Sujet 1

CONCOURS D'ENTREE A L'ECOLE MILITAIRE DE SANTE **SESSION 2012**

EPREUVE DE PHYSIQUE **DUREE : 04 HEURES**

EXERCICE 1 **(20 points)**

Dans tout l'exercice, on donnera l'expression littérale et la valeur numérique des grandeurs calculées. On pourra considérer que $\pi^2=10$

On dispose d'un dipôle D_1 dont la nature exacte est inconnue, mais on sait qu'il peut être formé des éléments suivants :

Cas (a) : une résistance pure R et une inductance pure L en série

Cas(b) : une résistance pure R et un condensateur parfait de capacité C en série

Cas(c) : une résistance pure R

1.1 Pour déterminer la nature exacte de D_1 on réalise les deux expériences décrites ci-dessous.

1.1.1 Expérience 1 : On alimente un tel dipôle D_1, placé en série avec un ampèremètre à courant continu, par une tension continue, et on observe qu'un courant permanent traverse D_1.

De quels éléments peut être constitué le dipôle D_1 [cas(a), cas(b) ou cas (c)] ? Justifier la réponse.

1.1.2 Expérience 2 : on alimente maintenant le dipôle D_1 par une tension sinusoïdale de fréquence f = 50Hz et on observe que :

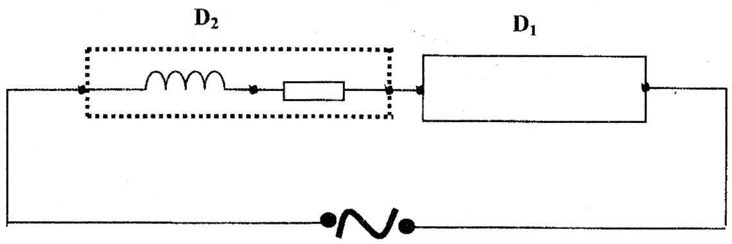
- l'intensité efficace du courant dans D_1 est I_1 = 0 ,50A ;
- la tension efficace aux bornes de D_1 est U_1 = 100V ;
- la puissance moyenne dissipée dans D_1 est P_1 = 25W.

a) Quelle est la nature exacte du dipôle D_1 ?

b) Déterminer l'expression littérale et la valeur numérique des caractéristiques des éléments composant D_1.

1.2 On alimente par une tension sinusoïdale de fréquence f = 50Hz un circuit constitué du dipôle D_1 précédent et d'un dipôle D_2 branché en série avec D_1. Le dipôle D_2 est constitué d'une résistance pure R_2 et d'une inductance pure L_2 en série. Dans ces conditions, on observe que :

- la tension efficace aux bornes de D_2 est U_2=60 V ;
- l'impédance de D_2 est Z_2= 300 Ω ;
- le déphasage entre l'intensité instantanée dans le circuit et la tension instantanée aux bornes de D_2 est $\emptyset_2$ =30°.



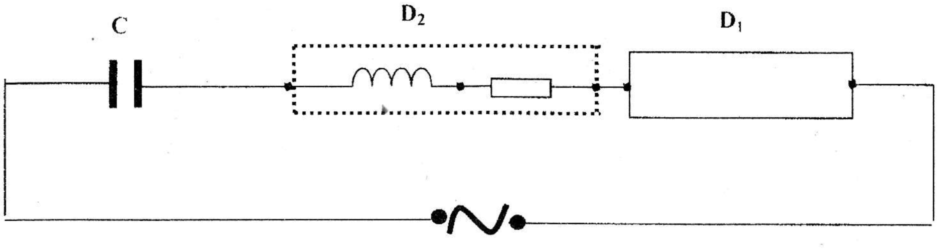
1.2.1 Déterminer la tension efficace U'_1 aux bornes de D_1

1.2.2 Tracer le diagramme de Fresnel relatif à l'ensemble du circuit, en choisissant l'échelle suivante : 1cm représente 10 V.

1. 2.3 Calculer L_2 et R_2.

1.2.4 Calculer la tension efficace d'alimentation U_0 et contrôler le résultat sur le diagramme de Fresnel.

1.3 On réalise maintenant un montage comprenant, en série, les dipôles D_1 et D_2 précédents, et un condensateur parfait de capacité C. Le circuit est alimenté par une tension sinusoïdale de fréquence f= 50 Hz et de valeur efficace U_3.



On désire obtenir dans ce circuit un courant de même intensité efficace I_2 que dans la question 1.2, en utilisant une tension d'alimentation U_3 minimale

1.3.1 Montrer que l'impédance de l'ensemble doit être minimale et calculer la valeur de C .

1.3.2 Déterminer la valeur efficace de la tension d'alimentation et la puissance moyenne P_3 dissipée dans le circuit.

EXERCICE 2 **(15 points)**

L'isotope $^{14}_{6}C$ du carbone est instable ; il se désintègre par radioactivité β^- .

2.1 Donner la composition du noyau $^{14}_{6}C$

2.2 Expliquer ce qu'est la radioactivité β^- .

2.3 Ecrire l'équation nucléaire de la désintégration de $^{14}_{6}C$. Nommer le nucléide et les particules mis en jeu dans cette réaction. *On donne :* $_4Be$; $_5B$; $_6C$; $_7N$; $_8O$.

2.4 En raison des réactions nucléaires dans la très haute atmosphère, la proportion de carbone 14 dans le carbone atmosphérique est constante au cours du temps et égale à $a_0 = 1,0.10^{-12}$ (1 atome de carbone 14 pour 10^{12} atomes de carbone). Cette proportion se retrouve dans les organismes vivants, puisque le carbone organique provient du dioxyde de carbone atmosphérique par synthèse. Par contre, dans un organisme mort, il n'y a plus d'échanges, et la proportion (a) de carbone 14 dans le carbone de cet organisme diminue par désintégration des atomes de carbone 14.

a-) Rappeler la définition de la période radioactive.

b-) La période radioactive du carbone 14 est T = 5600 années. Soit a(t) la proportion de carbone 14 restant au moment de la datation dans un organisme mort depuis un temps t.

Compléter le tableau suivant après l'avoir recopié .

t(années)	0	2800	5600	8400	11200	14000	16800
$\frac{a(t)}{a_0}$		0,71		0,35		0,18	

c) Tracer sur papier millimétré la courbe représentative de $\frac{a(t)}{a_0}$ en fonction de t, pour t variant de 0 à 17000 ans. On utilisera les échelles suivantes : 1 cm pour 1000 ans ; 10 cm pour 1.

2.5 Lors des dernières éruptions volcaniques en Europe, des forêts ont été enfouies sous les cendres.

En 1950, on a pu déterminer par spectrométrie de masse la valeur de a(t), proportion de carbone 14 dans le carbone des bois fossilisés, et on a obtenu les résultats suivants :

Lieu de gisement	$a(t)/a_0$
Moncyneire	0,49
Montchal	0,44
Lassolas	0,39

Déterminer graphiquement «l'âge »de ces éruptions.

EXERCICE 3 **(20 points)**

Les valeurs de quelques constantes physiques sont données ci-après :

Constante de Planck : $h = 6,62.10^{-34}$ J.s

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,0.10^{8}$ m.s^{-1}

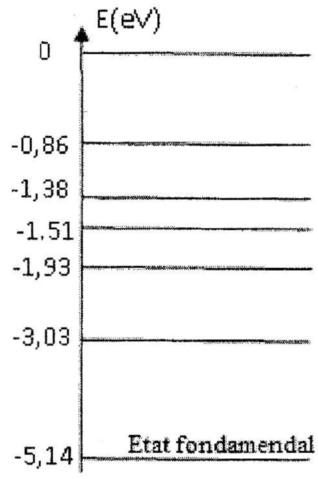
Charge élémentaire : $e = 1,6.10^{-19}$ C

Masse de l'électron : m = $9,1.10^{-31}$ kg

Les numéros atomiques des éléments Li (Z=3) He (Z=2) Na (Z=11) Be (Z = 4)

3.1 Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation : $E_n = \frac{-E_0}{n^2}$ où E_0 a pour valeur 13,6 eV.

Les ions hydrogénoïdes sont des atomes ionisés dont le noyau est entouré d'un seul électron. Les niveaux d'énergie de ces atomes sont de la forme : $E_n = \frac{-K}{n^2}$.



3.1.1 Les ions He^+ et Li^{2+} sont des hydrogénoïdes dont les énergies d'ionisation sont respectivement 54,4 eV et 122 eV. Trouver une relation simple entre leur numéro atomique Z, leur énergie d'ionisation et celle E_0 de l'atome d'Hydrogène H. En déduire l'expression de K.

3.1.2 Un hydrogénoïde inconnu est noté X^{n+}. L'énergie de son état fondamental est de - 217,6 eV. En déduire l'identité de cet hydrogénoïde.

3.1.3 Exprimer pour un hydrogénoïde la longueur d'onde λ de la lumière émise par la transition d'un électron d'un niveau p vers un niveau m en fonction de E_0, Z, p, m, h et c.

a) Calculer cette longueur d'onde pour la transition p = 5 à m = 3 pour le lithium.

b) Quelle est la limite inférieure des longueurs d'onde que peut émettre le lithium?

3.2 L'atome de sodium a la même structure externe que les hydrogénoïdes. Une partie de son diagramme d'énergie est donnée ci-contre.

3.2.1 L'atome de sodium, pris dans son état fondamental, reçoit un photon de longueur d'onde λ=589,0 nm. Quelle transition subit alors l'atome ? Justifier par le calcul.

3.2.2 Un électron émis avec une vitesse négligeable d'un filament incandescent et accéléré sous une tension de 3,00 V heurte un atome de sodium toujours pris dans son état fondamental ; l'atome de sodium restant pratiquement immobile après le choc.

a) Quel sera l'état énergétique de l'atome de sodium ? Justifier.

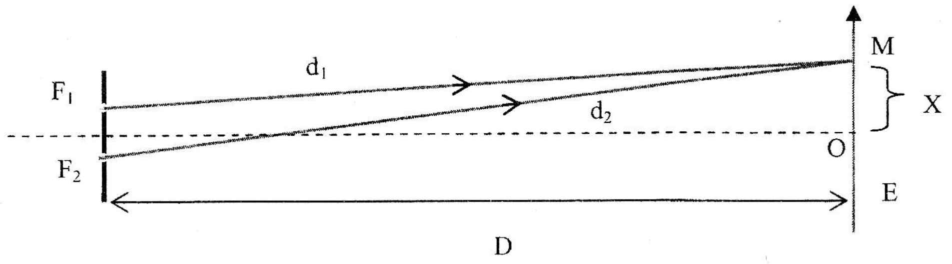
b) Quelle est la vitesse de l'électron après son interaction avec l'atome de sodium ?

EXERCICE 4 **(20 points)**

On considère le dispositif des fentes de Young (figure ci-après). Une source de lumière peut éclairer les fentes permettant d'obtenir deux sources secondaires F_1 et F_2 distantes de a.

Un écran E est placé orthogonalement au plan médiateur de F_1F_2 et à une distance D de F_1F_2.

On désigne par O la projection du milieu de F_1F_2 sur l'écran (voir croquis).



4.1 Si les deux sources F_1 et F_2 étaient indépendantes (c'est-à-dire non dérivées d'une même source) et émettaient des radiations de même longueur d'onde λ, qu'observerait-on sur l'écran ? Justifier votre réponse.

4.2 Les deux sources F_1 et F_2 sont obtenues à partir d'une même source ponctuelle F située en avant et placée sur l'axe de symétrie de F_1F_2. La source F émet une radiation monochromatique de longueur d'onde λ.

4.2.1 Décrire qualitativement ce que l'on observe sur l'écran.

4.2.2 Tout se passe comme si les sources F_1 et F_2 issues de la diffraction de la lumière provenant de F émettaient respectivement des vibrations de la forme : $S_1 = S_2 = S_0 \sin \omega t$.

Ces vibrations se superposent en tout point de la partie commune aux faisceaux diffractés.

On cherche alors à caractériser l'intensité lumineuse ou éclairement aux différents points de l'écran : . Soit M un point du champ d'interférences tel que $\overline{OM} = x$. On désigne par d_1 et d_2 respectivement la distance entre le point M et les sources F_1 et F_2

a) Exprimer la différence de marche $\delta = d_2 - d_1$ au point M en fonction de x, a et D

b) Donner l'expression de la vibration résultante S en M en appliquant le principe de superposition des petits mouvements.

c) Montrer, en utilisant la construction de Fresnel, que cette vibration résultante s'écrit :

$S = 2\, S_0 \cos(\frac{\pi\delta}{\lambda}) \sin[\omega\, (t - \frac{d_1 + d_2}{2C})]$, relation où C représente la célérité de la lumière dans le vide.

d) En déduire l'expression de l'amplitude A de la vibration résultante au point M.

e) 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 de la vibration résultante en M. L'expression de E peut donc s'écrire : $E = k\, A^2$, relation où k est une constante de proportionnalité.

α) Montrer que l'intensité lumineuse E en M peut se mettre sous la forme :

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

β) Recopier le tableau suivant et le compléter :

x	$-i$	$-\frac{3i}{4}$	$-\frac{i}{2}$	$-\frac{i}{4}$	0	$\frac{i}{4}$	$\frac{i}{2}$	$\frac{3i}{4}$	i
E									

Ebaucher le graphe $E = f(x)$.

γ) A l'aide du graphe, retrouver :

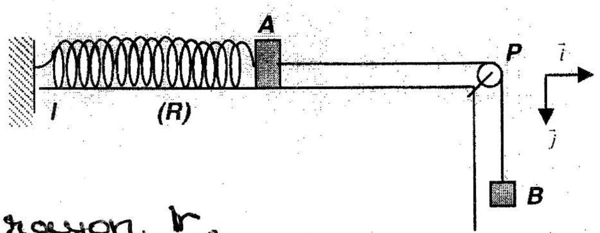
- les positions des franges brillantes et celles des franges sombres ; on rappelle que les franges brillantes correspondent à l'éclairement maximal sur l'écran et les franges sombres à l'éclairement minimal ;
- la distance, en fonction de i, qui sépare les milieux de deux franges consécutives de même nature.
- Application numérique : calculer cette distance pour : $\lambda = 0{,}579\ \mu m$: a = 1mm et D = 1 m

4.2.3 La source F émet simultanément deux radiations de longueurs d'onde $\lambda_1 = 0{,}55\ \mu m$ et $\lambda_2 = 0{,}75\ \mu$ m. A quelle distance x du point O observe-t-on la première extinction totale de la lumière ? On prendra : a = 1mm et D = 1m

4.2.4 La source F émet de la lumière blanche. Qu'observe-t-on sur l'écran ? Justifier brièvement votre réponse.

EXERCICE 5 **(25 points)**

On considère le dispositif ci-contre. Le corps A de masse m_1 = 400 g glisse sans frottement sur le plan horizontal. Il est relié au corps B de masse m_2 =200 g par l'intermédiaire d'un fil inextensible, de masse négligeable passant sur la gorge d'une poulie P mobile sans frottement autour d'un axe horizontal. La poulie est assimilable à un cerceau de masse m_3 = 200 g et de rayon r.



(R) est un ressort à spires non jointives, de masse négligeable, de longueur à vide ℓ_0 =15 cm et de constante de raideur k = 40 N/m. Il est fixé en I et lié au corps A. On pendra g = 9,80 m/s^2.

5-1 Déterminer la longueur du ressort à l'équilibre.

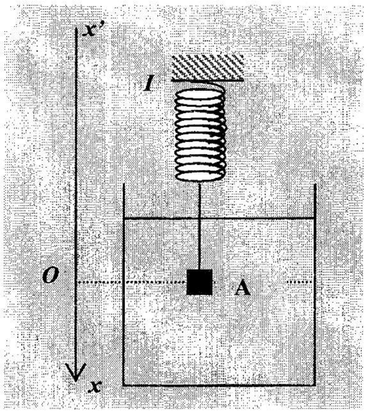
5-2 Le système étant en équilibre, on déplace B verticalement vers le bas d'une longueur d = 3 cm puis on l'abandonne sans vitesse à la date t =0.

Etablir l'équation différentielle régissant le mouvement de A. En déduire l'équation horaire du mouvement de A. On prendra pour origine des espaces la position de A à l'équilibre. On suppose que les deux brins de fil restent toujours tendus et que le fil ne glisse pas sur la poulie.

5-3 Le corps A toujours fixé à l'extrémité du ressort R plonge maintenant dans un liquide exerçant une force de frottement fluide, opposée au déplacement, de la forme $\vec{F} = -\lambda\vec{v}$.

(λ est une constante positive).

A l'équilibre l'abscisse du centre d'inertie G de A est nulle .



5-3-1 Le corps A est déplacé suivant l'axe du ressort vers le point I de a = 4 cm, à partir de sa position d'équilibre puis lâché sans vitesse initiale à la date t = 0.

Etablir l'équation différentielle du mouvement .

5-3-2 L'équation différentielle précédente a pour solution

x(t) $= a_1 e^{-\gamma t}\cos(\omega_1 t - \varphi_1)$ où γ, ω_1 et φ_1 sont des constantes positives .

Exprimer :

a) γ en fonction de λ et m_1

b) la pseudo-pulsation ω_1 en fonction de γ et $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{k}{m_1}}$

5-3-3 Déterminer la pseudo-période T sachant que le coefficient de frottement λ est égal à 2,4 Ns/m.

5-3 -4 Donner l'allure du graphe x = f(t).

5-4 Les oscillations de A sont maintenant entretenues par une force verticale $\vec{F} = \vec{F}_m\sin(\Omega t+\varphi)$.

5-4-1 Etablir la relation : $m_1\ddot{x} + \lambda\dot{x} + kx = F_m\sin(\Omega t+\varphi)$

5-4-2 On admet que, le régime établi, la solution de l'équation précédente est du type : $x(t)=a_1\sin(\Omega t)$.

Faire la construction de Fresnel $(0 \le \varphi \le \dfrac{\pi}{2})$. En déduire l'expression de l'amplitude a_1 du mouvement de A et celle de tan φ .

FIN DU SUJET