

CONCOURS D'ENTREE A L'ECOLE MILITAIRE DE SANTE

EPREUVE DE PHYSIQUE
Durée : 04 heures

EXERCICE 1 : (20 points)

A l'occasion des Jeux Olympiques de l'été 1996, une revue scientifique faisait état des dernières méthodes de dépistage du dopage. On y décrivait une nouvelle méthode en voie d'homologation, mettant en jeu la spectrométrie de masse, dont le principe est donné ci-après.

Le dopage par les stéroïdes anabolisants administrés aux sportifs pour que leurs muscles se développent serait assez facile à dépister. Pourtant des stéroïdes anabolisants, notamment la testostérone, l'hormone mâle, sont naturellement présents dans l'organisme : on se demande comment faire la différence entre l'hormone naturelle et l'anabolisant interdit.

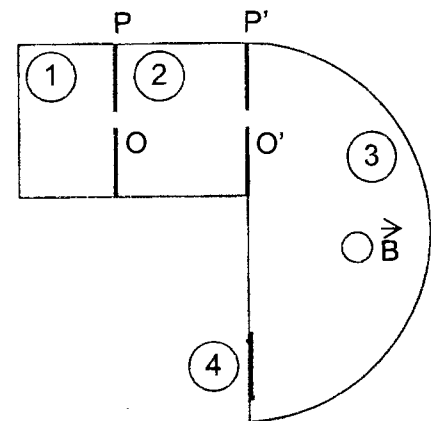
On propose une méthode fondée sur la spectrométrie de masse isotopique, où l'on détermine le rapport des concentrations en carbone 13 (^{13}C) et en un de ses isotopes le carbone 12 (^{12}C). En effet, les rapports qui caractérisent les matières premières utilisées pour la préparation de la testostérone de synthèse et les molécules biosynthétisées par l'homme à partir de son alimentation, sont différents.

On propose dans cette méthode de mesurer le rapport des concentrations en carbone ^{13}C et en carbone ^{12}C du dioxyde de carbone provenant de la combustion de l'hormone extraite d'un prélèvement d'urine de l'athlète contrôlé, par la technique de la spectrométrie de masse. Le déplacement des particules dans les chambres d'accélération et de déviation s'effectue dans le vide

1.1. Accélération.

La chambre d'ionisation (1) produit des ions $^{12}\text{CO}_2^+$ de masse m_1 et des ions $^{13}\text{CO}_2^+$ de masse m_2 . On néglige les forces de pesanteur dans la suite du problème ; le mouvement des ions est rapporté au référentiel du laboratoire considéré galiléen. Les ions $^{12}\text{CO}_2^+$ et $^{13}\text{CO}_2^+$ pénètrent dans la chambre d'accélération en O avec une vitesse initiale considérée comme nulle ; ils sont soumis à un champ électrique \rightarrow E, supposé uniforme, entre les plaques P et P' et sortent de la chambre en O' avec respectivement des vitesses de valeurs v_1 et v_2 .

- (1) : ionisation
(2) : accélération
(3) : déviation
(4) : détecteur



1.1.1. Reproduisez le schéma sur votre copie, représentez le vecteur champ électrique E et justifiez votre réponse.

1.1.2. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à l'ion $^{12}\text{CO}_2^+$, exprimer v_1 en fonction de la masse m_1 , de la charge élémentaire e et de la tension $U_0 = V_p - V_{p'}$.

1.1.3. Exprimer v_2 en fonction de m_1 , m_2 et v_1 .

1.1.4. Calculer v_1 et v_2 .

Données : $|U_0| = 4000 \text{ V}$; $m_1 = 7,31 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$; $m_2 = 7,47 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

1.2. Déviation.

Les ions $^{12}\text{CO}_2^+$ et $^{13}\text{CO}_2^+$ pénètrent en O' dans une zone où règne un champ magnétique uniforme, de vecteur perpendiculaire au plan de la figure, permettant d'atteindre la plaque détectrice (4).

1.2.1. Représenter sur le schéma reproduit le vecteur champ magnétique B permettant la déviation des ions vers la plaque déflectrice.

1.2.2. Exprimer le rayon r de la trajectoire des ions en fonction de m , e , U_0 et B .

1.2.3. En déduire le rapport des rayons des trajectoires des ions $^{12}\text{CO}_2^+$ et $^{13}\text{CO}_2^+$ en fonction de leurs masses m_1 et m_2 .

1.2.4 Placer les positions I_1 et I_2 des points d'impact des ions de masse m_1 et m_2 sur le schéma recopié.

1.2.5. Exprimer la distance I_1I_2 en fonction de m_1 , m_2 , e , U_0 et B .

1.2.6. Calculer la distance I_1I_2 sachant que $B = 0,25 \text{ T}$.

1.3. Résultat d'un contrôle.

L'analyse des impacts a permis de dénombrer les atomes ^{12}C et ^{13}C contenus dans les ions arrivés sur le détecteur pendant une certaine durée.

Les résultats des comptages effectués à partir des échantillons d'urine de deux athlètes A et B sont rassemblés dans le tableau ci-dessous. On y fait figurer également les comptages réalisés à partir d'un étalon standard international.

Les résultats des équipes de recherche sur cette méthode font référence à un coefficient défini par la relation : $\delta = 1000 \frac{(R - R_{\text{standard}})}{R_{\text{standard}}}$ avec $R = \frac{N_2}{N_1}$.

Les nombres d'atomes de carbone 12 et 13, respectivement N_1 et N_2 , donnés dans le tableau, tiennent compte de corrections dues, en particulier, à la présence d'isotopes de l'oxygène. On considère que l'athlète s'est dopé si la valeur du coefficient δ est notablement inférieure à -27 .

	N_1 (^{12}C)	N_2 (^{13}C)	$R = \frac{N_2}{N_1}$	δ
Athlète A	2231	24		
Athlète B	2575	27		
Étalon standard	2307	25		

1.3.1. Recopier et compléter le tableau.

1.3.2. A partir des données du tableau, déterminer s'il y a eu dopage pour les athlètes A et B.

EXERCICE 2 : (20 points)

On donne sur le diagramme ci – contre quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure.

_____ $E_3 = - 2,72 \text{ eV}$

_____ $E_2 = - 3,75 \text{ eV}$

_____ $E_1 = - 4,99 \text{ eV}$

2.1. Spectre d'émission du mercure.

2.1.1 : Calculer les énergies des photons émis par l'atome de mercure lorsque celui – ci passe :

a) du niveau E_3 au niveau E_1

b) du niveau E_2 au niveau E_0

_____ $E_0 = - 10,45 \text{ eV}$ (niveau fondamental)

Figure 1

2.1.2 : Recopier le diagramme et représenter par une flèche le passage de l'atome de mercure du niveau E_3 au niveau E_1

2.1.3 : Quelles sont les longueurs d'onde λ_{31} et λ_{20} des rayonnements émis ? Dans quels domaines de radiations se trouvent ces deux longueurs d'onde ?

Données :

Charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

vitesse de la lumière : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

2.1.4 : Citer un appareil permettant d'observer un spectre de raies d'émission.

2.2. On réalise ensuite une expérience d'interférences en lumière monochromatique en utilisant l'une des longueurs d'onde précédentes que l'on note λ . On utilise une fente source avec laquelle on éclaire deux fentes verticales très fines F_1 et F_2 séparées par une distance $a = 2,00$ mm. A une distance $D = 0,50$ m des deux fentes, on place un écran vertical E permettant d'observer le phénomène d'interférences. On considère sur l'écran un axe Ox horizontal, O se trouvant à égale distance de A et B (figure 2). Pour un point M de cet axe d'abscisse x , la différence de marche entre deux rayons provenant de F_1 et de F_2 vaut : $\delta = \frac{ax}{D}$.

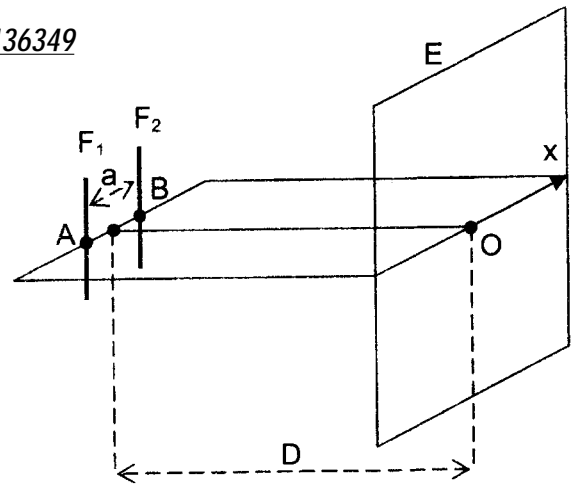


Figure 2

2.2.1 : Représentez qualitativement sur votre copie la figure observée sur l'écran E.

2.2.2 : Établir l'expression de l'interfrange i en fonction de λ , D et a .

2.2.3 : On mesure $i = 137$ μm . Quelle est la longueur d'onde utilisée dans cette expérience ?

2.3. On réalise enfin une expérience d'interférences en utilisant les radiations de longueurs d'onde précédentes λ_{31} et λ_{20} . Le dispositif expérimental est celui de la figure 2.

A quelle distance de la frange centrale se produit la première superposition des deux franges brillantes produites par les deux radiations ?

EXERCICE 3 : (20 points)

Lors d'une séance de travaux pratiques, on se propose de déterminer l'inductance L et la résistance interne r d'une bobine par deux groupes d'élèves.

1° méthode :

Le premier groupe (Alioune, Fatou et Amadou) réalise le circuit schématisé par la figure 1.

Il monte en série un conducteur ohmique de résistance $R = 2200 \Omega$, la bobine d'inductance L et de résistance interne r inconnues et un condensateur de capacité $C = 3,32$ nF.

L'ensemble est alimenté par un générateur de fréquence variable qui délivre une tension sinusoïdale d'amplitude maintenue constante.

A l'aide d'un oscilloscope bicourbe, les élèves visualisent les tensions $u(t)$ aux bornes du générateur et $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique.

3.1. Reproduire le schéma de la figure 1 en indiquant les branchements de l'oscilloscope pour visualiser sur la voie Y_A la tension $u(t)$ aux bornes du générateur et sur la voie Y_B la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique.

3.2. Les élèves fixent la fréquence de la tension à une valeur f_1 et obtiennent l'oscillogramme de la figure 2.

Déterminer la période T_1 et la fréquence f_1 des tensions observées.

Données :

Balayage : $s_h = 50 \mu\text{s}/\text{div}$

Sensibilité verticale : $s_v = 2 \text{ V}/\text{div}$

3.3. Fatou estime que les calculs seraient fastidieux pour déterminer L et r . Elle change le réglage de la fréquence pour obtenir l'oscillogramme de la figure 3.

3.3.1 : Quel est le phénomène observé sur l'oscillogramme de la figure 3 ?

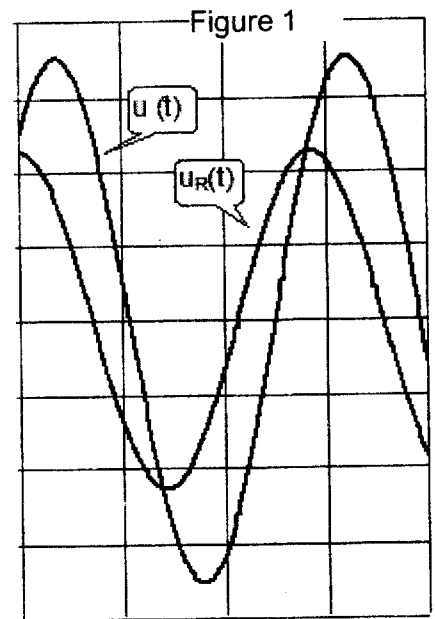
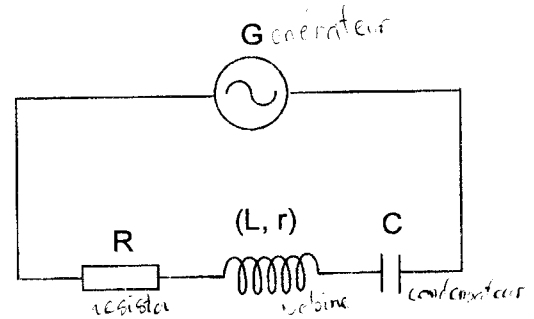


Figure 2

3.2 : Déterminer L et r à partir de l'oscillogramme de la figure 3.

3.3.3 : Peut-on dire que la résistance interne r de la bobine est négligeable ? Justifier votre réponse.

3.4. Expliquer, en utilisant la démarche que les élèves auraient adoptée pour la figure 1, pourquoi le réglage de Fatou donne une exploitation plus simple.

2° méthode :

Le deuxième groupe (Marième, Samba et Omar) utilise les mêmes composants en série mais utilise un voltmètre et un ampèremètre pour effectuer les mesures adéquates.

3.5. Reproduire le schéma de la figure 1 en indiquant le branchement de l'ampèremètre pour mesurer l'intensité efficace du courant et celui du voltmètre pour mesurer la tension efficace aux bornes de la bobine.

3.6. Les mesures donnent :

Intensité efficace : $I_{\text{eff}} = 1,46 \text{ mA}$

Tensions efficaces :

- aux bornes du résistor : $U_R = 3,21 \text{ V}$
- aux bornes du condensateur : $U_C = 9,98 \text{ V}$
- aux bornes de la bobine : $U_L = 6,42 \text{ V}$
- aux bornes du générateur : $U = 5 \text{ V}$

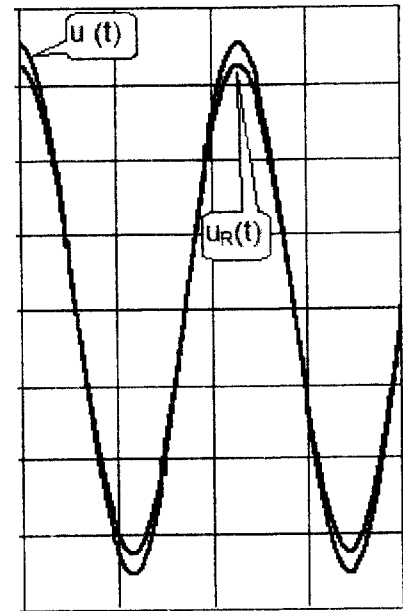


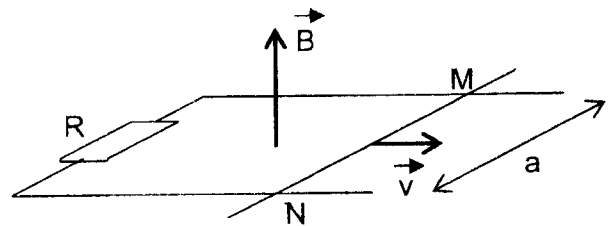
Figure 3

3.6.1 : Faire la construction de Fresnel en indiquant l'échelle choisie.

3.6.2 : A partir de la construction de Fresnel, Déterminer graphiquement l'inductance L de la bobine et sa résistance interne r.

EXERCICE 4 : (20 points)

4.1. Deux rails parallèles distants de a forment un plan horizontal ; un champ magnétique \vec{B} d'intensité $B = 1 \text{ T}$ traverse ce plan comme l'indique la figure. On relie les rails par un résistor de résistance $R = 1 \Omega$ et un conducteur MN de résistance négligeable, glisse sur les rails en leur restant perpendiculaire.



La distance entre les rails est $a = 10 \text{ cm}$ et la tige se déplace à la vitesse \vec{V} dont la direction est parallèle aux rails et d'intensité $V = 50 \text{ cm/s}$.

4.1.1 : Montrer que la tige MN, en mouvement dans le champ \vec{B} se comporte comme un générateur. Quel est le nom donné à ce phénomène ?

4.1.2 : Reproduire la figure et indiquer le sens de circulation des électrons et celui du courant.

4.1.3 : Etablir l'expression de la force électromotrice induite en fonction de B, a et v.

4.1.4 : En déduire l'expression de la tension U_{MN} :

- a) aux bornes du résistor
- b) aux bornes de la tige.

4.1.5 : Calculer l'intensité du courant i.

4.2. On utilise une autre méthode plus courante pour produire de l'énergie. Elle consiste à faire tourner un aimant droit placé à côté d'une bobine.

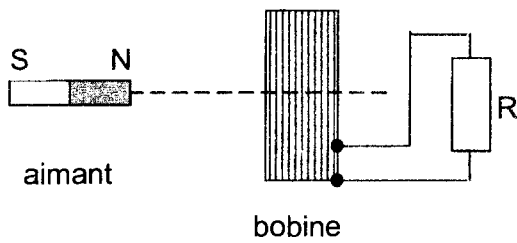
La bobine, de longueur $\ell = 50 \text{ cm}$ comprenant $n=1000$ spires de rayon moyen $r = 2 \text{ cm}$, est reliée à un résistor de résistance R

L'aimant tourne librement autour d'un axe vertical passant par son centre à la vitesse angulaire $\omega = 4\pi \text{ rad/s}$. On suppose que le champ magnétique produit par l'aimant, au voisinage de la bobine, a une intensité constante $B_0 = 10^{-2} \text{ T}$ quelque soit la direction de l'aimant.

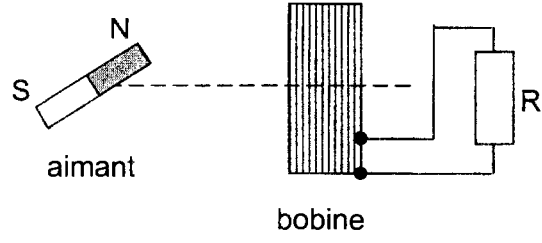
A l'instant $t = 0$, l'axe de bobine et la direction de \vec{B} sont parallèles.

4.2.1 A une date quelconque, la bobine a tourné de l'angle $\theta = \omega t$. Exprimer en fonction des données le flux $\Phi(t)$ à travers la bobine.

4.2.2 Montrer que la bobine est le siège d'une force électromotrice d'induction $e(t)$. Calculer sa valeur maximale.



A la date $t = 0$



A la date t

4.3.

4.3.1 Quels sont, selon vous, les avantages de la deuxième méthode comparée à la première ?

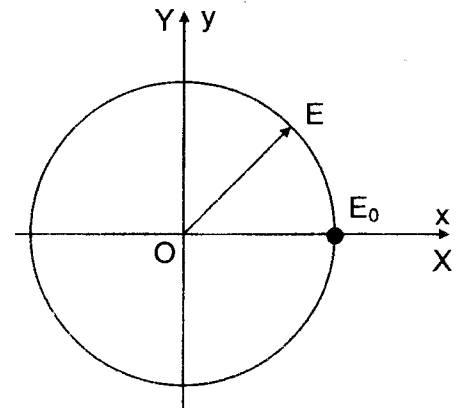
4.3.2 : La deuxième méthode est utilisée pour alimenter les lampes d'une bicyclette, Quel est le procédé utilisé pour faire tourner l'aimant dans ce cas ?

EXERCICE 5 : (20 points)

Une mouche se déplace lentement sur l'aiguille indicatrice des secondes d'une grande montre.

La mouche est au centre O de la montre à l'instant $t_0 = 0$ et se dirige vers l'extrémité E de l'aiguille à la vitesse $v = 5 \cdot 10^{-3}$ m/s (vitesse de la mouche par rapport à E).

A l'instant $t_0 = 0$, E est au point E_0 .



5.1.

5.1.1. Quelle est la nature du mouvement de E par rapport à O ?

5.1.2. Déterminer :

- a) : La vitesse angulaire ω du mouvement de E .
- b) : L'équation horaire $\theta(t)$ du mouvement de E .
- c) Les équations horaires $x_E(t)$ et $y_E(t)$ du mouvement de E sachant que la longueur de l'aiguille est 30 cm.

5.2

5.2.1. Quelle est la nature du mouvement de la mouche par rapport à E ?

5.2.2. Donner son équation horaire.

5.3

5.3.1. Donner les équations horaires $X_m(t)$ et $Y_m(t)$ du mouvement de la mouche par rapport au centre O de la montre.

5.3.2. Représenter la forme de la trajectoire du mouvement de la mouche par rapport à O .

5.3.3. Quel est le nombre de tours effectué par l'aiguille quand la mouche arrive au point E ?

FIN DU SUJET.