BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Obligatoire

SESSION 2005

PHYSIQUE – CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 h 30 - Coefficient : 6

L'usage de la calculatrice n'est pas autorisé.
Les valeurs numériques nécessaires sont données en début de chaque exercice.

Ce sujet comporte 2 exercices de PHYSIQUE et 1 exercice de CHIMIE présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci.

Ce sujet comporte 2 annexes.

Le candidat doit traiter les 3 exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

I. Jeu de fête foraine
II. Détermination d'une constante d'équilibre par deux méthodes
III. Sonde thermique

Une feuille de papier millimétré est nécessaire pour l'exercice III.

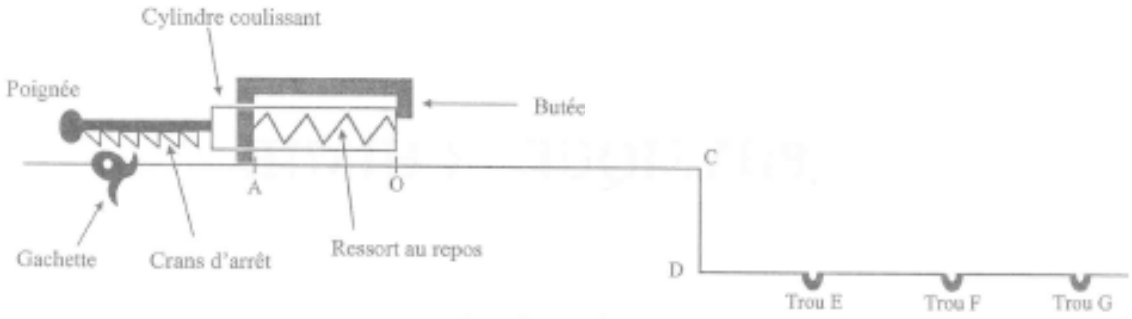
5PYOSAG1

Page 1/8

Exercice n°1 (5,5 points)

JEU DE FÊTE FORAINE

Le but du jeu est d'envoyer une bille d'acier dans un trou. Pour lancer la bille, le joueur comprime un ressort, à spires non jointives, qui va la propulser lors de la détente. La bille roule ensuite sur un plan horizontal suivant la droite (AC), quitte ce plan pour chuter dans un des trous du sol. Le schéma du dispositif est représenté ci-dessous : (schéma non à l'échelle).



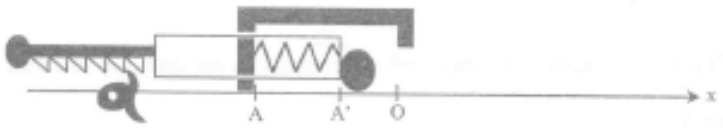
Étudions le mouvement de la bille, objet ponctuel, dans un référentiel terrestre supposé galiléen. On néglige les frottements.
Données :

- intensité de la pesanteur : $g = 10\ m.s^{-2}$
- masse de la bille : $m = 10\ g$
- constante de raideur du ressort : $k = 25\ N.m^{-1}$
- masse du ressort : négligeable devant la masse de la bille.

Aide mathématique : $\sqrt{10^n} = 10^{\frac{n}{2}}$

1. PROPULSION DE LA BILLE

Initialement, le ressort est au repos. Le joueur tire la poignée (compression du ressort) et la bloque avec la gâchette. Il place la bille contre le cylindre en A', abscisse $x_{A'} = -10$ cm sur l'axe (Ox).



1.1. Exprimer et calculer l'énergie potentielle élastique E_{pe} (A') acquise par le ressort une fois comprimé. (Donner la valeur de E_{pe} (A') avec deux chiffres significatifs)

Le joueur appuie sur la gâchette, le ressort se détend et reprend sa position initiale ; le cylindre arrête son mouvement sur la butée. La bille reste en contact avec le cylindre durant la détente jusqu'au point O.
La bille se déplaçant sur un plan horizontal, son énergie potentielle de pesanteur est constante et on la prendra égale à zéro.

1.2. Quelle forme d'énergie acquiert la bille lors de la détente du ressort ?
Donner son expression littérale en précisant les unités.

1.3. Donner l'expression littérale de l'énergie mécanique du système {ressort-bille}.

5PYOSAG1

1.4. Que peut-on dire de l'énergie mécanique sachant que les frottements sont négligeables ?

1.5. Quelle est la valeur de l'énergie cinétique de la bille arrivée au point O ? Justifier la réponse.

1.6. Déduire l'expression littérale de la vitesse v. Calculer la valeur de la vitesse de la bille v_0 au point O.

La bille se déplace ensuite jusqu'au point C suivant la droite (OC).

1.7. La vitesse de la bille en C est-elle égale à la vitesse v_0 ? Justifier la réponse.

2. CHUTE DE LA BILLE

La bille quitte à la date t = 0 le plan en C avec une vitesse v_C égale à 5,0 $m.s^{-1}$ et de direction horizontale.

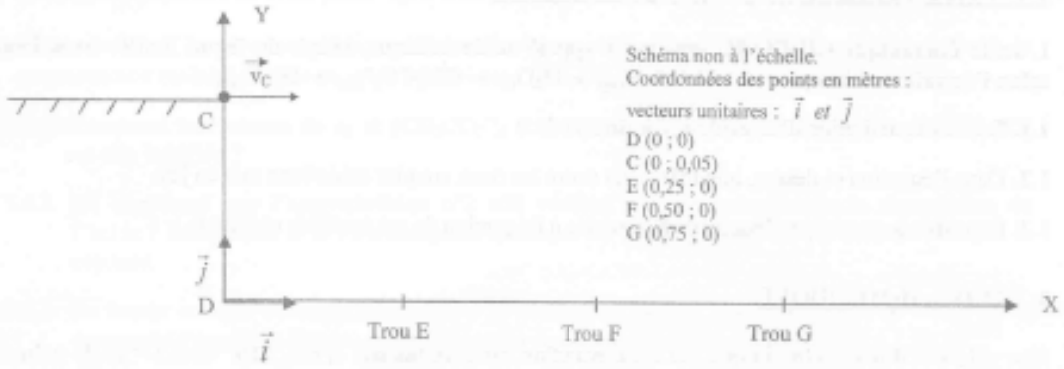


Schéma non à l'échelle.
Coordonnées des points en mètres :
vecteurs unitaires : $\vec{i}$ et $\vec{j}$
D (0 ; 0)
C (0 ; 0,05)
E (0,25 ; 0)
F (0,50 ; 0)
G (0,75 ; 0)

2.1. Établir l'expression vectorielle de l'accélération de la bille à partir du bilan des forces.

2.2. Donner les composantes du vecteur accélération dans le repère orthonormé (D,X,Y).

2.3. Établir les équations-horaires littérales X(t) et Y(t) du mouvement.

2.4. Déterminer les expressions littérale et numérique de l'équation Y(X) de la trajectoire de la bille.

2.5. En déduire l'abscisse du trou dans lequel tombe la bille.

Exercice n°2 (6,5 points)

DÉTERMINATION D'UNE CONSTANTE D'ÉQUILIBRE PAR DEUX MÉTHODES

Quelques valeurs numériques pouvant aider à la résolution des calculs :

$\log(2,0.10^{-4}) = -3,7$	$\frac{2}{2,3} = 0,87$	$\frac{2}{2,7} = 0,74$	$\frac{2}{3} = 0,67$	$(10^a)^b = 10^{ab}$
$1,0.10^{-3} = 10.10^{-4}$	$(1,25)^2 = 1,56 \approx 1,6$	$\frac{4}{2,5} = 1,6$	$\frac{5}{4} = 1,25$	$\frac{100}{1,25} = 80$

1. LA TRANSFORMATION CHIMIQUE ÉTUDIÉE

L'acide éthanoïque CH_3CO_2H, également appelé acide acétique, réagit de façon limitée avec l'eau selon l'équation chimique : $CH_3CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3CO_2^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

1.1. Donner la définition d'un acide selon Brönsted.

1.2. Dans l'équation ci-dessus, identifier puis écrire les deux couples acide/base mis en jeu.

1.3. Exprimer la constante d'équilibre K associée à l'équation de cet équilibre chimique.

2. ÉTUDE pH-MÉTRIQUE

Une solution d'acide éthanoïque, de concentration molaire initiale $c_1 = 2,7.10^{-3}$ mol.L^{-1} et de volume $V_1 = 100$ mL a un pH de 3,70 à 25°C.

2.1. Déterminer la quantité de matière initiale d'acide éthanoïque n_1.

2.2. Compléter le tableau d'avancement joint en **annexe 1**(à rendre avec la copie) en fonction de n_1, x_{max} ou x_f. Exprimer puis calculer l'avancement maximal théorique noté x_{max}. Justifier la réponse.

2.3. Déduire, de la mesure du pH, la concentration molaire finale en ions oxonium de la solution d'acide éthanoïque.
Exprimer puis calculer l'avancement final expérimental de la réaction noté x_f

2.4. Donner l'expression littérale du taux d'avancement final τ_1 de la réaction. Vérifier, en posant l'opération, que τ_1 est égal à $7,4.10^{-2}$.
La transformation étudiée est-elle totale ? Justifier la réponse.

2.5.1. Exprimer puis calculer la concentration molaire finale en ions éthanoate $CH_3CO_2^-{}_{(aq)}$.

2.5.2. Exprimer la concentration molaire finale effective de l'acide éthanoïque $[CH_3CO_2H]_f$. Calculer sa valeur.

2.6. Vérifier, en posant l'opération, que la valeur de la constante d'équilibre K_1 associée à l'équation de cet équilibre chimique est égale à $1,6.10^{-5}$.

3. ÉTUDE CONDUCTIMÉTRIQUE

On mesure ensuite, à 25°C, la conductivité d'une solution d'acide éthanoïque de concentration $c_2 = 1,0.10^{-1}$ mol.L^{-1}. Le conductimètre indique : $\sigma = 5,00.10^{-2}$ S.m^{-1}.
On rappelle l'équation de la réaction entre l'acide éthanoïque et l'eau :

$$CH_3CO_2H_{(aq)} + H_2O_{(l)} = CH_3CO_2^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$$

3.1. On néglige toute autre réaction chimique. Citer les espèces ioniques majoritaires présentes dans cette solution.
Donner la relation liant leur concentration molaire.

5PYOSAG1

3.2. Donner l'expression littérale de la conductivité σ de la solution en fonction des concentrations molaires finales en ions oxonium et en ions éthanoate.

3.3. Donner l'expression littérale permettant d'obtenir les concentrations molaires finales ioniques en fonction de σ, $\lambda_{H_3O^+}$, $\lambda_{CH_3CO_2^-}$.

Déterminer la valeur de la concentration molaire finale en ions oxonium et éthanoate en $mol.m^{-3}$, puis en $mol.L^{-1}$.

Données : $\lambda_{H_3O^+} = 35{,}9.10^{-3} S.m^2.mol^{-1}$, $\lambda_{CH_3CO_2^-} = 4{,}1.10^{-3} S.m^2.mol^{-1}$

3.4. L'expérimentateur affirme que dans le cas présent, la solution d'acide éthanoïque est suffisamment concentrée pour pouvoir faire les approximations suivantes :

Approximation 1 : la concentration molaire finale en ions éthanoate est négligeable devant la concentration initiale en acide éthanoïque. Ceci se traduit par l'inégalité: $[CH_3CO_2^-]_f < \frac{c_2}{50}$

Approximation 2 : la concentration molaire finale en acide éthanoïque est quasiment égale à la concentration molaire initiale en acide éthanoïque : $[CH_3CO_2H]_f \approx c_2$

3.4.1. Comparer les valeurs de c_2 et $[CH_3CO_2^-]_f$ (calculée à la question 3.3.). L'approximation n°1 est-elle justifiée ?

3.4.2. En supposant que l'approximation n°2 soit vérifiée, que peut-on dire de la dissociation de l'acide ? En déduire si la transformation chimique est totale, limitée ou très limitée. Justifier la réponse.

3.4.3. En tenant compte de l'approximation n°2, vérifier, en posant l'opération, que la valeur de la constante d'équilibre K_2 associée à l'équation de cet équilibre chimique est égale à $1{,}56.10^{-5}$.

3.4.4. Vérifier que le taux d'avancement final de la réaction τ_2 est égal à $1{,}25.10^{-2}$.

4. CONCLUSION . COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS

On vient d'étudier deux solutions d'acide éthanoïque de concentrations initiales différentes.
Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

	Concentration molaire initiale d'acide éthanoïque	Constante d'équilibre	Taux d'avancement final
Étude pHmétrique	$c_1 = 2{,}7.10^{-3}$ mol.L^{-1}	$K_1 = 1{,}6.10^{-5}$	$\tau_1 = 7{,}40.10^{-2}$
Étude conductimétrique	$c_2 = 1{,}0.10^{-1}$ mol.L^{-1}	$K_2 \approx 1{,}6.10^{-5}$	$\tau_2 = 1{,}25.10^{-2}$

4.1. La constante d'équilibre K dépend-elle de la concentration initiale en acide éthanoïque ? Justifier la réponse à partir du tableau.

4.2. Le taux d'avancement final d'une transformation chimique limitée dépend-il de l'état initial du système chimique ? Justifier la réponse à partir du tableau.

4.3. Un élève propose les deux affirmations suivantes. Préciser si elles sont justes ou fausses, une justification est attendue.

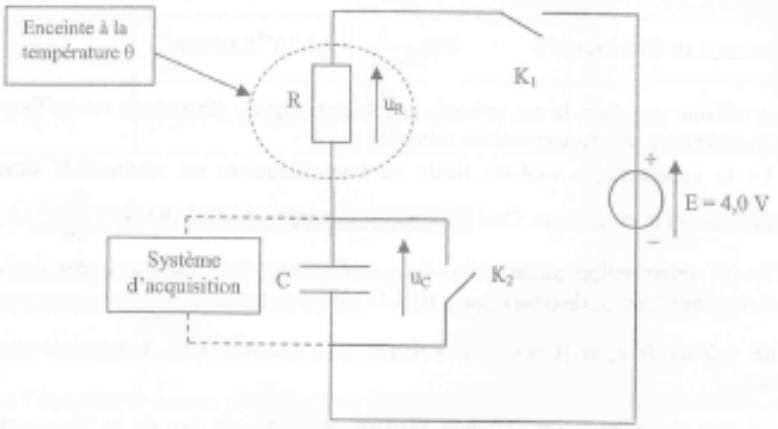
Affirmation 1 : Plus l'acide est dissocié et plus le taux d'avancement final τ est grand.
Affirmation 2 : Plus la solution d'acide éthanoïque est diluée, moins l'acide est dissocié.

5PYOSAG1

Exercice n°3 (4 points)

SONDE THERMIQUE

On peut constituer une sonde thermique à l'aide d'un dipôle (R,C) série. On réalise le circuit suivant :



Le condensateur a une capacité C = 1,0 µF.
Le conducteur ohmique est une thermistance : la valeur R de sa résistance dépend de la température. On le place dans une enceinte dont la température interne est notée θ.
Un système d'acquisition permet d'enregistrer l'évolution au cours du temps de la tension u_C aux bornes du condensateur.

Aide mathématique :

$0,63 \times 4,0 = 2,5$	$0,37 \times 4,0 = 1,5$	$e^0 = 1$	$\lim\limits_{x \to -\infty} e^x = 0$

1. Étalonnage de la sonde

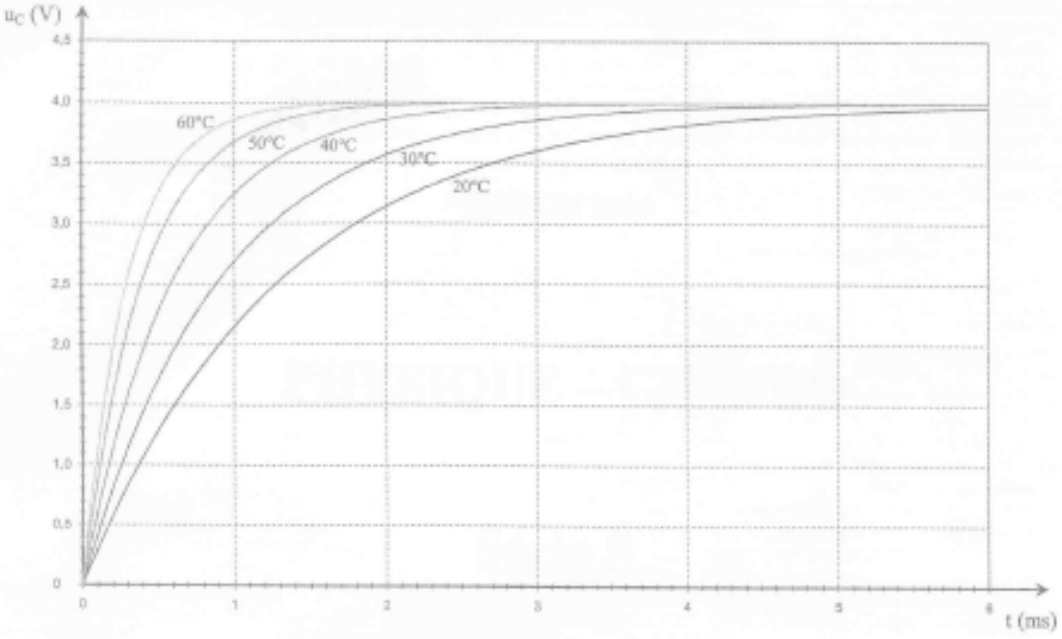
Protocole expérimental :

On souhaite tracer la courbe de l'évolution de la valeur de la résistance de la thermistance en fonction de la température. On réalise le protocole suivant :
Le condensateur est initialement déchargé et les deux interrupteurs K_1 et K_2 sont ouverts. À t = 0, on ferme K_1 et on enregistre l'évolution de la tension u_C jusqu'à la fin de la charge du condensateur. Ensuite, on ouvre K_1 et on ferme K_2 : le condensateur se décharge complètement. On ouvre enfin K_2.

5PYOSAG1

[redacted]

On modifie la température de l'enceinte et on recommence le protocole précédent. On opère pour plusieurs valeurs de température et on obtient le graphique suivant :



À l'aide des résultats expérimentaux, étudions la charge du condensateur.

1.1. Établir la relation entre la tension E aux bornes du générateur, la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique et la tension u_C aux bornes du condensateur.

1.2. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la tension u_c pendant la phase de charge.

1.3. La solution analytique de cette équation est de la forme : $u_C = A + B\, e^{-t/(RC)}$

1.3.1. En tenant compte des conditions finales de la charge, déterminer A.

1.3.2. En tenant compte des conditions initiales de la charge, déterminer B.

1.3.3. Déduire l'expression de u_C.

1.4. On donne l'expression de la constante de temps du dipôle (R,C) : $\tau = R\,C$

1.4.1. Vérifier par analyse dimensionnelle l'homogénéité de cette formule.

1.4.2. Déterminer la valeur τ_1 de la constante de temps, relative à la température $\theta_1 = 20°C$, à partir du graphique. Expliquer la méthode employée.

1.4.3. En déduire la valeur R_1 de la résistance correspondante.

1.4.4. Procéder de la même manière pour les autres températures et compléter le tableau de l'**annexe 2** à rendre avec la copie.

1.4.5. Tracer sur papier millimétré (à rendre avec la copie) la courbe d'étalonnage $R = f(\theta)$ en respectant l'échelle suivante : abscisse : 1 cm pour 5°C
ordonnée : 1 cm pour 0,1 kΩ.

2. Mesure d'une température

Essayons la sonde thermique en la plaçant dans une enceinte de température interne θ à déterminer. On mesure la résistance de la thermistance à l'aide d'un ohmmètre et on obtient : R = 0,50 kΩ. En vous servant de la courbe d'étalonnage, déterminer la température de l'enceinte.

ANNEXE 1 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

	Avancement	$CH_3CO_2H_{(aq)}$ +	$H_2O_{(l)}$ =	$CH_3CO_2^-{}_{(aq)}$ +	$H_3O^+{}_{(aq)}$
État initial	$x = 0$		en excès		
État final théorique	$x = x_{max}$		en excès		
État final expérimental ou état d'équilibre	$x = x_f$		en excès		

ANNEXE 2 (À RENDRE AVEC LA COPIE)
(Seules les cases blanches sont à compléter)

Température θ (°C)	$\theta_1 = 20$	25	30	35	40	45	50	55	60
Constante de temps τ (ms)	$\tau_1 =$								
Résistance R (kΩ)	$R_1 =$	1,07		0,74		0,49		0,34	

5PYOSAG1

Page 8/8