COMPOSITION 2ND SEMESTRE EPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES DUREE : 04 HEURES

Exercice 1 (04 points)

Données: M(H) = 1 g mol^{-1} ; M(C) = 12 g mol^{-1} ; M(O) = 16 g mol^{-1} ; M(Na) = 23 g mol^{-1} ;
$K_a(H_3O^+/H_2O) = 1$; $K_a(H_2O/OH^-) = 10^{-14}$.

L'acide benzoïque de formule C_6H_5-COOH et les ions benzoate de formule $C_6H_5-COO^-$ sont utilisés dans les boissons sodas et certains aliments comme conservateurs car ils ont des propriétés fongicides, même à faible dose.

1.1 A 25° C une solution aqueuse d'acide benzoïque de concentration molaire $C = 10^{-2}$ mol.L^{-1} a un pH de 3,1.

1.1.1 Calculer le coefficient de dissociation de l'acide benzoïque dans la solution. Conclure. **(0,5 point)**

1.1.2 Ecrire l'équation de la réaction de l'acide benzoïque avec l'eau. **(0,25 point)**

1.1.3 Exprimer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans la solution en fonction de α et de C, puis montrer que la constante d'acidité du couple acide benzoïque/ion benzoate a pour expression : $K_a = \frac{C.\alpha^2}{1-\alpha}$. Calculer la valeur de K_a. **(1 point)**

1.2 On veut préparer une solution tampon à partir de la solution d'acide benzoïque de concentration molaire $C = 10^{-2}$ mol.L^{-1}.

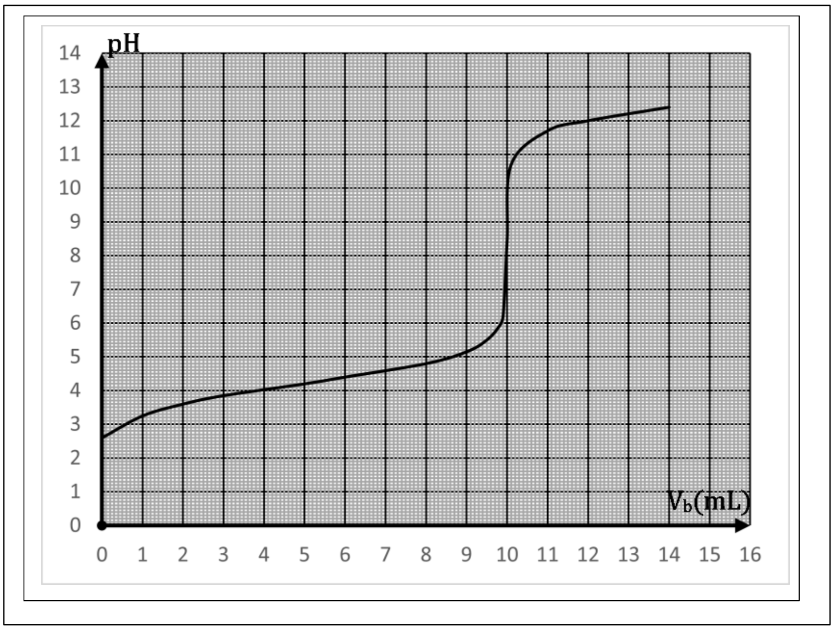
1.2.1 Rappeler les caractéristiques d'une solution tampon. **(0,25 point)**

1.2.2 Première méthode : on ajoute de la soude caustique à l'état solide. Calculer la masse m_1 de soude caustique à ajouter à 100 mL de la solution d'acide benzoïque. **(0,25 point)**

1.2.3 Deuxième méthode : on ajoute du benzoate de sodium à l'état solide. Calculer la masse m_2 de benzoate de sodium à ajouter à 100 mL de la solution d'acide benzoïque. **(0,25 point)**

On suppose dans les deux cas que l'addition d'une petite quantité d'un solide ne modifie pas le volume de la solution.

1.3 Maintenant on dose un échantillon de volume 10 mL d'une solution aqueuse d'acide benzoïque de concentration molaire C_a inconnue à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 10^{-1}$ mol.L^{-1}. Les valeurs indiquées par un pH-mètre ont permis de tracer la courbe ci-après, donnant les variations du pH du mélange en fonction du volume d'hydroxyde de sodium versé.



1.3.1 Faire un schéma légendé du dispositif de dosage de la solution d'acide benzoïque. **(0,25 point)**

1.3.2 Ecrire l'équation de la réaction entre l'acide benzoïque et d'hydroxyde de sodium. Calculer la constante de réaction Kr. **(0,50 point)**

1.3.3 Déterminer la valeur de la concentration molaire C_a de la solution d'acide benzoïque. **(0,25 point)**

1.3.4 Quelle est le caractère acide, basique ou neutre du mélange obtenu à l'équivalence ? Justifier. **(0,25 point)**

1.3.5 En justifiant brièvement, donner la valeur du pK_a du couple acide benzoïque /ion benzoate. **(0,25 point)**

Exercice 2 (04 points)

Le lysozyme est une protéine contenue dans le sang, les larmes et les sécrétions des voies respiratoires. Cette protéine est formée de l'assemblage, dans un ordre précis de 130 acides α-aminés. Le premier de ces acides α-aminés est la lysine (Lys) et le second est la valine (Val). Les formules semi développées de ces deux acides α-aminés sont données ci-dessous :

Lys : $H_2N-CH_2-(CH_2)_3-\underset{NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH$ Val : $CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{CH}}-\underset{NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH$

2.1 Donner la définition d’un atome de carbone asymétrique. Recopier la formule de la valine et repérer à l’aide d’un astérisque (*) le ou les atome(s) de carbone asymétrique présent dans cette molécule. **(0,5 point)**

2.2 Donner la représentation de Fischer de la L- valine. **(0,25 point)**

2.3 Donner le nom de la lysine dans la nomenclature officielle, puis recopier sa formule et entourer les groupes fonctionnels présents dans sa molécule. La molécule de lysine est-elle chirale ? Justifier. **(1 point)**

2.4 On réalise une réaction de condensation entre une molécule de valine et une molécule de lysine.

2.4.1 Montrer que cette réaction de condensation peut conduire à la formation de trois dipeptides isomères D_1, D_2 et D_3 ; on donnera leur formule semi développée en mettant en évidence la liaison peptidique. **(0,75 point)**

2.4.2 Ecrire l’équation-bilan de la réaction conduisant à la formation du dipeptide pour lequel la valine est C-terminal. **(0,5 point)**

2.5 En solution aqueuse la valine existe sous forme d’un ion dipolaire.

2.5.1 Ecrire la formule semi développée de cet ion dipolaire. Justifier son caractère amphotère. **(0,5 point)**

2.5.2 En déduire les couples acide/base qui lui sont associés. **(0,5 point)**

Exercice 3 (04 points)

Pour étudier le passage d’une comète au voisinage de notre planète, un satellite lanceur de sonde est mis en orbite autour de la Terre.

Données : Masse de la terre $M_T = 5,98.10^{24}$ kg ; rayon de la terre : $R_T = 6400$ km, constante de gravitation universelle : $K = 6,67.10^{-11}$ N.m².kg⁻².

La terre est considérée comme un corps à répartition sphérique de masse.

3.1 Etude du mouvement circulaire du système « lanceur-sonde » dans le référentiel géocentrique.

Dans un premier temps, le système « lanceur-sonde » est supposé mis sur une orbite circulaire à l’altitude $h_0 = 200$ km. Il évolue à une vitesse V_0.

3.1.1 Représenter sur un schéma la force de gravitation $\vec{F}$ exercée par la terre sur le système « lanceur-sonde ». Déterminer l’intensité g du vecteur champ de gravitation créé par la terre à l’altitude h_0. **(0,5 point)**

3.1.2 En supposant que le système « lanceur-sonde » est soumis uniquement au champ de gravitation terrestre, montrer que son mouvement est uniforme. **(0,5 point)**

3.1.3 Etablir l’expression de la vitesse V_0 en fonction de K, M_T, R_T et h_0 et calculer sa valeur en km.s⁻¹. **(0,5 point)**

3.1.4 Etablir l’expression de sa période et la calculer. **(0,5 point)**

3.2 L’énergie potentielle de gravitation s’écrit $\boldsymbol{E_p = -\frac{KM_Tm}{r}}$, r étant le rayon de l’orbite, m est la masse du système.

3.2.1 Déterminer pour l’altitude h_0, l’expression de l’énergie mécanique E_{m0} du système en fonction de r_0 puis en fonction de la vitesse V_0. **(0,5 point)**

3.2.2 Lorsque l’altitude du satellite est peu élevée, il peut subir des frottements des hautes couches de l’atmosphère. Son énergie mécanique diminue suivant la loi : $Em = Em_0(1+ \alpha t)$ avec $\alpha > 0$

On suppose que la trajectoire reste circulaire. En comparant les énergies, montrer que le rayon de l’orbite diminue avec le temps alors que la vitesse augmente. **(0,5 point)**

3.3 Etude de la sonde s’éloignant de la terre

A l’altitude h_0, le lanceur et la sonde se séparent. Le lanceur communique à la sonde une vitesse V_0' (supérieure à V_0) qui devra lui permettre d’échapper à l’attraction terrestre.

3.3.1 Par application du théorème de la conservation de l'énergie mécanique, établir l'expression de la valeur minimale V_{min} de la vitesse V_0' que le lanceur doit alors communiquer à la sonde en fonction de K, M_T, R_T et h_0. **(0,5 point)**

3.3.2 Quelle relation relie alors V_{min} et V_0 ? **(0,5 point)**

Exercice 4 (04 points)

On admettra que la masse d'un ion $^{A_i}X^q$ est $m_i = A_i.u$ où u est la masse d'un nucléon ($u = 1{,}66.10^{-27}$ kg).

Le chlore naturel est un mélange essentiellement constitué des isotopes $^{A_1}\mathbf{Cl}$ et $^{A_2}\mathbf{Cl}$ dont les proportions isotopiques sont respectivement Y_1= 75% et Y_2= 25%. La masse molaire moyenne M_m du chlore naturel est de 35,5 $g.mol^{-1}$. Rappel : $M_m = Y_1 \times A_1 + Y_2 \times A_2$.

On considère le spectrographe de masse schématisé à la figure 1. Des atomes de chlore sont ionisés dans la chambre d'ionisation (1) ; les ions $^{A_1}\mathbf{Cl^-}$ et $^{A_2}\mathbf{Cl^-}$ obtenus sont introduits avec une vitesse initiale nulle par le trou O' dans la chambre d'accélération (2) où règne un champ électrique uniforme $\vec{\mathbf{E}}_1$ créé par une tension positive $U_1 = V_{P1} - V_{P2}$, appliquée entre les plaques verticales (P_1) et (P_2). Les ions sont alors accélérés vers le trou O par lequel ils pénètrent à la date t = 0, avec une vitesse $\vec{V}_{0,i}$ dans la chambre de déviation (3) où règne un champ magnétique uniforme $\vec{\mathbf{B}}$ orthogonal au plan de la figure et de valeur B.

4.1 Etablir l'expression de la vitesse V_{oi} de chaque ion en fonction de e, m_i et U_1 **(0,5 point)**

4.2 Dans la chambre (3) de déviation :

4.2.1 Montrer que le mouvement d'un ion est circulaire uniforme. **(0,25 point)**

4.2.2 Exprimer R_1 et R_2 respectivement rayons des trajectoires des ions $^{A_1}\mathbf{Cl^-}$ et $^{A_2}\mathbf{Cl^-}$ en fonction de e, B, U_1 et m_1 ou m_2. En déduire l'expression du rapport $\frac{R_2}{R_1}$ en fonction de A_1 et A_2. **(0,75 point)**

4.2.3 Donner en justifiant le sens de $\vec{\mathbf{B}}$ pour que les ions tombent aux point M_1 et M_2. **(0,25 point)**

4.2.4 Les ions $^{A_1}\mathbf{Cl^-}$ et $^{A_2}\mathbf{Cl^-}$ tombent respectivement en M_1 et M_2 tels que $OM_1=0{,}972.OM_2$. Déterminer les valeurs de A_1 et A_2. **(0,5 point)**

4.2.5 Calculer les valeurs de R_2 et V_{02} pour R_1= 20 cm et V_{01}= $1{,}48.10^5$ $m.s^{-1}$. **(0,5 point)**

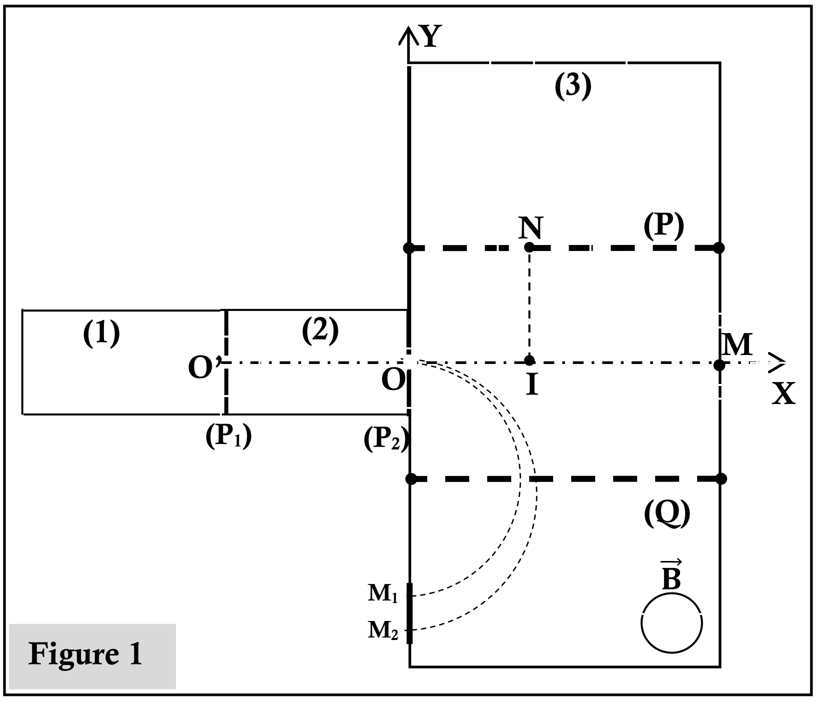


Figure 1

4.3 On supprime le champ magnétique $\vec{\mathbf{B}}$ précédant et on applique maintenant entre les plaques (P) et (Q) placées dans la chambre (3), un champ électrique $\vec{\mathbf{E}}_2$ pour que l'ion $^{A_1}\mathbf{Cl^-}$ sorte par le point N tel que IN= OI=R_1.

4.3.1 Etablir l'expression de l'équation de la trajectoire d'un ion $^{A_1}\mathbf{Cl^-}$ dans le repère (OX ; OY). **(0,25 point)**

4.3.2 Exprimer la valeur E_2 de $\vec{\mathbf{E}}_2$ en fonction de U_1 et R_1. Calculer E_2 pour R_1= 20 cm et V_{01}= $1{,}48.10^5$ $m.s^{-1}$, puis en déduire la valeur de U_1. **(0,75 point)**

4.3.3 On applique maintenant simultanément dans la chambre de déviation les champs $\vec{\mathbf{E}}_2$ **et** $\vec{\mathbf{B}}$ qui conservent leurs directions et sens précédents. Quelle doit être la valeur de l'intensité du champ magnétique $\vec{\mathbf{B}}$ pour que les ions $^{A_1}\mathbf{Cl^-}$ sortent au point M sans être déviés avec une vitesse V_{01}= $1{,}48.10^5$ $m.s^{-1}$? **(0,25 point)**

Exercice 5 (04 points)

Au cours d'une séance de travaux pratiques un groupe d'élèves sous la supervision de leur professeur, se propose de déterminer la capacité d'un condensateur et l'inductance d'une bobine de leur laboratoire. Le groupe d'élèves réalise pour cela le montage de la figure 2 ci-contre, comprenant : un générateur idéal de tension constante E qui alimente un circuit comportant en série un conducteur ohmique de résistance R ajustable entre 0 et 10kΩ, le condensateur de capacité C initialement déchargé, un interrupteur K à deux positions et la bobine d'inductance L et de résistance négligeable. Il utilise un oscilloscope afin de visualiser la tension aux bornes du condensateur.

Au cours de l'expérience les élèves ont obtenu les oscillogrammes des figures A et B ci-dessous.

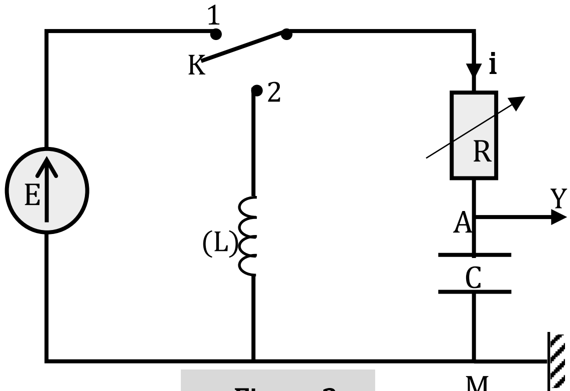


Figure 2

5.1 Expérience 1 : Il ajuste la résistance à la valeur R= 1 kΩ, puis il place l'interrupteur en position 1.

5.1.1 Quel est le phénomène observé sur l'écran de l'oscilloscope ? Justifier en utilisant l'oscillogramme correspondant. **(0,25 point)**

5.1.2 Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $U_C(t)$. **(0,25 point)**

5.1.3 Cette équation admet une solution de la forme : $\boldsymbol{U_C(t) = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})}$. Déterminer les expressions des constantes A et τ. **(0,5 point)**

5.1.4 Par exploitation de l'oscillogramme, déterminer la valeur de E et celle de τ ; puis en déduire la valeur de la capacité C du condensateur. **(0,75 point)**

5.2 Expérience 2 : Il ajuste la résistance à la valeur R=12 Ω, puis il bascule l'interrupteur en position 2.

5.2.1 Quel est le phénomène observé sur l'écran de l'oscilloscope ? Justifier en utilisant l'oscillogramme correspondant. **(0,25 point)**

5.2.2 Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $U_C(t)$. **(0,25 point)**

5.2.3 A partir de l'oscillogramme, déterminer la valeur de la grandeur temporelle T caractérisant le phénomène. Donner le nom de T. **(0,5 point)**

5.2.4 En assimilant la grandeur T à la période propre T_0 de l'oscillateur, déterminer la valeur de l'inductance L de la bobine. **(0,25 point)**

5.2.5 Si on ajuste la résistance du conducteur ohmique à la valeur R = 0.

5.2.5.1 Que devient l'équation différentielle précédente ? **(0,25 point)**

5.2.5.2 La solution de cette nouvelle équation différentielle est : $\boldsymbol{U_C(t) = U_0\cos(\omega_0 t + \varphi)}$. Que représente chacune des constantes U_0, ω_0 *et* φ ? **(0,5 point)**

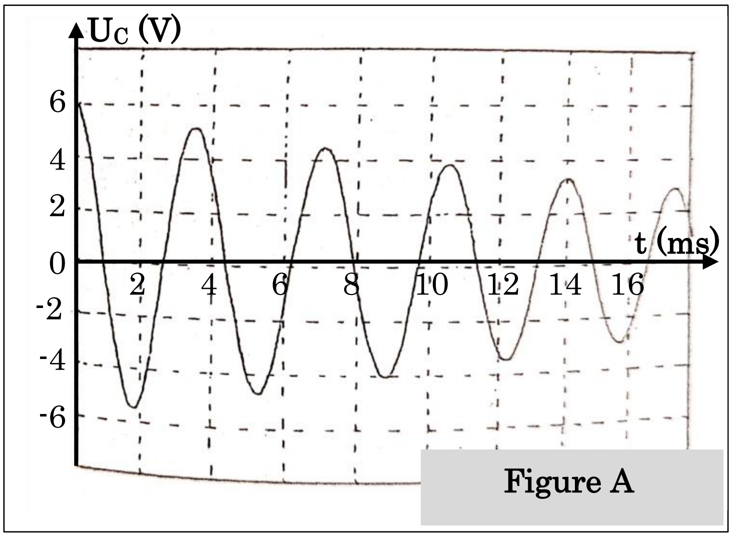


Figure A

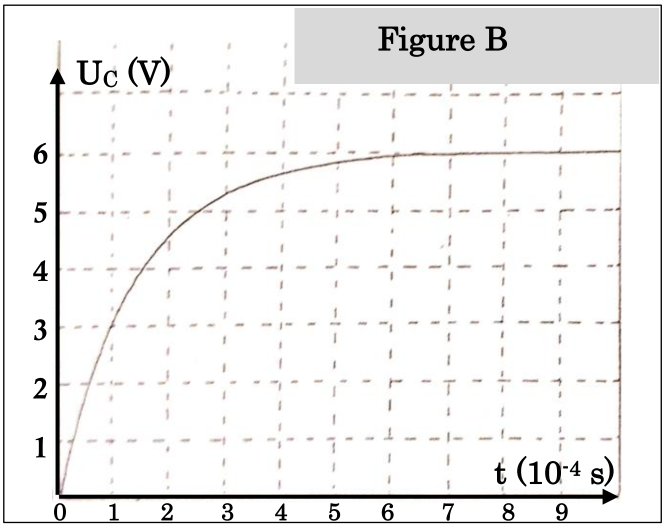


Figure B

FIN DE L'EPREUVE