande pente du plan incliné. Le solide S est soumis sur la table à une force de frottement unique, s'opposant au mouvement et d'intensité  $f$  constante inconnue. Le solide quitte la table en B, il n'est plus soumis qu'à l'action de la pesanteur. Le point B se situe à une hauteur  $h = 90$  cm au-dessus du sol. On négligera l'action de l'air sur S. Un dispositif informatisé permet d'enregistrer les coordonnées du centre d'inertie sur le plan incliné. On prendra :  $g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$ .

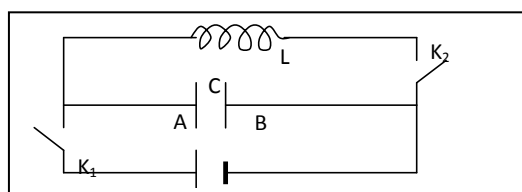
Temps $t$ (s)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$x$ (mm)	0	43	172,1	387,1	688,2	1075,3
$y$ (mm)	0	22	87,8	197,4	350,9	550

- 1) Montrer que la valeur de l'angle d'inclinaison de la table est  $\alpha = 27^\circ$ . **1,00 pt**
- 2) Calculer la valeur de la force de frottement s'appliquant sur le mobile. **1,00 pt**
- 3) La valeur de la vitesse en B est  $v_B = 2,69$  m/s. Quelle est la longueur de la table ? **0,50 pt**
- 4) Le solide quitte la table avec la vitesse  $v_B$  précédente. Déterminer les coordonnées du point C de contact avec le sol. **1,50 pt**
- 5) Calculer la durée du mouvement entre le point A et le point C. **1,00 pt**

### **EXERCICE 3 (5 POINTS) - Oscillations électriques**

#### **1) Oscillations libres.**

Un condensateur de capacité  $C = 10 \mu\text{F}$  est chargé à l'aide d'une batterie de f.é.m.  $E = 15,0$  V et de résistance négligeable (l'interrupteur  $K_1$  étant fermé et l'interrupteur  $K_2$  ouvert).



- 1) a) Calculer la charge maximale prise par l'armature A du condensateur et préciser sur la figure l'armature qui s'est chargée positivement. **0,50 pt**
- 1) b) Ce condensateur peut ensuite se décharger dans une bobine d'inductance  $L = 1$  H et de résistance négligeable. Pour cela, on ouvre  $K_1$  et, à la date  $t = 0$ , on ferme  $K_2$ .
  - 1) b) i) Déterminer à la date  $t = 0$ , la valeur  $U_0$  de la tension  $u_{AB}$  aux bornes du condensateur et l'intensité  $I_0$  du courant dans le circuit (L, C). **0,75 pt**
  - 1) b) ii) A la date  $t$ , la tension aux bornes du condensateur vaut  $u = u_{AB}$ .  
Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension instantanée  $u(t)$ . **0,50 pt**
  - 1) b) iii) Exprimer  $u$  en fonction de  $t$  et de  $U_0$ . **1,00 pt**

## 2) Oscillations forcées.

Un dipôle AD constitué par un conducteur ohmique de résistance  $R = 20 \Omega$  en série avec une bobine de résistance  $r$  et d'inductance  $L$  est alimenté par une tension sinusoïdale de valeur efficace  $U_{AD} = 5 \text{ V}$  et de fréquence  $f = 250 \text{ Hz}$ . L'intensité instantanée s'exprime sous la forme  $i(t) = I\sqrt{2} \cos 2\pi ft$ . Les mesures efficaces des tensions respectivement aux bornes du résistor et de la bobine donnent les résultats suivants :  $U_{AB} = 2,56 \text{ V}$  et  $U_{BD} = 2,93 \text{ V}$ .

- 2) a) Déterminer les caractéristiques ( $r$  et  $L$ ) de la bobine. **1,00 pt**  
2) b) Donner l'expression de la tension  $u(t)$  entre A et D. **0,75 pt**  
2) c) On insère dans le circuit et en série, un condensateur de capacité  $C$ .  
Pour quelle valeur de  $C$  la puissance moyenne consommée par ce circuit est-elle maximale ? **0,50 pt**

## EXERCICE 4 (5 POINTS) - Phénomènes corpusculaires et réactions nucléaires

On étudie ici le cycle du carbone qui est un des modèles de la réaction nucléaire de fusion de l'hydrogène. Dans ce mécanisme le carbone a seulement rôle de catalyseur.

Globalement la réaction s'écrit :  $4p \longrightarrow 2\text{}^0_+e + \text{}^4_2\text{He} + 3\gamma_1$  (1)

On donne :

$$m_p = 1,0073u ;$$

$$m_e = 0,000549u ;$$

$$m(\text{}^4_2\text{He}) = 4,0026u ;$$

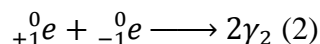
$$1u = 931,5 \text{ MeV}/c^2 = 1,66 \times 10^{-27} \text{ Kg} ;$$

$$\text{Constante de Planck : } h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.S} ;$$

$$\text{Célérité de la lumière dans l'air : } c = 2,998 \times 10^8 \text{ m/S} ;$$

$$\text{Charge du proton : } e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

- 1) Vérifier que la réaction (1) est bien exothermique. En admettant que les positrons et le noyau d'hélium sont émis au repos, calculer l'énergie  $E\gamma_1$  et la longueur d'onde des photons  $\gamma_1$  émis **1,00 pt**  
2) Les positrons s'annihilent très rapidement avec les électrons de la matière solaire par la réaction :



- 2) a) Calculer l'énergie  $E\gamma_2$  et la longueur d'onde des photons  $\gamma_2$ . **1,00 pt**  
2) b) Calculer l'énergie libérée au cours de la fusion des quatre noyaux d'hydrogène. **0,50 pt**  
3) Ces photons sont émis par le soleil dans toutes les directions. La haute atmosphère terrestre reçoit du soleil une puissance totale  $P_t = 1400 \text{ W/m}^2$ . Quelle est la puissance  $P$  émise par le soleil ?  
NB : la lumière met 8 min 18s pour aller du soleil à la terre. **0.50 pt**  
4) Calculer la masse perdue par seconde  $\Delta M$  par le soleil en une seconde ? **0,50 pt**  
5) Calculer la fraction  $F$  de masse convertie en énergie au cours de la réaction (1). **0,50 pt**  
6) Si l'on admet que 10% seulement de la masse du soleil soit suffisamment chaude pour subir cette réaction, calculer la masse de matière que le soleil peut perdre dans l'avenir  $\Delta M'$ . **0,50 pt**  
7) En déduire l'espérance de vie du soleil. **0,50 pt**

Fin de l'épreuve