



RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL  
Un Peuple – Un But – Une Foi



INSPECTION D'ACADEMIE DE THIES

BASSIN N°6



Ministère de l'Education nationale

Evaluations à épreuves standardisées du 2<sup>nd</sup> Semestre 2023-2024

Niveau : TERMINALE S2 ; durée : 04H

Discipline : SCIENCES PHYSIQUES

### EXERCICE 1 : (04 points)

Toutes les expériences sont faites à la même température supposée constante et égale à 25°C, température à laquelle  $pK_e = 14$ . On néglige dans tout ce qui suit les ions provenant de l'ionisation propre de l'eau. Une monobase B est considérée faiblement ionisée dans l'eau, si le taux d'avancement  $\alpha$  de sa réaction avec l'eau est inférieur ou égal à  $5 \cdot 10^{-2}$ .

#### Partie I

Pour préparer trois solutions aqueuses ( $S_1$ ), ( $S_2$ ) et ( $S_3$ ) de même concentration molaire  $C_0 = 10^{-1} \text{ mol. /L}$ , on dissout respectivement trois monobases  $B_1$ ,  $B_2$  et  $B_3$  dans l'eau pure.

Les résultats de la mesure du pH de chacune des solutions préparées sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Solution	( $S_1$ )	( $S_2$ )	( $S_3$ )
pH	11,4	11,1	13,0

- 1.1. Montrer que  $B_1$  et  $B_2$  sont deux bases faibles alors que  $B_3$  est une base forte. (0,75pt)  
 1.2. La mesure du pH au cours de la dilution de ( $S_1$ ) pour des valeurs de la concentration C allant de  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  à  $10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ , a permis de tracer  $\text{pH} = f(\log C)$  courbe  $C_1$  de la figure 1.

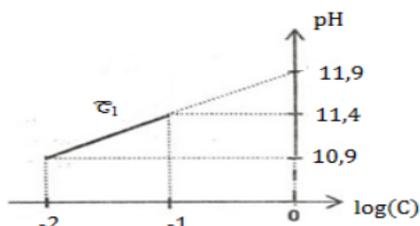
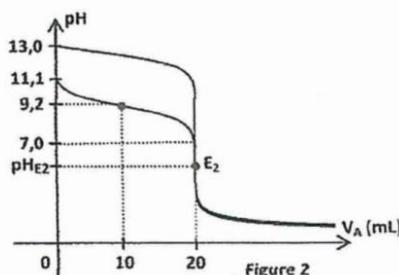


Figure 1

- 1.2.1. En utilisant l'expression de  $\alpha$ , que l'on établira, vérifier que la base  $B_1$  est faiblement ionisée dans l'eau. (0,5pt)  
 1.2.2. En précisant les approximations utilisées, établir la relation qui lie pH à  $\log C$  et montrer qu'elle s'écrit sous la forme  $\text{pH} = b + a \log C$ . Trouver les valeurs de a et b. (0, 5pt)  
 1.2.3. Calculer la valeur de  $pK_{a1}$  du couple  $B_1H^+/B_1$ . (0,25pt)

#### Partie II

- 1.3. A un même volume  $V_{B2} = 10 \text{ mL}$  de ( $S_2$ ) et  $V_{B3} = 10 \text{ mL}$  de ( $S_3$ ), on ajoute progressivement et séparément une solution d'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  (acide fort) de concentration molaire  $C_A$ . La mesure du pH, après chaque ajout d'un volume  $V_A$  de la solution acide, a permis de tracer dans chaque cas, la courbe  $\text{pH} = f(V_A)$ . Les courbes  $C_2$  et  $C_3$  obtenues sont représentées sur la figure 2.



- 1.3.1. Identifier la courbe  $C_3$  qui correspond à l'évolution du  $\text{pH} = f(V_A)$  du mélange réactionnel entre ( $S_3$ ) et la solution d'acide nitrique. (0,25pt)  
 1.3.2. Définir l'équivalence acido-basique et déduire la valeur de  $C_A$ . (0,5pt)  
 1.3.3. En exploitant la courbe  $C_2$  déterminer la valeur de  $pK_{a2}$  du couple  $B_2H^+/B_2$  et vérifier que  $B_2$  est une base plus faible que  $B_1$ . (0,5pt)

- 1.3.4.** Ecrire l'équation de la réaction entre  $B_2$  et l'acide nitrique. Montrer que cette réaction est pratiquement totale. **(0,75pt)**
- 1.3.5.** Montrer, sans faire de calcul, que la solution obtenue à l'équivalence au point  $E_2$  est acide. **(0,25pt)**.
- 1.3.6.** Calculer  $pH_{E_2}$  du mélange obtenu à l'équivalence sachant que le pH dans ces conditions s'écrit :  $pH = 1/2 (pK_{a_2} - \log C)$  ; où  $C$  est la concentration de l'acide  $B_2H^+$  à l'équivalence. **(0,25pt)**

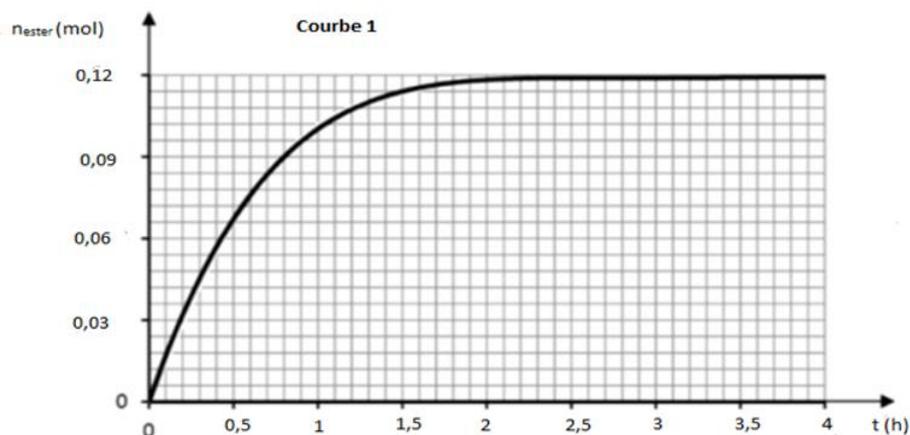
### EXERCICE 2 : (04 points)

Une solution d'acide carboxylique A de formule brute  $C_nH_{2n}O_2$  est obtenue avec 4,2 g d'acide pur placé dans une fiole jaugée de 500 mL ; on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

On place dans un bécher 50 cm<sup>3</sup> d'une solution d'acide carboxylique A dans laquelle on verse progressivement une solution d'hydroxyde de sodium de concentration 0,1 mol.L<sup>-1</sup>. Au cours de l'addition, on mesure les valeurs du pH du mélange. On appelle  $V_b$  le volume de solution d'hydroxyde de sodium versé. Les résultats sont groupés dans le tableau ci-dessous.

$V_b$ (mL)	0	5	10	20	30	40	50	60	65	68	69	70	71	72	75	80
pH	2,8	3,6	3,9	4,3	4,6	4,8	5,1	5,5	5,8	6,2	6,4	8,7	10,9	11,2	11,6	11,9

- 1.1.** Faire un schéma annoté du dispositif du dosage.
- 1.2.** Tracer la courbe  $pH = f(V_b)$ . On prendra comme échelle : 1 cm  $\rightarrow$  10 cm<sup>3</sup> et 1 cm  $\rightarrow$  1 unité de pH
- 1.3.** Déterminer les coordonnées du point équivalent par une méthode que l'on précisera.
- 1.4.** En déduire :
- 1.4.1.** La concentration  $C_a$  de la solution de l'acide carboxylique.
- 1.4.2.** Le pka du couple associé à l'acide.
- 1.4.3.** Calculer la masse molaire de l'acide et en déduire sa formule brute, sa formule semi-développée et son nom.
- 1.5.** Ecrire l'équation de la réaction de dosage.
- 1.6.** Montrer par un calcul que la réaction est totale.
- 1.7.** Donner les propriétés caractéristiques de la solution obtenue quand  $pH = pK_a$ .
- 1.8.** Pour réaliser la réaction d'estérification, 12 g de l'acide A sont mélangés à 0,2 mol propan - 2 - ol. Le mélange, en présence de catalyseur, est légèrement chauffé. A intervalles de temps réguliers, un petit volume du mélange réactionnel est prélevé et refroidi, le dosage de l'acide restant permet de faire une étude cinétique. La courbe (1) du document annexe donne la quantité d'ester formé dans le mélange en fonction du temps.
- 1.8.1.** Ecrire l'équation-bilan de la réaction d'estérification puis déterminer le rendement de la réaction.
- 1.8.2.** Calculer aux dates  $t_1 = 1$  h et  $t_2 = 3$  h la vitesse instantanée de disparition de l'acide.



### EXERCICE 3 : (04 points)

- 3.1.** Un circuit électrique comporte, en série ; un générateur de tension de f.é.m.  $E$ , un résistor de résistance  $R_0$ , un interrupteur  $K$  et une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$ . A  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur  $K$  et à l'aide d'un oscilloscope à mémoire branché comme l'indique la figure 1 : on obtient les oscillogrammes de la figure 2.
- 3.1.1.** Faire un schéma d'un montage expérimental qui permettrait de visualiser les tensions aux bornes du générateur et du résistor sur les voies  $Y_1$  et  $Y_2$  de l'oscilloscope. **(0,5pt)**
- 3.1.2.** Identifier les courbes (a) et (b). **(0,25pt)**
- 3.1.3.** Quelle est la tension qui permettrait de suivre l'évolution de l'intensité  $i(t)$  du courant dans le circuit ? Justifier la réponse. **(0,5pt)**

**3.2.** Etablir l'équation différentielle à laquelle obéit  $i(t)$ . **(0,5pt)**

**3.3.**

**3.3.1.** Vérifier que  $i(t) = I_0 (1 - e^{-t/\tau})$  est une solution de cette équation différentielle. **(0,5pt)**

**3.3.2.** Déterminer graphiquement la constante de temps  $\tau$  de ce circuit. **(0,25pt)**

**3.3.3.** Sachant que  $I_0 = 0,4 \text{ A}$  ; déterminer la valeur de  $R_0$  puis celle de  $r$ . **(0,75pt)**

**3.3.4.** En déduire la valeur de l'inductance  $L$  de la bobine. **(0,25pt)**

**3.4.**

**3.4.1.** Etablir l'expression de la tension  $U_b(t)$  aux bornes de la bobine lorsque le régime permanent s'établit. **(0,25pt)**

**3.4.2.** Tracer l'allure de  $U_b(t)$ . **(0,25pt)**

**3.5.** Calculer l'énergie magnétique  $E_b(t)$  lorsque le régime permanent s'établit. **(0,25pt)**

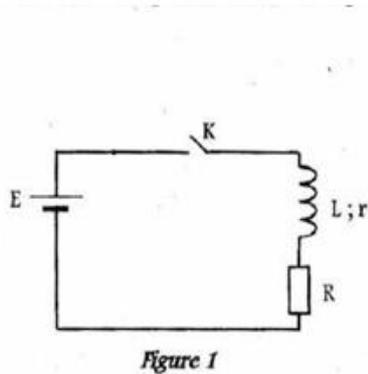


Figure 1

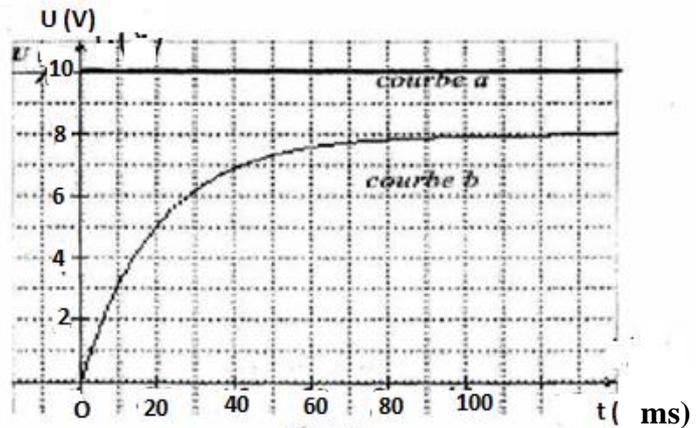
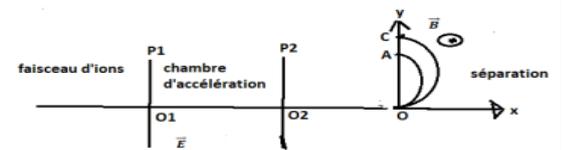


Figure 2

**EXERCICE 4 : (04 points)**

On désire séparer les isotopes de chlore (Cl) à l'aide d'un spectrographe schématisé ci-dessous.

**4.1** Les ions chlorure  $^{35}_{17}\text{Cl}^-$  et  $^{37}_{17}\text{Cl}^-$  sont produits dans une chambre d'ionisation puis dirigés vers une chambre d'accélération entre deux plaques parallèles  $P_1$  et  $P_2$  soumises à une tension  $U_1 = 10^4 \text{ V}$ . Au-delà du point O, les ions sont alors séparés grâce à un champ magnétique uniforme d'intensité 0,2 tesla, normal au plan de la figure.



**4.1.1** Préciser, sur le schéma, le sens du champ électrique  $\vec{E}$  et l'orientation de  $U_1$  qui permettent une accélération des ions. **(0,5 pt)**

**4.1.2** Les deux sortes d'ions pénètrent en  $O_1$  avec une vitesse négligeable ; montrer que les ions chlorures ont même énergie cinétique à la sortie en  $O_2$ . Calculer l'intensité de la vitesse  $\vec{V}_1$  de sortie de l'ion  $^{35}_{17}\text{Cl}^-$  au point  $O_2$ . **(0,5 pt)**

**4.1.3** Exprimer l'intensité de  $\vec{V}_2$  de l'ion  $^{37}_{17}\text{Cl}^-$  au point  $O_2$ , en fonction  $V_1$  et  $x$ . **(0,5 pt)**

**4.2** Les ions passent en O avec les vitesses  $\vec{V}_1$  et  $\vec{V}_2$  précédentes et subissent l'action du champ magnétique  $\vec{B}$  normal à ces vecteurs vitesses.

**4.2.1** Montrer que, dans la région où règne le champ magnétique  $\vec{B}$ , le mouvement des ions est plan, uniforme et circulaire. **(0,5 pt)**

**4.2.2** En déduire les expressions des rayons courbure  $R_1$  et  $R_2$  pour chacune des trajectoires. Calculer  $R_1$ . **(0,5 pt)**

**4.2.3** Les ions  $^{35}_{17}\text{Cl}^-$  et  $^{37}_{17}\text{Cl}^-$ , décrivent des demi-cercles et arrivent respectivement en des points A et C distants de  $d=2,4 \text{ cm}$ . En déduire la valeur de  $X$ . **(0,5 pt)**

**4.3** On imagine, après A un champ électrique  $\vec{E}_2$  crée entre deux plaques P et P' orthogonales à AC. P est au-dessus de P', les particules sont déviés vers le haut.

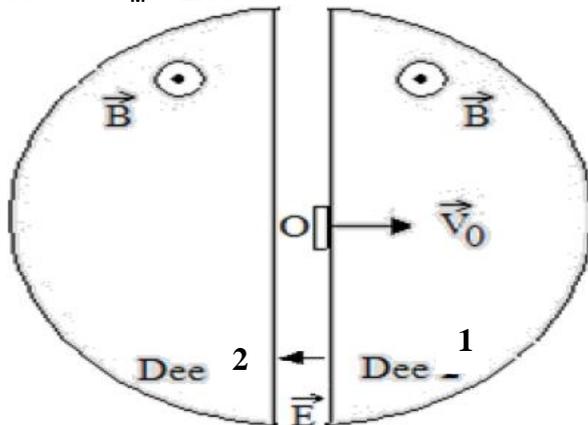
**4.3.1** Indiquer les signes de P et P' et représenter le champ électrique  $\vec{E}_2$ . **(0,5 pt)**

**4.3.2** Etablir les équations de la trajectoire de la particule  $^{35}_{17}\text{Cl}^-$  soumise à  $\vec{E}_2$  dans le repère  $(\vec{o}, \vec{i}, \vec{j})$  en prenant  $E=2500 \text{ V/m}$ . **(0,5 pt)**

**Données :** charge électrique élémentaire  $e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ; masse proton=masse neutron= $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

**EXERCICE 5 : (04 points)**

Un cyclotron est un instrument qui sert à accélérer des particules chargées, permettant ensuite de réaliser des expériences de physique nucléaire. Dans ce problème les particules chargées sont des protons de masse  $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  et de charge électrique  $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ . Le cyclotron est formé de deux demi-cylindres conducteurs creux appelés « dees » et séparés par un intervalle étroit. Un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  règne à l'intérieur de chaque « dees », sa direction est parallèle à l'axe de ces demi-cylindres, sa valeur est  $1 \text{ T}$ . Un champ électrique  $\vec{E}$  variable dans le temps, peut être établi dans l'intervalle étroit qui sépare les « dees ». Il permet d'augmenter la vitesse des protons chaque fois qu'ils pénètrent dans cet intervalle. Ce champ électrique variable est obtenu en appliquant une tension sinusoïdale de valeur maximale  $U_M$  et de fréquence  $N$  entre les deux « dees » :  $U_M = 2 \cdot 10^3 \text{ V}$ .



**5.1** Le proton entre dans le « dee » 1 avec une vitesse initiale d'injection  $\vec{v}_0$  perpendiculaire à l'axe des demi-cylindres. On négligera le poids du proton devant la force magnétique.

**5.1.1** Donner l'expression de la force agissant sur le proton en O ; la représenter sur un schéma. **(0,5pt)**

**5.1.2** Montrer que la valeur de la vitesse est constante. **(0,25pt)**

**5.1.3** Montrer que la trajectoire est circulaire de rayon  $R_o = \frac{m_p \times v_o}{q \times B}$  **(0,5pt)**

**5.1.4** Exprimer la longueur parcourue par un proton sur le demi-tour de rayon  $R_o$ . **(0,25pt)**

**5.1.5** En déduire l'expression du temps  $t$  mis par ce proton pour effectuer ce demi-tour. **(0,25pt)**

**5.1.6** Dire si ce temps dépend-il de la vitesse d'entrée du proton dans le « dee ». Calculer la valeur de  $t$ . **(0,5pt)**

**5.2** Le proton, après avoir fait un demi-cercle dans un « dee », entre dans l'intervalle étroit où il est accéléré, par le champ électrique considéré comme constant, maximum et colinéaire au vecteur vitesse du proton durant son passage.

**5.2.1** Calculer la fréquence  $N$  de la tension alternative appliquée entre les « dees » pour que les protons subissent une accélération maximale à chaque traversée de l'intervalle. On suppose que le temps de traversée de l'intervalle est négligeable devant le temps passé dans les « dees » **(0,25pt)**

**5.2.2** Exprimer littéralement, puis calculer la variation d'énergie cinétique  $\Delta E_c$  du proton lorsqu'il traverse l'intervalle étroit. Le résultat sera exprimé en joule puis en électron volt. **(0,25pt)**

**5.2.3** Préciser si le rayon de la trajectoire du proton augmente ou diminue à chaque fois qu'il traverse l'intervalle étroit. Justifier. **(0,25pt)**

**5.3** La vitesse d'injection du proton étant supposée pratiquement nulle, on désire que sa vitesse atteigne  $2 \cdot 10^4 \text{ km/s}$ .

**5.3.1** Calculer le nombre de tours que le proton devra décrire dans le cyclotron. **(0,5pt)**

**5.3.2** Déterminer la valeur du rayon à partir duquel les protons ayant acquis une vitesse  $2 \cdot 10^4 \text{ km/s}$  seront extraits, en admettant qu'ils sont injectés à proximité immédiate du centre O du cyclotron. **(0,5pt)**

FIN DE SUJET.