

RÉPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION EXAMEN DU BACCALAURÉAT SESSION 2019	Session principale	
	Épreuve : Sciences physiques	Section : Mathématiques
	 Durée : 3h	Coefficient de l'épreuve: 4



*Le sujet comporte 5 pages numérotées de 1/5 à 5/5.
La page 5/5 est à compléter et à rendre avec la copie.*

CHIMIE (7 points)

Exercice 1 (4,25 points)

Lors d'une séance de travaux pratiques, un enseignant demande à ses élèves de réaliser l'étude expérimentale quantitative de la réaction d'estérification entre l'éthanol et l'acide éthanoïque.

Dans un ballon propre, sec et mis dans un bain d'eau glacée, les élèves introduisent alors $a = 17,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ d'éthanol et $b \text{ mol}$ d'acide éthanoïque. Après agitation, ils répartissent ce mélange équitablement dans 10 ampoules propres, sèches, numérotées de 0 à 9 et placées dans un bain d'eau glacée. Chaque ampoule renferme ainsi un système chimique (S) contenant le dixième du mélange de départ.

A l'aide d'une pipette compte-gouttes, les élèves ajoutent avec précision 2 gouttes d'acide sulfurique concentré à chaque ampoule. Ils équipent chacune des ampoules numérotées de 1 à 9 d'un bouchon muni d'un tube capillaire en verre, les plongent simultanément dans un bain-marie chauffé à une température adéquate θ constante et déclenchent aussitôt le chronomètre: c'est l'instant initial $t_0 = 0$. A cet instant, les élèves versent le contenu de l'ampoule numéro 0 dans un erlenmeyer propre, puis, déterminent la quantité d'acide (éthanoïque + sulfurique) y présente initialement au moyen d'un dosage colorimétrique par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_B = 1 \text{ mol.L}^{-1}$. Ils notent alors le volume V_{BE_0} de la solution basique (S_B) ajouté pour atteindre l'équivalence acido-basique. A des instants t_i espacés régulièrement de 10 min, ils retirent l'ampoule numéro i (i de 1 à 9) du bain-marie et la placent dans le bain d'eau glacée, puis, effectuent le dosage de son contenu par la même solution (S_B). Ils notent alors le volume V_{BE_i} de la solution basique versé à l'équivalence relative à l'ampoule i concernée.

L'enseignant analyse les résultats obtenus et rejette les valeurs expérimentales relatives au dosage du contenu de chacune des ampoules numérotées 2, 4 et 9 en raison d'erreurs de manipulation commises par les élèves. Pour les autres ampoules, les résultats sont validés et consignés dans le tableau (I) de la feuille annexe (page 5/5). Une étude préalable montre que les 2 gouttes d'acide sulfurique utilisés dans cette manipulation sont neutralisées par un volume $V_{BE_c} = 2,2 \text{ mL}$ de la solution basique (S_B).

1) Préciser l'intérêt de chacune des opérations manipulatoires suivantes:

- a- on équipe chacune des ampoules numérotées de 1 à 9 d'un bouchon muni d'un tube capillaire en verre;
- b- on plonge les ampoules numérotées de 1 à 9 dans un bain-marie chauffé à la température θ .

2) En raisonnant sur le contenu du système chimique (S), montrer qu'à l'instant t_i , l'avancement x_i de la réaction étudiée et correspondant à l'ampoule i , est exprimé par la relation: $x_i = C_B (V_{BE_0} - V_{BE_i})$.

3) En exploitant le tableau (I) de la feuille annexe (page 5/5):

- a- déterminer le nombre de moles d'acide éthanoïque présent dans le système chimique (S) à l'instant initial $t_0 = 0$ et en déduire que le mélange réactionnel préparé au départ dans le ballon est équimolaire ;
- b- donner l'état du système chimique (S) pour un instant t_i supérieur à 60 min ;
- c- calculer l'avancement final x_f de la réaction étudiée et en déduire que la constante d'équilibre qui lui est associée est $K \approx 4$.

- 4) L'enseignant révèle les trois erreurs commises par ses élèves lors de la manipulation des ampoules numérotées 2, 4 et 9. Elles sont décrites dans le tableau (II) de la feuille annexe (page 5/5).
- a- On désigne par x_2 et x_2' les avancements, à un même instant t_2 , de la réaction étudiée lorsque les élèves manipulent l'ampoule 2 respectivement erronément et correctement. On désigne également par x_4 et x_4' les avancements de cette réaction, à un même instant t_4 , lorsque les élèves manipulent l'ampoule 4 respectivement erronément et correctement. Comparer en le justifiant, x_2' à x_2 et x_4' à x_4 .
- b- Pour l'ampoule numéro 9 ($t_9 = 90 \text{ min}$), le système chimique (S) est en équilibre et le volume de la solution (S_B) versé par les élèves pour atteindre l'équivalence acido-basique est : $V_{BE_9} = 8,7 \text{ mL}$.
- b₁- Expliquer pourquoi le volume de la solution basique versé à l'équivalence acido-basique dans le dosage relatif à l'ampoule 9 est supérieur à celui versé dans le dosage relatif à chacune des ampoules 6, 7 et 8, alors que le système chimique (S) est en équilibre dans ces quatre ampoules.
- b₂- Déterminer le nombre de moles d'ester obtenu par les élèves dans l'ampoule 9. Déduire $n_{0_{\text{eau}}}$.

Exercice 2 (2,75 points)

Toutes les solutions aqueuses utilisées sont prises à $25 \text{ }^\circ\text{C}$, température à laquelle le produit ionique de l'eau est $K_e = 10^{-14}$. On suppose qu'on pourra négliger les ions dus à l'ionisation propre de l'eau.

On dispose d'une solution aqueuse (S_0) d'une monobase **B** de concentration initiale $C_0 = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ et de $\text{pH}_0 = 11,40$. Le taux d'avancement final de la réaction de **B** avec l'eau dans cette solution est noté τ_{f_0} .

1) a- Donner l'expression de τ_{f_0} en fonction de C_0 , pH_0 et pK_e . Vérifier que sa valeur est $\tau_{f_0} \approx 25.10^{-3}$.

b- En précisant l'approximation utilisée, montrer que: $\text{pH}_0 = \frac{1}{2}(2\text{pK}_e - \text{pK}_b + \log C_0)$; où K_b est la constante de basicité du couple BH^+/B .

2) On prélève un volume V_0 de la solution précédente (S_0) que l'on introduit dans un bécher et on y ajoute un volume V_e d'eau distillée; on prépare ainsi une solution (S) faiblement diluée de $\text{pH} = \text{pH}_{(S)}$. En admettant qu'après cette dilution, la monobase **B** reste faiblement ionisée dans la solution (S):

a- montrer que le pH de la solution (S) peut s'écrire sous la forme: $\text{pH}_{(S)} = \text{pH}_0 - \frac{1}{2} \log\left(1 + \frac{V_e}{V_0}\right)$;

b- montrer que le taux d'avancement final τ_f de la réaction de **B** avec l'eau dans la solution (S) peut s'écrire sous la forme: $\tau_f = \tau_{f_0} \sqrt{1 + \frac{V_e}{V_0}}$;

c- calculer $\text{pH}_{(S)}$ et τ_f pour $V_e = \frac{5}{4} V_0$;

d- déduire en le justifiant, l'effet de la dilution réalisée sur l'ionisation de la monobase **B** dans l'eau.

PHYSIQUE (13 points)

Exercice 1 (7 points)

On dispose d'un condensateur de capacité C , d'une bobine d'inductance L et de résistance r et d'un conducteur ohmique de résistance R . On se propose de déterminer les valeurs de C , L , r et R . Pour ce faire, on réalise les trois expériences suivantes:

I- Première expérience : le condensateur étant initialement déchargé, on réalise le circuit de la figure 1 ; où (G_1) est un générateur de courant électrique délivrant une intensité de courant constante $I_0 = 50 \mu\text{A}$ et K est un commutateur à deux positions (1) et (2).

A l'instant initial $t = 0$, on place le commutateur K en position (1). A l'aide d'un dispositif approprié d'acquisition de données, on suit l'évolution temporelle de la tension u_{AB} aux bornes du condensateur et on trace la courbe correspondante.

On obtient alors le chronogramme de la figure 2 de la feuille annexe (page 5/5).

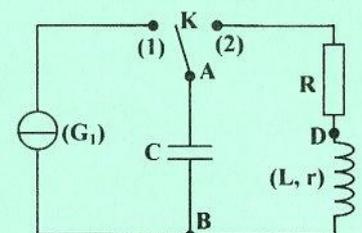


Figure 1

1) Exprimer la tension $u_{AB}(t)$ aux bornes du condensateur en fonction de I_0 , C et du temps t .

2) En exploitant le chronogramme de la figure 2 de la feuille annexe (page 5/5), déterminer la valeur de C .

II- Deuxième expérience : lorsque la tension aux bornes du condensateur devient égale à U_0 , on bascule le commutateur K en position (2). On prend cet instant t_0 comme nouvelle origine des temps ($t_0 = 0$). Le suivi de l'évolution temporelle de la tension u_{AB} aux bornes du condensateur permet d'obtenir le chronogramme de la figure 3 de la feuille annexe (page 5/5).

1) a- Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension aux bornes du condensateur

peut s'écrire sous la forme:
$$LC \frac{d^2 u_{AB}(t)}{dt^2} + (R+r)C \frac{du_{AB}(t)}{dt} + u_{AB}(t) = 0 .$$

b- Exprimer l'énergie totale de l'oscillateur réalisé en fonction de L , C , $u_{AB}(t)$ et $\frac{du_{AB}(t)}{dt}$.

c- Dédire que cette énergie diminue au cours du temps.

2) En exploitant le chronogramme de la figure 3 de la feuille annexe (page 5/5):

a- nommer le régime des oscillations électriques mises en jeu dans le circuit;

b- vérifier que l'inductance de la bobine est $L \approx 0,5 \text{ H}$, sachant que la pseudopériode T des oscillations électriques est pratiquement égale à la période propre T_0 de l'oscillateur (L, C);

c- donner la valeur de la tension U_0 aux bornes du condensateur à l'instant $t_0 = 0$;

d- déterminer l'énergie dissipée par effet Joule dans le circuit entre les instants $t_0 = 0$ et $t_1 = 67,5 \text{ ms}$.

III- Troisième expérience : on réalise maintenant le circuit de la figure 4; où (G_2) est un générateur de tension de fem E et de résistance supposée négligeable et K' est un interrupteur.

A un instant $t = 0$, pris comme origine des temps, on ferme K' . A l'aide d'un dispositif approprié, on suit l'évolution temporelle de la tension u_{DB} aux bornes de la bobine et on trace la courbe correspondante. On obtient alors le chronogramme de la figure 5 de la feuille annexe (page 5/5). On trace la tangente (Δ_0) à ce chronogramme au point d'abscisse $t = 0$.

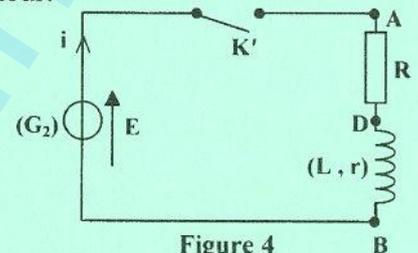


Figure 4

1) Nommer le phénomène qui se manifeste dans la bobine à la fermeture de l'interrupteur K' .

2) L'équation différentielle régissant l'évolution de la tension aux bornes de la bobine s'écrit:

$$\frac{du_{DB}(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} u_{DB}(t) = \frac{rE}{L}; \text{ où } \tau \text{ est la constante de temps du circuit, qui s'exprime par: } \tau = \frac{L}{R+r} .$$

a- Déterminer l'expression de la tension U_{b_0} aux bornes de la bobine en fonction de E , r et R lorsque le régime permanent s'établit dans le circuit.

b- Dédire qu'en régime permanent, la tension aux bornes du conducteur ohmique est: $U_{R_0} = \frac{RE}{R+r}$.

3) En exploitant le chronogramme de la figure 5 de la feuille annexe (page 5/5):

a- déterminer les valeurs de E , U_{b_0} et τ ;

b- déduire les valeurs de r et R ;

c- tracer sur la figure 5 de la feuille annexe (page 5/5), à rendre avec la copie, l'allure du chronogramme traduisant l'évolution temporelle de la tension u_{AD} aux bornes du conducteur ohmique. Préciser la valeur de cette tension lorsque le régime permanent s'établit dans le circuit.

Exercice 2 (3,75 points)

Données : constante de Planck $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; célérité de la lumière dans le vide $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
 $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

Dans la théorie de Bohr, les niveaux d'énergie électronique de l'atome d'hydrogène sont quantifiés. Ils sont donnés par la relation: $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$; avec $E_0 = 13,60 \text{ eV}$ et n est un entier naturel non nul. Le diagramme de

la figure 6 de la feuille annexe (page 5/5) représente quelques niveaux de cet atome (échelle non respectée).

1) a- Donner brièvement la signification du terme « quantifiés ».

b- Calculer, en eV, les énergies de l'état fondamental et de l'état ionisé de l'atome d'hydrogène.

- 2) On envoie un photon d'énergie $W = 12,75 \text{ eV}$ sur l'atome d'hydrogène, pris initialement dans son état fondamental. Justifier que ce photon peut interagir avec l'atome d'hydrogène.
Sur le diagramme de la figure 6 de la feuille annexe (page 5/5), à rendre avec la copie, représenter par une flèche que l'on désignera par (a), la transition électronique qui résulte de cette interaction.
- 3) On considère la transition électronique de l'atome d'hydrogène d'un niveau p à un niveau m ($m < p$).
- Indiquer si la raie associée à cette transition est une raie d'émission ou une raie d'absorption.
 - Montrer que la fréquence $\nu_{p \rightarrow m}$ de la raie correspondant à cette transition peut s'écrire sous la forme:

$$\nu_{p \rightarrow m} = \frac{E_0}{h} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{p^2} \right); \text{ où } h \text{ est la constante de Planck.}$$
- 4) La série de Balmer est constituée par l'ensemble des raies de longueurs d'onde $\lambda_{p \rightarrow 2}$ correspondant aux transitions électroniques des niveaux p ($p > 2$) vers le niveau $m = 2$.
- Montrer que: $\lambda_{p \rightarrow 2} = \lambda_0 \left(1 + \frac{4}{p^2 - 4} \right)$; où λ_0 est la plus petite longueur d'onde de la série de Balmer, que l'on exprimera en fonction de E_0 , h et la célérité c de la lumière.
Vérifier que $\lambda_0 \approx 365,1 \text{ nm}$ dans le vide.
 - En déduire à quelle transition électronique correspond la raie de longueur d'onde λ_0 .
 - L'une des transitions de la série de Balmer correspond à la raie de longueur d'onde $\lambda = 486,1 \text{ nm}$ dans le vide.
 - Indiquer en le justifiant, à quelle transition correspond cette raie.
 - Sur le diagramme de la figure 6 de la feuille annexe (page 5/5), à rendre avec la copie, représenter cette transition par une flèche que l'on désignera par (b).

Exercice 3 (2,25 points)**« Étude d'un document scientifique »****L'écho peut nuire à la compréhension !**

La production et la propagation des sons sont liées à l'existence d'un mouvement vibratoire [...]. Le phénomène sonore se produit sans transport de matière [...]. La propagation des vibrations est en même temps une propagation d'énergie mécanique. L'énergie transmise par unité de surface s'appelle l'intensité de l'onde sonore [...]. On constate que plus on est éloigné de la source, plus faible est l'intensité sonore. Cela vient de ce que l'énergie totale, à un instant donné, se propage dans toutes les directions et que lorsque la distance augmente, elle est répartie sur des surfaces de plus en plus grandes, ce qui diminue d'autant l'intensité sonore [...]. Le son, comme les autres phénomènes ondulatoires (lumière), manifeste la propriété de réflexion. Un exemple familier de réflexion est l'écho produit lorsqu'un son fort et net est émis devant un mur élevé. Moins évident peut-être est le renforcement du son dans une salle. En effet, l'auditeur reçoit, outre l'onde directe, les ondes réfléchies sur les murs, le sol et le plafond, ce qui renforce l'intensité. Cependant, le phénomène peut avoir des aspects négatifs. Les ondes réfléchies n'arrivent pas simultanément à l'oreille de l'auditeur, ni en même temps que l'onde directe. Il y a réverbération du son, ce qui peut nuire à la compréhension. Il faut alors aménager la salle, c'est l'objet de l'acoustique architecturale. [...] Une des propriétés les plus frappantes du son est sa capacité de contourner les obstacles. C'est une illustration d'une des caractéristiques générales des ondes...

D'après : « Production et propagation des sons » - Les Grands Articles d'Universalis - 19 septembre 2016.

- Dire si la propagation du son correspond à un transport d'énergie ou de matière. Justifier du texte.
- Expliquer et nommer le phénomène illustré par la phrase : « On constate que plus on est éloigné de la source, plus faible est l'intensité sonore ».
- Extraire du texte les aspects négatifs de l'écho et leur effet sur la compréhension d'un message sonore.
- Proposer ce que l'on peut faire dans la pratique pour aménager les murs, le sol et le plafond d'un amphithéâtre ou d'une salle de cinéma afin d'y éviter la réverbération du son.
- Nommer le phénomène physique mis en jeu dans le passage souligné du texte.

Section : N° d'inscription : Série :

Nom et Prénom :

Date et lieu de naissance :

Signatures des surveillants

.....

.....

✂

Épreuve : Sciences physiques - Section : Mathématiques - Session principale 2019.
Feuille annexe à compléter et à rendre avec la copie.

Numéro i de l'ampoule	0	1	3	5	6	7	8
Temps t_i (min)	0	10	30	50	60	70	80
Volume V_{BE_i} (mL)	19,5	14,9	10,4	8,6	8,0	8,0	8,0

Description de l'erreur commise par les élèves	
Ampoule 2	Les élèves ont oublié d'y ajouter les 2 gouttes d'acide sulfurique concentré.
Ampoule 4	Ils ne l'ont pas placée dans le bain d'eau glacée avant de procéder au dosage.
Ampoule 9	Cette ampoule n'était pas tout à fait sèche avant d'y verser le dixième du mélange de départ et d'y ajouter l'acide sulfurique concentré ; elle contenait au préalable une certaine quantité d'eau distillée supposée égale à $n_{0\text{eau}}$ mol à l'instant $t_0 = 0$.

