



Session : 2015

Concours de réorientation

Epreuve de sciences physiques

Durée : 3 heures

Le sujet comporte 4 pages numérotées de 1/4 à 4/4  
Le candidat est appelé à traiter les deux parties, chimie et physique, sur feuilles séparées

Partie de chimie (9 points)

Exercice 1 : (3,25 points)

Le sang est constitué d'un liquide plasmatique (contenant entre autres les globules et les plaquettes) qui peut être assimilé à une solution tampon dont le pH, d'une valeur normale voisine de 7,4 à 37°C est quasiment constant et ne peut subir que de très faibles variations. Dans le cas contraire, de fortes fluctuations nuiraient gravement à la santé.

Les limites compatibles du pH du sang avec la vie sont situées entre pH = 6,8 et pH = 7,8.

La stabilité de la valeur du pH se fait entre autres processus grâce à la présence dans le sang d'un couple constitué par l'acide carbonique de formule brute  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (dioxyde de carbone dissous dans l'eau) et de sa base conjuguée, l'ion hydrogénocarbonate de formule brute  $\text{HCO}_3^-$ .

La concentration molaire en ion hydrogénocarbonate dans le sang "normal" est égale à  $25 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  et celle en acide carbonique est  $1,24 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ .

1) Rappeler les propriétés caractéristiques d'une solution tampon.

2) a- Donner l'expression de la constante d'acidité associée au couple:  $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ .

b- En déduire la relation entre le pH et le pKa du couple:  $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ .

c- Déterminer alors le pKa du couple:  $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$  à la température de 37 °C.

3) A 37 °C, on injecte une solution d'un acide fort de concentration molaire  $5 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$  dans le sang «normal» sans variation de volume. Les concentrations en ions hydronium peuvent alors s'ajouter.

a- Déterminer le pH du sang juste après cette injection. Ce pH est-il compatible avec la vie ?

b- En réalité, l'ion  $\text{HCO}_3^-$  présent dans le sang réagit avec les ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  selon une transformation considérée comme totale. Les concentrations en  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{H}_2\text{CO}_3$  sont donc modifiées, calculer ces nouvelles concentrations.

c- En déduire le nouveau pH du sang et le comparer aux valeurs vitales de pH.

Conclure quant à l'effet de l'ion  $\text{HCO}_3^-$  sur le pH du sang.

Exercice 2 : (5,75 points)

La menthe poivrée, calmante (maux de tête, coups de soleil) mais aussi stimulante, digestive, antispasmodique et antiseptique est bien connue pour ses bienfaits depuis des siècles. Utilisée aussi en parfumerie, son huile essentielle contient l'éthanoate de menthyle (ester (E) très odorant) que l'on peut synthétiser au laboratoire, à partir du menthol qu'on notera pour simplifier R-OH et d'un acide carboxylique (A).

I- 1) A quelle famille de composés organiques le menthol appartient-il ?

2) Donner le nom et la formule semi-développée de l'acide carboxylique (A) qui par réaction avec le menthol, permet de synthétiser l'éthanoate de menthyle.

3) En utilisant les formules semi-développées (simplifiée pour le menthol), écrire l'équation de la réaction de synthèse de l'ester (E).

II- Dans une première expérience, on réalise la synthèse de l'éthanoate de menthyle dans une série d'ampoules numérotées de 1 à 10, chacune d'elles est équipée d'un bouchon muni d'un tube long de verre.

On introduit dans chaque ampoule 0,1 mol de menthol et 0,1 mol de l'acide carboxylique précédent ainsi que quelques gouttes d'une solution d'acide sulfurique.

On plonge simultanément les 10 ampoules dans un bain marie porté à 70°C et on déclenche le chronomètre : c'est l'instant de date  $t = 0$ .

A un instant  $t$  donné, on fait sortir une ampoule du bain marie, on la refroidit rapidement et on procède à un dosage acido-basique de son contenu à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium  $\text{NaOH}$ , en présence d'un indicateur coloré approprié. On peut ainsi déterminer la quantité de matière  $n_A$  d'acide carboxylique (A) présent dans cette ampoule.

Les résultats obtenus ont permis de tracer la courbe donnée par la figure 1, qui représente l'évolution de  $n_A$  en fonction du temps, sur laquelle on a tracé la tangente  $(\Delta)$  à l'origine des temps.

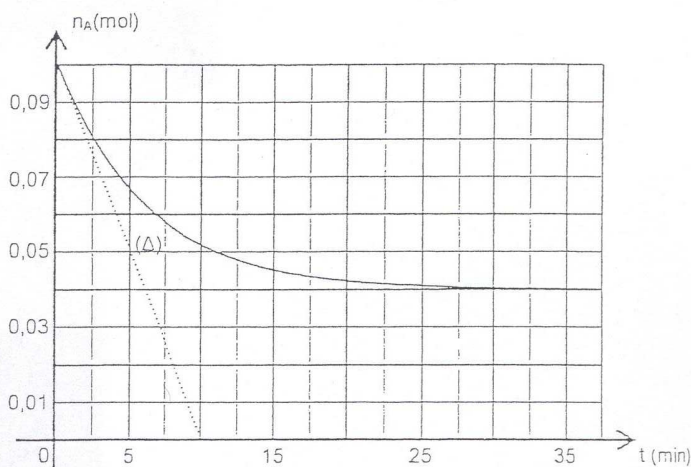


figure 1

1) a- Préciser le rôle joué par les tubes en verre qui surmontent les ampoules.

b- Pourquoi refroidit-on rapidement les ampoules avant de procéder au dosage ?

c- Pour quelle raison a-t-on ajouté quelques gouttes d'acide sulfurique dans le mélange initial ?

2) a- Donner, en fonction de l'avancement  $x$  de la réaction, l'expression de la quantité de matière  $n_A(t)$  de l'acide carboxylique (A) restant, à un instant  $t$  donné.

b- Rappeler l'expression de la vitesse de la réaction qui s'est produite et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme :  $v = -\frac{dn_A(t)}{dt}$ .

3) Par exploitation de la courbe de la figure 1 :

a- déduire l'avancement final de la réaction d'estérification ;

b- déterminer la vitesse de la réaction à l'instant  $t = 0$ .

c- Comment évolue la vitesse de la réaction au cours du temps ? Préciser le facteur cinétique mis en jeu.

4) a- Donner l'expression du taux d'avancement final de la réaction étudiée et déterminer sa valeur  $\tau_1$  dans cette première expérience.

b- Cette réaction est-elle totale ou limitée ? Justifier.

5) On réalise une deuxième expérience de façon analogue à l'expérience précédente mais en utilisant initialement 0,1 mol de menthol et 0,2 mol de l'acide carboxylique (A). Le volume du mélange réactionnel est le même que précédemment.

Sachant que le taux d'avancement final de la réaction vaut, pour cette deuxième expérience :  $\tau_2 = 0,78$  :

a- en comparant  $\tau_1$  et  $\tau_2$ , préciser l'effet de l'utilisation d'un excès de l'un des réactifs sur la réaction d'estérification.

b- L'atteinte de l'état final se fait-elle pendant une durée de temps égale, ou plus courte, ou plus longue par rapport à celle mise dans la première expérience ? Justifier.



## Partie de physique (11 points)

### Exercice 1 : (3 points)

Pour déterminer la capacité  $C$  d'un condensateur démonté d'un poste de télévision usagé, on réalise le montage de la figure 2.

Ce montage comporte, montés en série :

- le condensateur de capacité  $C$  ;
- un GBF délivrant une tension en créneaux  $(E, 0)$  ;
- un conducteur ohmique de résistance réglable ajustée à la valeur  $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$ .

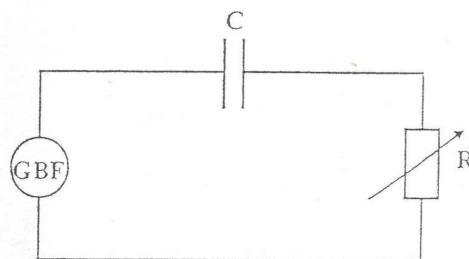


figure 2

Un oscilloscope convenablement branché permet de visualiser la tension  $u_c(t)$  aux bornes du condensateur. Pour une fréquence  $N_1$  du GBF, la courbe de la figure 3 apparaît sur l'écran de l'oscilloscope.

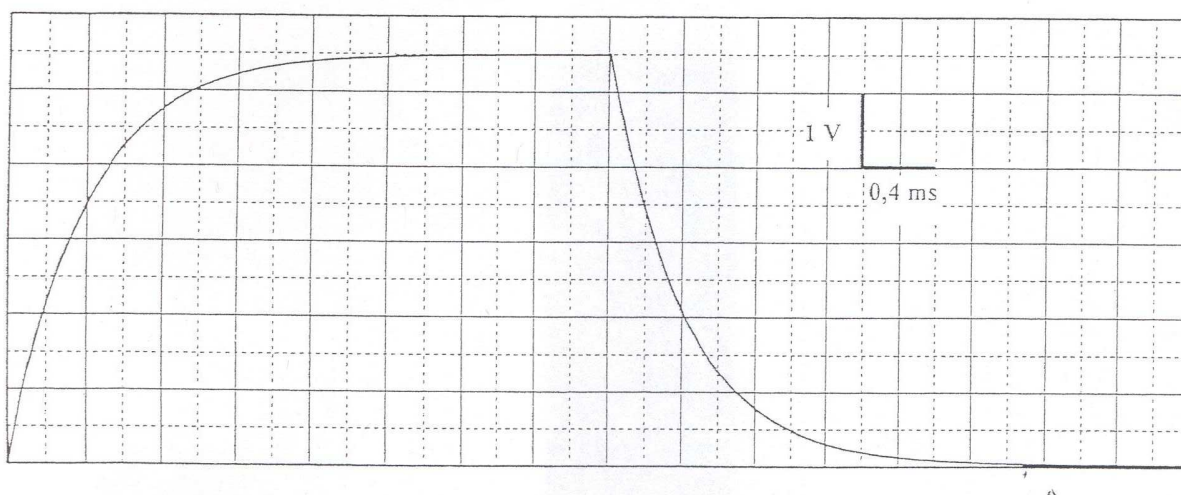


figure 3

- Lors de la charge du condensateur, la tension entre ses bornes s'exprime par :  $u_c(t) = E \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right)$  ; où  $\tau_1$  est la constante de temps du dipôle  $R_1 C$ .

- 1) a- Déterminer, en exploitant la courbe de la figure 3, les valeurs de  $N_1$  et  $E$ .  
 b- Calculer la valeur de la tension  $u_c$  à l'instant de date  $t = \tau_1$ . En déduire graphiquement, la valeur  $\tau_1$ .  
 c- Déterminer alors, la valeur de  $C$ .
- 2) a- Déterminer, pour une valeur  $R_2 = 80 \text{ k}\Omega$  de la résistance du conducteur ohmique, la durée au bout de laquelle la charge du condensateur atteint 99% de sa valeur maximale.  
 b- En déduire la valeur maximale  $N_2$  de la fréquence du signal créneau permettant au condensateur d'acquiescer cette charge.

### Exercice 2 : (4,5 points)

Une corde élastique très longue est tendue horizontalement. Son extrémité S est liée à une lame vibrante en mouvement vertical sinusoïdal d'équation :  $y_S(t) = 4.10^{-3} \sin(200\pi t)$  pour  $t \geq 0$  ; l'élongation  $y_S$  est exprimée en (m) et le temps  $t$  en (s). On néglige toute atténuation de l'amplitude et toute réflexion de l'onde issue de S.

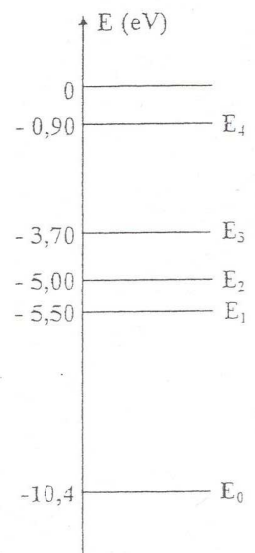
Le point  $M_1$  de la corde d'abscisse  $x_1 = SM_1 = 20$  cm, entre en vibration à l'instant  $t_1 = 2,5.10^{-2}$  s.

- 1) Déterminer la valeur de la célérité  $v$  de l'onde. En déduire celle de la longueur d'onde  $\lambda$ .
- 2) a- Etablir l'équation horaire du mouvement du point  $M_1$ .  
b- Tracer le diagramme de son mouvement.  
c- Etablir l'expression des instants  $t$  pour lesquels le point  $M_1$  passe par la position d'élongation  $y = 2$  mm avec une vitesse positive. Quelle est la date du 3<sup>ème</sup> passage ?
- 3) a- Représenter l'aspect de la corde à l'instant  $t_2 = 3,5.10^{-2}$  s.  
b- Déterminer les abscisses des points de la corde ayant, à l'instant  $t_2$ , la même élongation que le point  $M_1$  et allant dans le sens négatif.

### Exercice 3 : (3,5 points)

Le diagramme ci-contre représente quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure où  $E_0$  correspond à l'état fondamental.

- 1) Définir l'énergie d'ionisation d'un atome. Préciser sa valeur pour l'atome de mercure.
- 2) a- Déterminer, d'après le diagramme énergétique, la valeur de la plus courte longueur d'onde de la radiation que peut émettre l'atome de mercure initialement dans l'état d'énergie  $E_4$ .  
b- Préciser, en le justifiant, à quel domaine spectral, ultraviolet (U.V.), visible ou infrarouge (I.R.), appartient cette radiation.
- 3) D'après le diagramme ci-contre, un atome de mercure initialement dans l'état fondamental peut-il :  
a- absorber un photon d'énergie  $W_1 = 7,8$  eV ? Justifier.  
b- être excité lors d'un choc avec un électron d'énergie cinétique  $E_C = 5,2$  eV ? Justifier.
- 4) Qualifier, en le justifiant, le spectre lumineux obtenu en décomposant la lumière émise par une lampe à vapeur de mercure (non ionisé), en choisissant des termes, parmi les suivants: cannelures ; absorption ; émission ; continu ; raies.



Données :

- Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3.10^8$  m.s<sup>-1</sup>
- Constante de Planck :  $h = 6,62.10^{-34}$  J.s
- $1 \text{ eV} = 1,6.10^{-19}$  J
- Domaine spectral :

