



Epreuve de Sciences Physiques (groupe N°1)

Durée : 2 Heures

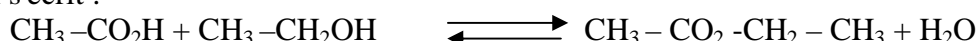
Coefficient : 1

L'épreuve comporte 5 exercices indépendants, répartis sur 4 pages numérotées de 1 à 4.

CHIMIE : (8 points)

EXERCICE N°1 : (4 points)

Une réaction d'estérification peut être réalisée entre l'acide éthanóique ($\text{CH}_3-\text{CO}_2\text{H}$) et l'éthanol ($\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{OH}$) en présence d'acide sulfurique. L'équation associée à la réaction modélisant cette estérification s'écrit :



La constante d'équilibre K associée à cette estérification est $K = 4$.

Dans un bécher placé dans un bain d'eau glacée, on introduit un volume V_A d'acide éthanóique, un volume V_B d'éthanol et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

Données:

	masse molaire M (en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)	masse volumique ρ (en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)
acide éthanóique	60	1,05
éthanol	46	0,79

- 1) **a-** Indiquer pourquoi il est nécessaire de placer initialement le bécher dans un bain d'eau glacée.
- b-** Justifier succinctement l'intérêt d'ajouter de l'acide sulfurique sachant qu'il ne participe pas à la transformation chimique étudiée.
- 2) Le mélange initial {acide + alcool} est équimolaire: la quantité d'acide introduite est égale à 0,20 mol. En utilisant les données, calculer les volumes V_A d'acide éthanóique et V_B d'éthanol introduits dans le bécher.
- 3) Déterminer alors l'avancement maximal x_{max} de la réaction dans ces conditions.
- 4) Dans le cas d'une estérification qui serait réalisée à partir d'un mélange initial équimolaire de réactifs (0,20 mol d'éthanol et 0,20 mol d'acide éthanóique).
 - a-** Au bout d'une certaine durée, le système chimique est en état d' « équilibre dynamique ». Expliquer cette expression.
 - b-** Dresser le tableau d'avancement correspondant à cette transformation chimique.
 - c-** Écrire l'expression littérale de la constante d'équilibre K correspondante. Déterminer la valeur de l'avancement x_{eq} à l'équilibre. Exprimer le taux d'avancement final τ_f de cette réaction puis le calculer.
 - d-** Déterminer la composition du mélange final.
- 5) On réalise un nouveau mélange initial (0,50 mol d'éthanol et 0,20 mol d'acide éthanóique).
 - a-** Calculer la valeur de l'avancement x'_{eq} à l'équilibre. En déduire le taux d'avancement final τ'_f .
 - b-** Conclure quant à l'influence des proportions initiales des réactifs sur le déplacement de l'équilibre.

EXERCICE N°2 : (4points)

Toutes les solutions aqueuses sont prises à 25°C, température à laquelle le produit ionique de l'eau pure est $K_e = 10^{-14}$.

On dispose des trois solutions basiques suivantes :

- une solution S_1 d'une monobase B_1 de concentration molaire $C_1 = 10^{-1} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et de $\text{pH}_1 = 11,1$;
- une solution S_2 d'une monobase B_2 de concentration molaire $C_2 = 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et de $\text{pH}_2 = 12$;
- une solution S_3 d'une monobase B_3 de concentration molaire $C_3 = 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et de $\text{pH}_3 = 10,1$.

- 1) Montrer que l'une des monobases est forte et que les deux autres sont faibles.

2) On considère le couple acide base BH^+/B où B est une monobase faible dont sa solution aqueuse est de concentration C.

a- En utilisant l'avancement volumique de la réaction, dresser un tableau descriptif d'évolution du système.

b- Le taux d'avancement final de la réaction d'ionisation de la base B dans l'eau est $\tau_f = \frac{y_f}{C}$ où y_f est l'avancement volumique final de la réaction. Exprimer τ_f en fonction de pH, pKe et C en précisant l'approximation utilisée.

c- Montrer, en précisant l'approximation, que la constante d'acidité K_a du couple acide base BH^+/B s'écrit : $K_a = \frac{10^{-pH}}{\tau_f}$. En déduire que $pK_a = 2pH - pK_e - \log C$.

d- Montrer que les deux monobases faibles étudiées représentent en fait la même monobase.

3) La solution S_3 du monobase B_3 est préparée à partir d'un volume $V_1 = 10$ mL de la solution S_1 , en lui ajoutant un volume V_e d'eau.

a- Déterminer la valeur du volume V_e ajouté.

b- On donne la liste du matériel disponible : béchers et erlenmeyers de diverses capacités, pipettes jaugées de 10 mL et 20 mL, fioles jaugées de 50 mL, 100 mL et 1000 mL, pissettes d'eau distillée.

Descrivre le mode opératoire pour préparer la solution S_3 à partir de la solution S_1 , en choisissant la verrerie la plus adéquate et qui nécessite le minimum d'opérations.

4) La réaction d'ionisation de la base faible étudiée avec l'eau est exothermique. Préciser, en justifiant la réponse sans calcul, si le pH de la solution varie ou non. Si oui dans quel sens :

- lorsqu'on ajoute une faible quantité d'eau.
- lorsqu'on diminue la température.

PHYSIQUE: (12 points)

EXERCICE N°1: (3,5 points)

On réalise le montage de la figure 1 comportant :

- un générateur de tension délivrant une tension constante de valeur $E = 8V$;
- un condensateur de capacité C initialement non chargé ;
- un conducteur ohmique de résistance $R = 20$ k Ω ;
- un interrupteur K.

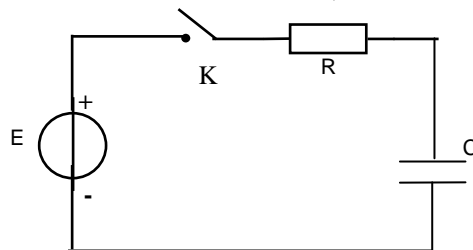


Figure 1

1) On suit l'évolution de la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique et la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur à partir de l'instant de date $t=0$ correspondant à la fermeture de l'interrupteur K.

Les mesures effectuées ont permis de tracer les courbes A et B de la figure 2.

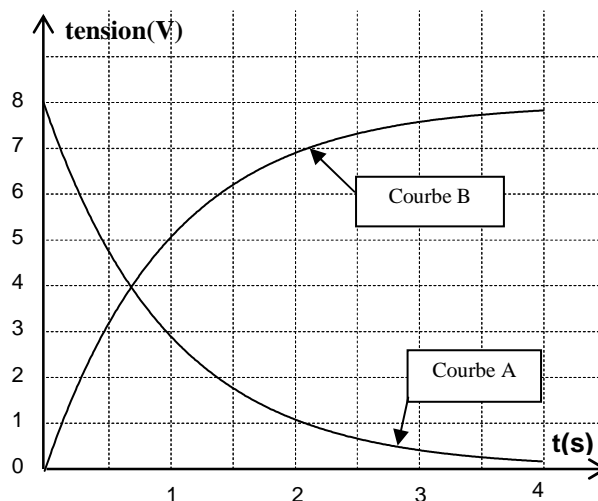


Figure 2

a-Attribuer à chaque courbe la tension correspondante.

b- Quelle sera la valeur de chacune des tensions $u_C(t)$ et $u_R(t)$ lorsque le régime permanent est atteint ?

c- En précisant la méthode utilisée, déterminer graphiquement la constante de temps τ du dipôle RC. Calculer alors la capacité C du condensateur.

2) a- Montrer qu'au cours de la charge du condensateur, l'équation différentielle en $u_R(t)$ s'écrit sous la forme $\frac{du_R(t)}{dt} + \frac{1}{\tau}u_R(t) = 0$.

b- La solution de l'équation différentielle obtenue peut se mettre sous la forme $u_R(t) = \alpha.e^{-\beta.t}$.

Montrer que dans ces conditions, α et β s'expriment par les relations : $\alpha = E$ et $\beta = \frac{1}{R.C}$.

3)a- Donner en fonction de C et $u_C(t)$ l'expression de l'intensité instantanée $i(t)$ du courant qui traverse le condensateur pendant sa charge.

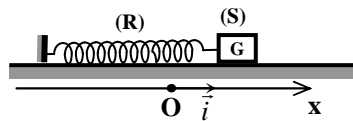
b- En exploitant la courbe B, calculer la valeur de l'intensité du courant à l'instant de date $t_1 = 1s$.

c- Pour ce même instant t_1 , quelle est la valeur de l'intensité du courant déduite de la courbe $u_R(t)$?

4) Déterminer l'instant t_2 auquel les tensions $u_C(t)$ aux bornes du condensateur et $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique sont égales.

EXERCICE N°2: (5 points)

A) Un pendule élastique horizontal est formé d'un ressort (R) à spires non jointives, de masse négligeable, de raideur $K=20N.m^{-1}$ dont l'une de ses extrémités est fixe et à l'autre est accrochée un solide (S) de masse $m=50g$ et de centre d'inertie G. La position de (S) est repérée par son abscisse x dans le repère (O, \vec{i}) porté par l'axe du ressort et dirigé dans le sens de l'allongement, O étant la position d'équilibre de (S).



À l'instant de date $t=0$, on écarte le solide (S) de sa position d'équilibre de $x_0=2,5$ cm à partir de O, dans le sens positif puis on le lance avec une vitesse initiale $v_0= 0,866m.s^{-1}$ dans le sens des élongations croissantes. Le solide (S) n'est soumis à aucune force de frottement. Il effectue alors des oscillations d'amplitude constante, avec une période propre T_0 .

1) a- Donner l'analogie électrique de l'oscillateur mécanique libre non amorti considéré.

b- Etablir l'équation différentielle des oscillations du solide (S).

2) Déterminer l'amplitude et la phase initiale de l'élongation $x(t)$. Déduire les expressions de $x(t)$ et de $v(t)$.

3) Montrer que l'énergie mécanique totale E du pendule élastique est constante. Calculer sa valeur.

B) Le pendule élastique précédent est soumis d'une part à une force de frottement visqueux $\vec{f} = -h.\vec{v}$ où \vec{v} est la vitesse du centre d'inertie G du solide (S) et h un coefficient positif ($h=0,2kg.s^{-1}$) ;

d'autre part à une force excitatrice $\vec{F} = F_m \sin \omega t . \vec{i}$ exercée par un exciteur approprié tel que $F_m=0,8N$.

Le solide (S) est alors animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal de même pulsation $\omega=16$ rad. s^{-1} que la force excitatrice et d'élongation $x(t)=X_m \sin(\omega t+\phi)$.

Sachant que pour un dipôle RLC série soumis à une tension alternative sinusoïdale

$u(t) = U_m \sin (\omega t)$, l'équation différentielle reliant la charge du condensateur q à sa dérivée première et à sa

dérivée seconde est $L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = u(t)$ et sa solution est de la forme : $q(t)=Q_m \sin (\omega t+\phi_q)$ avec

$$Q_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 \omega^2 + (\frac{1}{C} - L\omega^2)^2}}$$
 la charge maximale et ϕ_q la phase initiale de $q(t)$.

- 1) a-** Par recours à l'analogie formelle électrique-mécanique, écrire l'équation différentielle régissant les oscillations du centre d'inertie G de (S).
b- Écrire l'expression de l'amplitude X_m des elongations x du centre d'inertie G de (S).
 En déduire l'expression de l'amplitude V_m de la vitesse du solide (S).
2) a- Donner l'expression de l'impédance électrique Z de l'oscillateur forcé RLC puis exprimer par analogie l'impédance mécanique $Z_{méc}$ du pendule élastique considéré.
b- Calculer X_m et V_m lorsque $\omega=16\text{rad.s}^{-1}$.
3) En faisant varier la pulsation ω de l'excitateur mécanique, mais en maintenant constante la valeur de F_m , V_m varie.
a- Déterminer la valeur de ω pour laquelle V_m est maximale que l'on calculera.
b- Préciser alors le déphasage entre la vitesse $v(t)$ et la force $F(t)$.

EXERCICE N°3: (3,5 points)

L'atome d'hydrogène est formé d'un seul électron en mouvement autour d'un proton. Les niveaux d'énergie électronique sont quantifiés. Ils sont donnés par la relation suivante : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ où n est un entier naturel non nul et $E_0=13,6\text{eV}$.

Cet atome peut passer d'un niveau n d'énergie E_n à un niveau p d'énergie E_p .

- 1) a-** Calculer les énergies de l'état fondamental, des trois premiers états excités et de l'état ionisé.
 Représenter le diagramme d'énergie de l'atome d'hydrogène en ne faisant figurer que les états précédents.
b - Donner la définition de l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène et calculer sa valeur en joule (J).

Données :

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

célérité de la lumière dans le vide: $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

- 2) a-** Nommer le passage de l'atome d'hydrogène d'un niveau n à un niveau p.
b - Décrire brièvement le spectre obtenu dans chacun des cas suivants : $n>p$ et $n<p$.
3) On considère le passage de l'atome d'hydrogène du niveau n au niveau p tels que $n>p$.
a- Montrer que la longueur d'onde λ , de la radiation correspondante à cette transition, s'écrit :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right) . \quad \lambda_0 \text{ est une constante.}$$

b- Déterminer la valeur de λ_0 .

4) L'analyse du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène révèle la présence de quatre radiations de longueur d'onde : $\lambda_1 = 657 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 486 \text{ nm}$, $\lambda_3 = 434 \text{ nm}$, $\lambda_4 = 410 \text{ nm}$.

Sachant que le niveau final est $p=2$, préciser les niveaux n correspondant aux transitions qui ont émis les radiations précédentes.

5) a- Un atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental peut-il absorber un photon d'énergie $3,39 \text{ eV}$?

b- Expliquer ce qui se passe lorsqu'un atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental, reçoit un photon ayant une longueur d'onde $\lambda = 0,103 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

6) Si l'électron de l'hydrogène est excité au niveau $n=4$, combien de raies différentes peuvent-elles être émises lors du retour à l'état fondamental ? Représenter les transitions correspondantes.