

RÉPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION

EXAMEN DU BACCALAURÉAT * Session de contrôle 2025

Épreuve : **Sciences physiques**

Section : **Mathématiques**

Durée : **3h**

Coefficient de l'épreuve: **4**

N° d'inscription

Le sujet comporte cinq 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 points)

L'acétate d'éthyle, de formule semi-développée $\text{CH}_3\text{--COO--CH}_2\text{--CH}_3$ est un liquide largement utilisé dans l'industrie agroalimentaire. Sa synthèse au laboratoire peut être réalisée à partir d'un acide carboxylique (A) et d'un alcool (B).

Pour étudier cette réaction, on procède comme suit : on introduit dans un erlenmeyer placé dans un bain d'eau glacée, un volume V_1 de l'acide (A) et un volume V_2 de l'alcool (B) ainsi que quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Après agitation, on répartit équitablement ce mélange dans cinq tubes à essais numérotés de 1 à 5, placés préalablement dans un bain d'eau glacée. Chaque tube est surmonté d'un tube capillaire et contient n_{01} mol de l'acide (A) et $n_{02} = 2n_{01}$ mol de l'alcool (B). À un instant pris comme origine des temps, on place les tubes dans un bain thermostaté à une température adéquate θ . À différents instants, on dose les acides restant dans chaque tube par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration molaire $C_b = 2 \text{ mol.L}^{-1}$, en présence d'un indicateur coloré approprié.

Une étude préalable a permis de déterminer le volume de la solution d'hydroxyde de sodium nécessaire au titrage de l'acide sulfurique présent dans chacun des tubes.

Quelques résultats expérimentaux des titrages effectués sont consignés dans le tableau ci-contre ; où V_b désigne le volume de la solution d'hydroxyde de sodium nécessaire au titrage de l'acide (A) seul.

Tube n°	1	2	3	4	5
t (min)	0	5	15	50	60
V_b (mL)	20,0			3,1	3,1

On désigne par V_{b_0} et V_{b_t} les volumes de la solution d'hydroxyde de sodium nécessaires au titrage de l'acide (A) respectivement à l'instant $t = 0$ et à la fin de la réaction.

- Nommer la réaction qui conduit à la formation de l'acétate d'éthyle à partir de l'acide carboxylique (A) et de l'alcool (B).
 - Donner les formules semi-développées de (A) et (B).
- En raisonnant sur le contenu d'un tube, montrer qu'à un instant t donné, l'avancement de la réaction peut être exprimé par la relation : $x = n_{01} - C_b \cdot V_b$.
 - En exploitant le tableau, déterminer la valeur de n_{01} .
 - En déduire les valeurs de V_1 et V_2 .

On donne : - masses molaires des composés (A) et (B) (en g.mol^{-1}) : $M_A = 60$; $M_B = 46$;

- masses volumiques des composés (A) et (B) (en g.mL^{-1}) : $\rho_A = 1,05$; $\rho_B = 0,79$.

- Montrer que le taux d'avancement final de la réaction est : $\tau_f = 1 - \frac{V_{b_t}}{V_{b_0}}$. Calculer sa valeur.
 - Montrer que la valeur de la constante d'équilibre K relative à la réaction étudiée est : $K \approx 4$.
- On refait l'expérience précédente en suivant le même protocole expérimental mais, en partant d'un mélange initial équimolaire de l'acide (A) et de l'alcool (B), de manière que chaque tube renferme n_{01} mol de chaque réactif.
 - Montrer que le volume V'_{b_t} de la solution d'hydroxyde de sodium nécessaire au titrage de l'acide (A) à la fin de la réaction est : $V'_{b_t} = \frac{V_{b_0}}{3}$.
 - Déduire la valeur τ'_f du nouveau taux d'avancement final de la réaction étudiée.
 - Conclure quant à l'intérêt pratique de partir d'un mélange initial d'acide et d'alcool non équimolaire.



Exercice 2 (3 points)

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

L'acide butyrique, de formule brute $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$, également connu sous le nom d'acide butanoïque, a été découvert au début du XIX^e siècle par le chimiste Michel Eugène Chevreul. C'est l'un des composés responsables de l'odeur très forte et du goût piquant de certains fromages et beurres rances.

On se propose de déterminer la valeur du pK_a du couple acide/base associé à l'acide butyrique (que l'on notera **AH** dans ce qui suit) et d'analyser la qualité d'un beurre en déterminant le pourcentage d'acide butyrique qu'il contient.

1- On considère une solution aqueuse (**S**) d'acide butyrique de concentration molaire $C = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

La mesure du pH de cette solution donne $\text{pH} = 4,5$.

- Déterminer la valeur du taux d'avancement final τ_f de la réaction de l'acide butyrique avec l'eau dans la solution (**S**).
- En déduire que l'acide butyrique est un acide faible.
- Écrire l'équation de sa réaction avec l'eau.

d- Montrer que le pK_a du couple étudié s'exprime par : $\text{pK}_a = \text{pH} - \log\left(\frac{\tau_f}{1-\tau_f}\right)$. Calculer sa valeur.

2- Pour analyser la qualité d'un beurre, on adopte un protocole expérimental approprié menant à la détermination du pourcentage d'acide butyrique présent dans le beurre analysé à l'aide d'un dosage acido-basique. Ce protocole comporte, entre autres, les étapes suivantes :

- on prépare un volume $V = 100 \text{ mL}$ d'une solution (**S'**) en faisant dissoudre dans un solvant adéquat une masse $m = 12 \text{ g}$ de beurre fondu ;
- on dose en présence d'un indicateur coloré approprié, un volume $V_A = 20 \text{ mL}$ de la solution ainsi préparée par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 0,04 \text{ mol.L}^{-1}$.

Le volume de la solution d'hydroxyde de sodium ajouté à l'équivalence est $V_{\text{BE}} = 8 \text{ mL}$.

On considère que seul l'acide butyrique réagit avec l'hydroxyde de sodium lors du dosage.

- Écrire l'équation de la réaction de dosage. Montrer que cette réaction est totale.
- Préciser si le beurre analysé est rance ou non.

On donne : - un beurre est rance si le pourcentage en masse d'acide butyrique qu'il contient est supérieur ou égal à 4 %, c'est-à-dire qu'il y a 4 g ou plus d'acide butyrique dans 100 g de beurre ;
- masse molaire de l'acide butyrique : $M = 88 \text{ g.mol}^{-1}$.

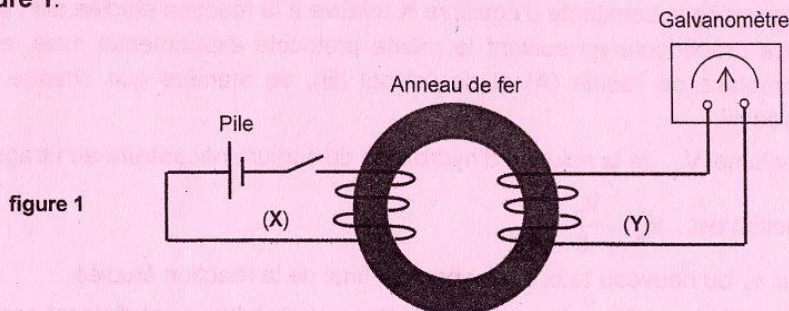
Physique (13 points)

Exercice 1 (3 points)

Étude d'un document scientifique

Quand le magnétisme fait naître des courants

En 1820, le physicien et chimiste Hans Christian Ørsted (1777 – 1851) découvre qu'un courant électrique produit un champ magnétique. Les scientifiques se demandent alors s'il serait possible de produire un courant électrique à l'aide d'un champ magnétique. Deux scientifiques, Joseph Henry (1797 – 1878) et Michael Faraday (1791 – 1867) découvrent indépendamment que ceci est possible. En 1831, Faraday publie ses résultats (avant Henry) et effectue des expériences plus détaillées. L'une de ses expériences les plus célèbres impliquait un anneau de fer avec deux bobines de fil enroulées autour de lui comme le montre la figure 1.



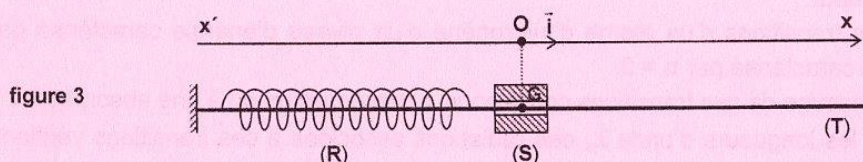
La bobine de fil du circuit (X) est reliée à une pile via un interrupteur. Faraday croit que s'il utilise une pile assez puissante, le courant circulant dans (X) produira dans la bobine un champ magnétique assez fort pour induire un courant dans le circuit (Y). Ce deuxième circuit n'est pas relié à une pile, mais est connecté à un galvanomètre afin de détecter tout courant qui y circule. Lorsque Faraday fait circuler un courant constant, le galvanomètre ne détecte aucun courant. Cependant, en fermant l'interrupteur, il observe une déviation momentanée de l'aiguille du galvanomètre. En ouvrant l'interrupteur, il observe aussi une déviation momentanée de l'aiguille, mais dans le sens inverse. Un courant est donc induit seulement lorsque le courant du circuit (X) s'arrête ou commence à circuler. Lorsqu'on ferme le circuit (X), le champ magnétique passe de zéro à sa valeur maximale. Lorsqu'on ouvre le circuit (X), le champ magnétique passe de sa valeur maximale à zéro. Faraday conclut donc qu'un champ magnétique doit varier afin d'induire un courant électrique dans un circuit. Peu de temps après (en 1834), le physicien Heinrich Lenz (1804 - 1865) formule une loi qui porte son nom et qui détermine le sens du courant induit.

D'après « <https://www.edu.gov.mb.ca> »

- 1- Indiquer ce que cherche Faraday à travers ses expériences.
- 2- a- Nommer le phénomène physique ayant eu lieu lors de l'expérience décrite dans le texte.
b- Identifier parmi les circuits (X) et (Y), celui qui correspond au circuit inducteur.
- 3- a- Préciser pourquoi le galvanomètre ne détecte aucun courant, lorsque le circuit (X) est parcouru par un courant constant.
b- Dire pourquoi, dans l'expérience de Faraday, la déviation de l'aiguille du galvanomètre est momentanée.
- 4- La figure 2 de la page 5/5 représente une autre expérience réalisée par Faraday ; elle montre une autre façon d'induire un courant dans un circuit.
a- Énoncer la loi de Lenz.
b- Indiquer pour chacune des actions figurant dans le tableau donné à la page 5/5, l'observation correspondante en plaçant une croix (x) dans la case appropriée. Justifier uniquement l'observation liée à l'action 2.

Exercice 2 (6,5 points)

Un solide (S) de masse m et de centre d'inertie G peut coulisser sans frottement sur une tige horizontale (T). Ce solide est accroché à l'une des extrémités d'un ressort (R) à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur k . L'autre extrémité du ressort est attachée à un support fixe comme l'indique la figure 3.



À l'équilibre, le centre d'inertie G de (S) coïncide avec l'origine O du repère $(O, \vec{i})$ de l'axe $x'x$.

On désigne par $x(t)$ l'élongation de G à un instant de date t dans le repère $(O, \vec{i})$ et par $v(t)$ sa vitesse à cet instant. Le mouvement de G sera étudié dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

Avec le dispositif de la figure 3, on réalise les deux expériences suivantes :

Expérience 1 : on écarte le solide (S) de sa position d'équilibre jusqu'à un point A d'abscisse $x_A > 0$ puis, on le lance à l'instant $t = 0$, avec une vitesse $v_0 < 0$. Le solide (S) se met alors à osciller de part et d'autre du point O. Un mesureur de vitesse placé en O affiche la valeur $0,5 \text{ m.s}^{-1}$.

À l'aide d'un dispositif approprié, on enregistre l'évolution au cours du temps, de l'une des formes d'énergie (cinétique du solide (S) ou potentielle du système $\{(S) + (R)\}$). La courbe obtenue est représentée sur la figure 4 de la page 5/5.

Les forces de frottement ainsi que l'amortissement du mouvement seront considérés comme négligeables.



- 1- a- En appliquant le théorème du centre d'inertie, montrer que les oscillations de **G** sont régies par l'équation différentielle : $\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \frac{k}{m} x(t) = 0$.
- b- Sachant que $x(t) = X_{\max} \sin(2\pi N_0 t + \varphi_x)$ est une solution de cette équation différentielle, déterminer l'expression de la fréquence propre N_0 des oscillations de **G** en fonction de **k** et **m**.
- 2- a- Préciser en le justifiant, à quelle forme d'énergie correspond la courbe de la **figure 4** de la **page 5/5**.
- b- En exploitant la courbe de la **figure 4** de la **page 5/5** :
 - vérifier que $N_0 = 2 \text{ Hz}$;
 - montrer que $m = 0,128 \text{ kg}$. En déduire la valeur de **k** ;
 - déterminer les valeurs de x_A , v_0 et $X_{\max}$.
- c- Déduire la valeur de φ_x .

Expérience 2 : le solide (**S**) est maintenant soumis à :

- des forces de frottement visqueux dont la résultante est équivalente à une force unique $\vec{f} = -h\vec{v}$; où **h** est une constante positive appelée coefficient de frottement ;
 - une force excitatrice $\vec{F}(t) = F_{\max} \sin(2\pi N t) \cdot \vec{i}$, d'amplitude $F_{\max} = 0,9 \text{ N}$ et de fréquence **N** réglable.
- 3- Lorsqu'on ajuste la fréquence **N** à la valeur $N_1 = 2 \text{ Hz}$, le mesureur de vitesse, toujours placé en **O**, indique la valeur $0,75 \text{ m.s}^{-1}$.
 - a- Justifier que l'oscillateur est en état de résonance de vitesse.
 - b- Déduire la valeur de **h**.
 - 4- Pour une valeur N_2 de la fréquence excitatrice **N**, on constate que l'amplitude $X_{\max}$ des oscillations de **G** passe par une valeur maximale.
 - a- Nommer le phénomène qui se produit à la fréquence N_2 .
 - b- Déterminer la valeur de N_2 .

Exercice 3 (3,5 points)

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$; avec $E_0 = 13,6 \text{ eV}$ et **n** un entier naturel non nul.

- 1- a- Définir l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène.
- b- Déduire sa valeur.
- 2- On considère les transitions d'un atome d'hydrogène d'un niveau d'énergie caractérisé par $n > 2$ au niveau d'énergie caractérisé par $n = 2$.
 - a- Préciser si chacune de ces transitions correspond à une émission ou à une absorption.
 - b- Montrer que les longueurs d'onde λ_n des radiations associées à ces transitions vérifient la relation suivante : $\frac{1}{\lambda_n} = 10,96 \cdot \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right)$ (en μm^{-1}).
 - c- Déterminer le nombre de transitions situées dans le domaine visible pour lequel les longueurs d'onde sont comprises entre $0,4 \mu\text{m}$ et $0,8 \mu\text{m}$. Schématiser la transition qui correspond à la radiation ayant la plus petite longueur d'onde.
- 3- Un atome d'hydrogène pris dans son état fondamental, rencontre séparément un photon et un électron ayant la même énergie $W = 12,4 \text{ eV}$; l'atome est alors excité.
 - a- Préciser en le justifiant, si cette excitation est due au photon ou à l'électron.
 - b- Donner alors la valeur de **n** caractérisant le niveau d'énergie de l'atome dans son état excité.

On donne : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.





	Section :	N° d'inscription :	Série :	Signatures des surveillants	
	Nom et Prénom :				
	Date et lieu de naissance :				

Épreuve: Sciences physiques - Section : Mathématiques
Session de contrôle (2025)
Annexe à rendre avec la copie

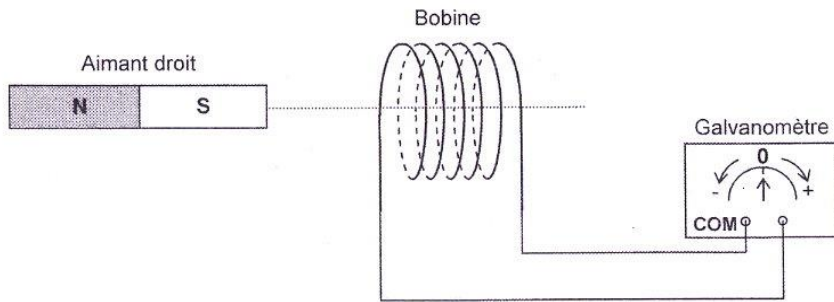


figure 2

Observation Action		Déviation de l'aiguille du galvanomètre dans le sens (-)	Pas de déviation de l'aiguille du galvanomètre	Déviation de l'aiguille du galvanomètre dans le sens (+)
1	On maintient l'aimant immobile devant la bobine			
2	On rapproche rapidement l'aimant de la bobine			
3	On éloigne rapidement l'aimant de la bobine			
4	On rapproche rapidement la bobine de l'aimant			

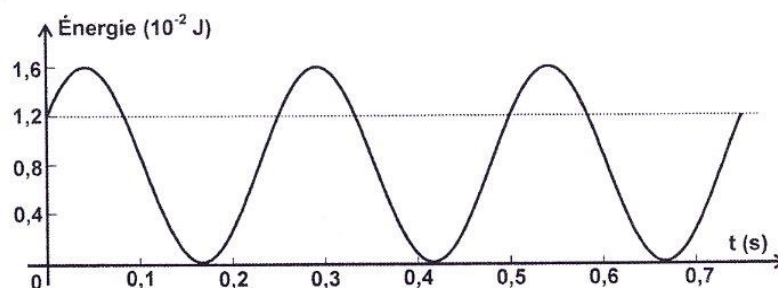


figure 4

