

SCIENCES PHYSIQUES

Les tables et calculatrices réglementaires sont autorisées.

Données : masses molaires en g.mol⁻¹ : M(C) = 12 ; M(H) = 1 ; MO = 16 ; M(Na) = 23 ; M(N) = 14

EXERCICE 1 : (04 points)

L'acétone ou propanone ($\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$), liquide à température ordinaire, est un solvant très utilisé dans l'industrie et en laboratoire. On l'utilise en particulier comme dissolvant de colles ou pour le dégraissage industriel. L'acétone permet également de fabriquer des matières plastiques et des médicaments. Un laborantin met au point un protocole expérimental permettant de synthétiser la propanone et de suivre l'évolution de la réaction de synthèse au cours du temps.

1.1. Il réalise la synthèse de la propanone par oxydation du propan-2-ol par l'ion dichromate ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$).

1.1.1. Ecrire le groupement fonctionnel de la propanone et dire à quelle famille elle appartient. (0,5 pt)

1.1.2. Montrer à partir des demi-équations des couples mis en jeu que l'équation-bilan de la réaction chimique s'écrit : $3\text{C}_3\text{H}_8\text{O} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 8\text{H}^+ \rightarrow 3\text{C}_3\text{H}_6\text{O} + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ (0,75 pt)

Couples oxydants /réducteurs mis en jeu : ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$) et propanone/propan-2-ol ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}/\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$)

1.2. Pour suivre l'évolution, au cours du temps, de la quantité de matière (n) de propanone formée, le laborantin introduit dans un erlenmeyer un volume $V_1 = 50 \text{ mL}$ de solution de dichromate de potassium de concentration molaire $C_1 = 2.10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, un volume $V_a = 49 \text{ mL}$ d'une solution d'acide sulfurique concentrée et un volume $V_2 = 1 \text{ mL}$ de propan-2-ol. Le mélange est ensuite immédiatement réparti équitablement dans 10 tubes à essais.

1.2.1. Calculer les quantités de matière initiales n_{01} d'ions dichromate et n_{02} de propan-2-ol présents dans un tube à essais. En déduire le réactif limitant. (0,75 pt)

Données : masse volumique du propan-2-ol $\rho = 0,785 \text{ g/mL}$; masse molaire $M = 60 \text{ g/mol}$.

1.2.2. Une méthode appropriée de dosage a permis de déterminer la quantité de matière n_r d'ions dichromate restant dans un tube à l'instant t. Montrer que la quantité de matière n, de propanone formée à l'instant t s'exprime par : $n(\text{mmol}) = 3(1 - n_r)$ avec n_r en mmol. (0,5 pt)

1.2.3. Reproduire le tableau ci-après sur la copie et le compléter. (0,25 pt)

t (min)	0	1	2	3	4	6	10	15	20	25
n_r (mmo)	1	0,92	0,87	0,83	0,81	0,78	0,74	0,72	0,71	0,71
n (mmol)										

1.2.4. Tracer le graphe $n = f(t)$. Echelle : 1 cm → 2 min ; 1 cm → 0,1 mmol (0,50 pt)

1.2.5. Déterminer les vitesses instantanées de formation aux dates $t_1 = 3 \text{ min}$ et $t_2 = 15 \text{ min}$. Justifier brièvement l'évolution de cette vitesse. (0,75 pt)

EXERCICE 2 : (04 points)

L'éthanamine ou éthylamine, de formule $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$, est un composé organique azoté. Elle est utilisée comme solvant et comme matière première dans la synthèse de colorants et d'insecticides. On se propose de vérifier que l'éthanamine est une base faible et de réaliser le dosage acido-basique d'une solution d'éthanamine.

2.1. Basicité de l'éthanamine. Dans une première expérience, on mesure le pH d'une solution aqueuse d'éthanamine de concentration molaire volumique $C_b = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On trouve $\text{pH} = 11,4$.

2.1.1. Ces données prouvent-elles que l'éthanamine est une base faible? Justifier la réponse. (**0,5 point**)

2.1.2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'éthanamine avec l'eau. (**0,25 point**)

2.1.3. Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes dans la solution aqueuse d'éthanamine et déterminer leurs concentrations molaires volumiques. En déduire le pKa du couple $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+/\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$. Le produit ionique de l'eau est $K_e = 10^{-14}$. (**1 point**)

2.2. Etude du dosage de l'éthanamine. Dans une deuxième expérience, on effectue le dosage pH-métrique d'un volume $V_b' = 50 \text{ cm}^3$ de la solution d'éthanamine précédente par une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_a = 0,02 \text{ mol.L}^{-1}$. On obtient le tableau de mesures suivant :

$V_a (\text{cm}^3)$	0	4	8	12	16	20	24	26	27	28	29	30	31
pH	11,4	11,20	11,05	10,90	10,75	10,55	10,30	10,15	10,05	9,95	9,85	9,65	9,45
	32	32,2	32,5	32,7	33	34	35	36	38	40	44	48	
	8,95	8,75	6,45	4,30	3,90	3,45	3,20	3,10	2,90	2,80	2,60	2,50	

2.2.1. Faire un schéma annoté du dispositif de dosage. (**0,25 point**)

2.2.2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction support du dosage. (**0,25 point**)

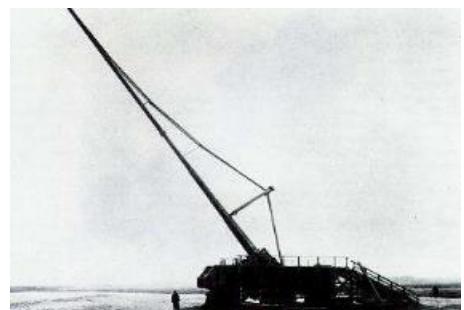
2.2.3. Tracer la courbe $\text{pH} = f(V_a)$. Echelles : 1 cm pour 1 unité de pH et 1 cm pour 2 cm^3 . (**0,75 point**)

2.2.4. Déterminer graphiquement le point d'équivalence E (V_{aE} , pH_E). (**0,5 point**)

2.2.5. Quelle valeur de la concentration molaire volumique de la solution d'éthanamine peut-on déduire de cette expérience ? Comparer avec la valeur indiquée en 2.1 (**0,5 point**)

EXERCICE 3 : (5 points)

Le canon de Paris a bombardé Paris à la fin de la Première Guerre mondiale. Le tube du canon mesure 36 m et pèse plus de 100 tonnes. La longueur et la masse exceptionnelles du canon ont obligé les ingénieurs de la société allemande Krupp à concevoir un système de soutènement inédit en artillerie. Comme pour un pont suspendu, des haubans et un mât central viennent rigidifier le long tube, l'empêchant de se courber sous son propre poids. Monté, il atteignait la masse de **750 tonnes**.



Mais le secret du canon de Paris réside dans la trajectoire de l'obus. Avec une élévation égale à **50 degrés**, le projectile est propulsé dans la haute atmosphère où l'air raréfié oppose moins de résistance à l'obus et accroît ainsi sa portée. Le 30 janvier 1918, lors des essais finaux au pas de tir de la marine à Altenwalde, le canon tira un obus de 105 kg avec une vitesse d'éjection de **1600 m.s⁻¹**. La durée de vol de l'obus a été de 176 s et il est tombé à **126 km** de distance avec une assez bonne précision. Les obus ont atteint une altitude de **42 km** à l'apogée de leur trajectoire. C'était à l'époque la plus haute altitude jamais atteinte par un projectile lancé par l'homme. Le canon de Paris conserva ce record de 1918 à 1939.

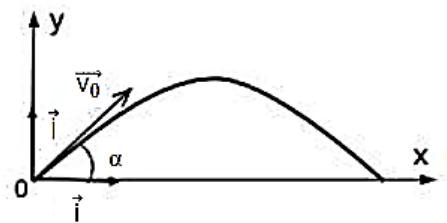
3.1. Expulsion de l'obus : on suppose que le système {tube du canon + obus} est pseudo-isolé pendant cette phase d'expulsion, c'est-à-dire que l'ensemble des forces extérieures appliquées au système se compensent.

3.1.1. Comment varie la quantité de mouvement du système pendant cette phase de tir ? (**0,25 point**)

3.1.2. En déduire la vitesse de recul du tube lors de l'expulsion de l'obus. (**0,5 point**)

3.1.3. Quelle serait cette vitesse si le tube était 10 fois plus léger ? Justifier la masse importante du tube du canon de Paris. **(0,5 point)**

3.2. Trajectoire de l'obus : on étudie le mouvement de l'obus dans le repère (xOy) donné ci-contre. Le point O est la gueule du canon. L'angle α entre le tube du canon et le sol correspond à l'élévation citée dans le document. \vec{v}_0 est le vecteur-vitesse initiale de l'obus à la sortie du canon.



3.2.1. Déterminer les coordonnées du vecteur-accélération de l'obus. **(0,5 point)**

3.2.2. En déduire les expressions des coordonnées v_x et v_y du vecteur-vitesse de l'obus et les équations horaires du mouvement de l'obus. **(1 point)**

3.2.3. En déduire l'équation de la trajectoire. **(0,25 point)**

3.3. Vérification des données du document :

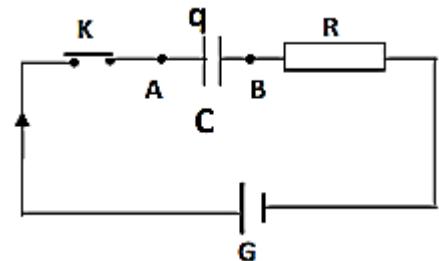
3.3.1. En utilisant la question **3.2.2**, déterminer la durée du vol et la portée x_p . **(1 point)**

3.3.2. Déterminer l'altitude théorique maximale atteinte par l'obus. **(0,5 point)**

3.3.3. Expliquer l'écart existant entre les résultats théoriques obtenus dans les deux questions précédentes et les données du document. **(0,5 point)**

EXERCICE 4 : (03 points)

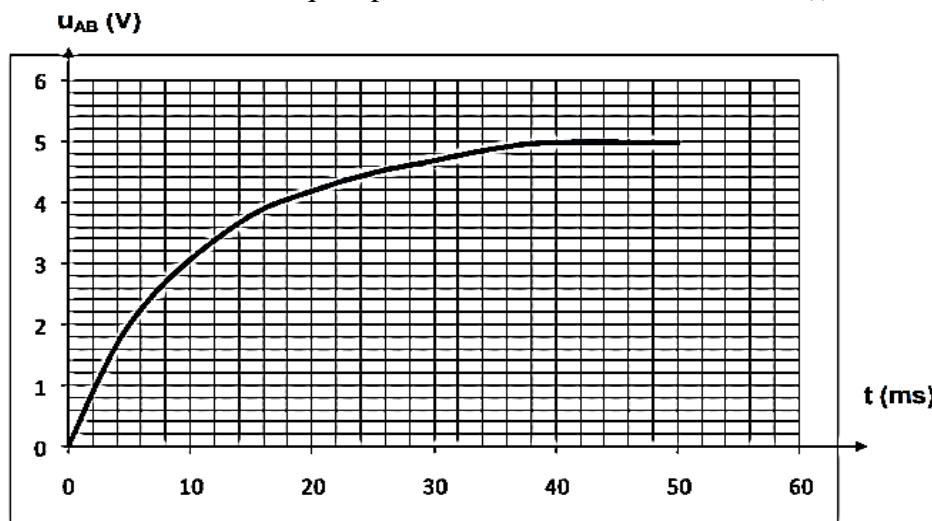
Un condensateur de capacité $C = 1 \mu\text{F}$, initialement déchargé est placé en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 10 \text{ k}\Omega$, un interrupteur K et un générateur G de résistance négligeable qui maintient entre ses bornes une tension constante $U_0 = 5 \text{ V}$. Le circuit est schématisé ci-contre. L'interrupteur K est fermé à la date $t = 0$.



4.1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_{AB}(t)$ au cours de cette étape de charge du condensateur. **(0,5 point)**

4.2. Vérifier que $u_{AB}(t) = U_0(1 - e^{-t/\tau})$ est solution de l'équation différentielle précédemment établie, relation où τ est une constante que l'on exprimera en fonction de R et C. Calculer τ . **(0,75 point)**

4.3. Afin de vérifier expérimentalement la loi de variation de $u_{AB}(t)$ et de déterminer la valeur de τ , on relève la valeur de u_{AB} à différentes dates t. Ce qui a permis de tracer la courbe $u_{AB} = f(t)$ en fin d'exercice.



4.3.1. L'allure du graphe obtenu est-il en accord avec l'expression de $u_{AB}(t)$ donnée en 4.2 ? (0,5 point)

4.3.2. En utilisant la courbe, déterminer la valeur de τ . Comparer le résultat à la valeur théorique trouvée en 4.2 et conclure. (0,75 point)

4.4. Exprimer l'intensité instantanée du courant électrique $i(t)$ en fonction de $\frac{du_{AB}}{dt}$, dérivée première de $u_{AB}(t)$ en fonction du temps. En déduire l'expression de $i(t)$ en fonction de U_0 , R , C et t . Représenter l'allure de la courbe $i(t) = f(t)$. (0,75 point)

EXERCICE 5 : (4 points)

Le fer et le cobalt sont des métaux très utilisés dans l'industrie. Ils présentent des propriétés physiques assez voisines et sont des matériaux de base pour les aimants permanents. Un laboratoire nucléaire décide de comparer d'abord la stabilité du noyau de cobalt-59 qui représente la quasi-totalité du cobalt naturel à celle du noyau de fer-59 radio-isotope lourd utilisé comme traceur dans l'étude du métabolisme du fer, puis d'étudier la radioactivité du fer-59.

5.1. Etude comparative de la stabilité des noyaux de Fer-59 ($^{59}_{26}\text{Fe}$) et de Cobalt-59 ($^{59}_{27}\text{Co}$)

5.1.1. Donner la composition de chaque noyau. Préciser ce que les deux noyaux ont en commun. (0,5 point)

5.1.2. Calculer en MeV les énergies de liaison $E_\ell(^{59}_{26}\text{Fe})$ du fer- 59 et $E_\ell(^{59}_{27}\text{Co})$ du cobalt -59. (0,5 point)

L'énergie de liaison d'un noyau ^A_ZX de masse $m(X)$ est donnée par : $E_\ell = [Z m_p + (A-Z) m_n - m(X)] \cdot C^2$

5.1.3. Les valeurs des énergies de liaison permettent-elles de comparer la stabilité des deux noyaux ? Justifier puis comparer la stabilité des noyaux $^{59}_{26}\text{Fe}$ et $^{59}_{27}\text{Co}$. (0,5 point)

5.2. Etude de la radioactivité du noyau de fer - 59 Le noyau de fer $^{59}_{26}\text{Fe}$ se désintègre spontanément en noyau de cobalt avec émission d'une particule $^{A'}_{Z'}\text{X}'$

5.2.1. Ecrire, en précisant les lois utilisées, l'équation de désintégration du fer 59. (0,5 point)

5.2.2. Nommer la particule émise et expliquer son origine. (0,5 point)

5.2.3. Pour déterminer l'activité initiale A_0 d'un échantillon de $^{59}_{26}\text{Fe}$ radioactif, le laboratoire dispose, à un instant pris comme origine du temps ($t = 0$), d'un échantillon de masse $m_0 = 1,5 \text{ mg}$. La mesure de l'activité $A(t)$ de cet échantillon chaque intervalle de dix jours, lui a permis de constater que : $\frac{A(t)}{A(t+10)} = 1,17$ (t est exprimé en jours)

5.2.3.1. Définir l'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif et l'exprimer en fonction de A_0 , de la constante radioactive λ et de la date t . (0,5 point)

5.2.3.2. Calculer la valeur de λ et en déduire celle de la demi-vie T . (0,5 point)

5.2.3.3. Calculer l'activité A_0 . (0,25 point)

5.2.4. Déterminer la masse de fer désintégrée à l'instant $t = 10 \text{ jours}$. (0,25 point)

Données :

- ❖ $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/C^2 = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$;
- ❖ vitesse de la lumière dans le vide : $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- ❖ Masse des particules : Proton : $m_p = 1,00728 \text{ u}$; neutron : $m_n = 1,00867 \text{ u}$; Masse des noyaux au repos : $m(\text{Fe}) = 58,9348755 \text{ u}$; $m(\text{Co}) = 58,9331950 \text{ u}$.