

**Exercice n°1 (7 points) Acide et base faible**

Toutes les solutions aqueuses sont à 25°C.

- On dispose d'une solution  $S_a$  d'acide éthanóïque  $\text{CH}_3\text{COOH}$  de concentration  $C_a=1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  et de  $\text{pH}=3,4$ .
  - Rappeler la définition d'un acide au sens de Brönsted.
  - L'acide éthanóïque est un acide faible. Justifier cette affirmation par un calcul.
  - Écrire l'équation bilan de la réaction de l'acide éthanóïque avec l'eau.
  - Donner l'expression de la constante d'acidité  $K_A$  associée au couple acide éthanóïque / ion éthanóate.
- On dispose de deux solutions de bases faibles:
  - une solution  $S_{b1}$  d'ammoniac  $\text{NH}_3$ ;
  - une solution  $S_{b2}$  de méthylamine  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ .L'ammoniac est-elle une base plus faible que la méthylamine? Justifier la réponse en utilisant les données.
- On mélange un volume  $V_a=60\text{mL}$  de la solution  $S_a$  d'acide éthanóïque à un volume  $V_{b1}=20\text{mL}$  de la solution  $S_{b1}$  d'ammoniac de concentration  $C_{b1}=2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . La mesure du pH est 5,0. Sur un axe gradué en pH, placer les domaines de prédominance des quatre espèces acidobasiques concernées. Quel les sont les espèces qui prédominent à  $\text{pH}=5,0$ ?
- On mélange maintenant un volume  $V_a'=10\text{mL}$  de solution  $S_a$  d'acide éthanóïque à un volume  $V_{b2}=20 \text{ mL}$  de la solution  $S_{b2}$  de méthylamine de concentration  $C_{b2}=1,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .
  - Calculer les quantités de matière d'acide éthanóïque et de méthylamine avant toute réaction.
  - Écrire l'équation bilan de la réaction qui se produit. Montrer que cette réaction peut être considérée comme totale.
  - Calculer les quantités de matière de chaque espèce après réaction et en déduire leur concentration molaire dans le mélange.
  - En utilisant le  $\text{p}K_A$  du couple  $\text{CH}_3\text{NH}_3^+/\text{CH}_3\text{NH}_2$ , calculer le pH de la solution.

**Données:**

- Couple  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$ :  $\text{p}K_{A1}=4,7$ .
- Couple  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ :  $\text{p}K_{A2}=9,2$ .
- Couple  $\text{CH}_3\text{NH}_3^+/\text{CH}_3\text{NH}_2$ :  $\text{p}K_{A3}=10,7$ .
- Masses molaires atomiques:  $M(\text{C})=12,0\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $M(\text{H})=1,0\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $M(\text{N})=14\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

**Exercice n°2 (6 points) Réactions acido-basique****1. Identification d'un indicateur coloré**

On dispose d'un flacon d'indicateur coloré avec comme seule indication sa concentration molaire  $C_0=2,90 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

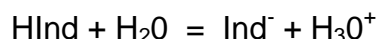
On mesure son pH: 4,18.

On en déduit la concentration molaire en ions oxonium:  $[\text{H}_3\text{O}^+]=6,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Le couple acide/base présent dans cet indicateur coloré sera noté  $\text{HInd}/\text{Ind}^-$ .

La solution d'indicateur coloré a été préparée à partir de la forme acide de l'indicateur:  $\text{HInd}$ .

L'équation de la réaction entre  $\text{HInd}$  et l'eau est:



- En considérant un volume  $V=100\text{mL}$  de solution d'indicateur, déterminer le taux d'avancement final de la réaction de l'acide HInd avec l'eau.  
Cet acide est-il totalement dissocié dans l'eau? Justifier votre réponse.
- Donner l'expression littérale de la constante d'acidité  $K_A$  de la réaction de l'acide HInd sur l'eau.
- Les concentrations à l'équilibre permettent de calculer la constante d'acidité de la réaction:  $K_A=1,9 \cdot 10^{-5}$ . Sachant que  $\text{p}K_A=-\log K_A$ , calculer le  $\text{p}K_A$  du couple HInd/Ind<sup>-</sup> et identifier l'indicateur à l'aide des données du tableau suivant:

Indicateur	Couleur acide	Zone de virage	Couleur basique	$\text{p}K_A$
Hélianthine	jaune orangé	3,1 - 4,4	rouge	3,7
Vert de bromocrésol	jaune	3,8 - 5,4	bleu	4,7
Bleu de bromothymol	jaune	6,0 - 7,6	bleu	7,0
Phénolphtaléine	incolore	8,2 - 10,0	fuschia	9,4

## 2. Dosage d'une solution d'acide chlorhydrique concentrée

Dans le laboratoire d'un lycée, on dispose d'un flacon d'une solution d'acide chlorhydrique concentrée où est notée sur l'étiquette l'indication suivante: «33% minimum en masse d'acide chlorhydrique».

On appellera cette solution  $S_0$ .

On veut connaître la concentration molaire  $C_0$  de cette solution.

### Première étape:

On dilue 1000 fois la solution  $S_0$ . On obtient alors une solution  $S_1$  de concentration  $C_1$ .

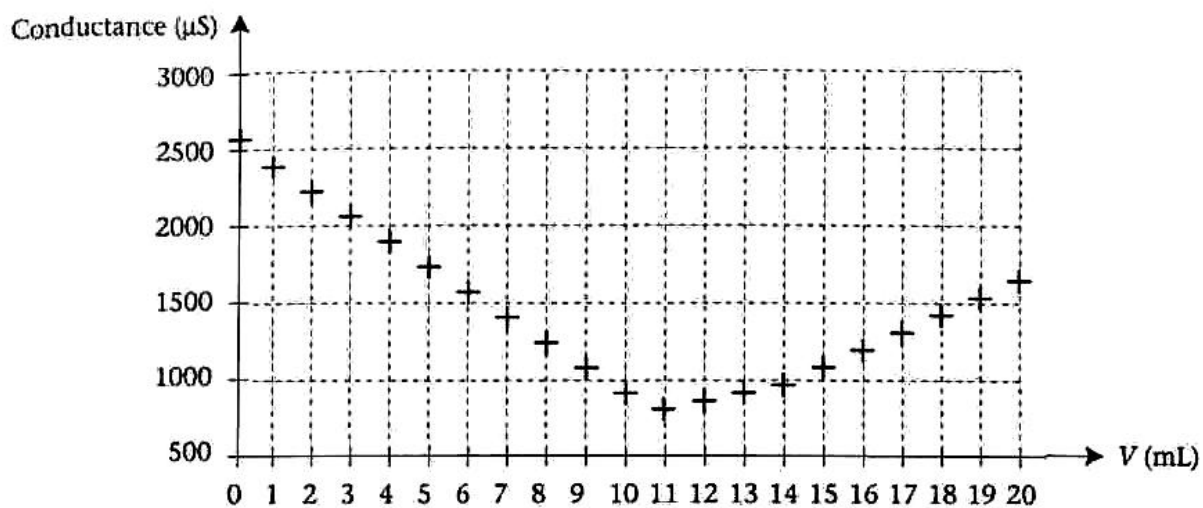
### Deuxième étape:

On prélève précisément un volume  $V_1=100,0\text{mL}$  de solution  $S_1$ .

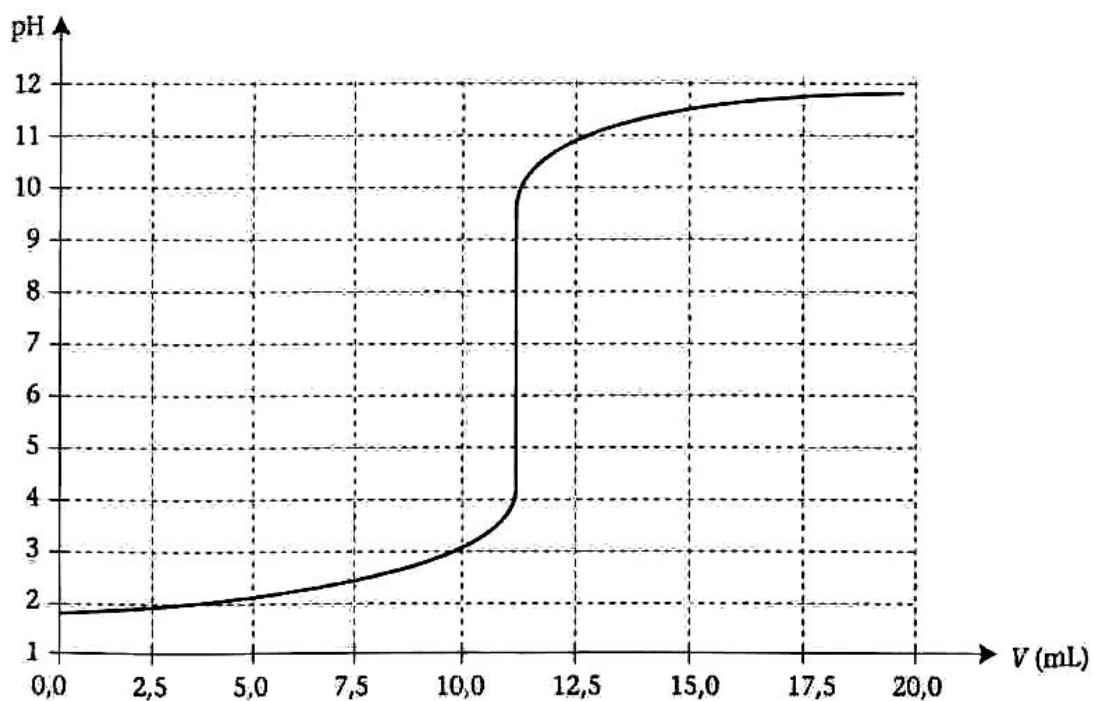
On dose par conductimétrie la solution  $S_1$  par une solution titrante d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_B=1,00 \cdot 10^{-1}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . La représentation graphique de la conductance de la solution en fonction du volume  $V$  de solution titrante versé est donnée dans le document 1 en annexe.

- On ajoute la solution d'hydroxyde de sodium pour doser la solution  $S_1$ . Écrire l'équation de la réaction acido-basique.
- Déterminer graphiquement, sur le document 1 en annexe, le volume versé  $V_E$  à l'équivalence.
- À l'équivalence, écrire la relation existant entre  $C_1$ ,  $C_B$ ,  $V_B$ ,  $V_1$  et calculer la concentration molaire  $C_1$  de la solution d'acide chlorhydrique diluée  $S_1$ .
- En déduire la concentration molaire  $C_0$  de la solution d'acide chlorhydrique concentrée  $S_0$ .
- Calculer la masse  $m_0$  de chlorure d'hydrogène HCl dissous dans un litre de solution. On donne la masse molaire du chlorure d'hydrogène  $M(\text{HCl})=36,5\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
- La solution  $S_0$  a une masse volumique  $\rho_0=1160\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Le pourcentage massique de la solution  $S_0$  représente la masse de chlorure d'hydrogène dissous dans 100 g de solution. Quelle est la masse  $m$  d'un litre de solution  $S_0$ ?
- Calculer le pourcentage massique de la solution  $S_0$ . L'indication de l'étiquette du flacon de solution d'acide chlorhydrique concentrée est-elle correcte?
- Une simulation du dosage par suivi pH-métrique de la solution  $S_1$  est donnée en annexe document 2. Indiquer, sur le document, la zone de virage de l'indicateur identifié à la question 1.3. En utilisant cet indicateur pour le dosage de la solution  $S_1$ , décrire le changement de couleur observé.
- Dans la liste donnée à la question 1.3., y a-t-il un indicateur coloré mieux adapté pour repérer l'équivalence du dosage? Justifiez votre réponse.

## ANNEXE Exercice 2



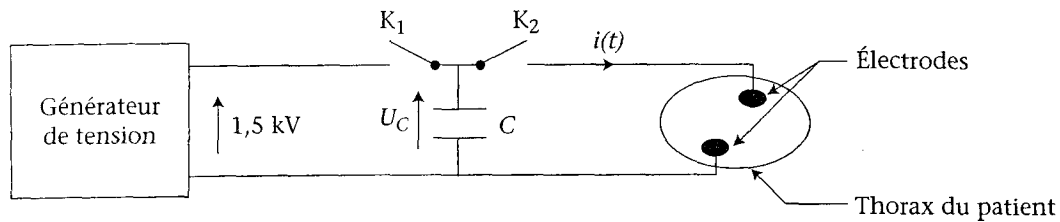
Document 1 : dosage de la solution diluée d'acide chlorhydrique  $S_1$  par conductimétrie



Document 2 : simulation du dosage de la solution diluée d'acide chlorhydrique  $S_1$  par pHmétrie

### Exercice n°3 (7 points) Défibrillateur cardiaque

Le défibrillateur cardiaque est un appareil utilisé en médecine d'urgence. Il permet d'appliquer un choc électrique sur le thorax d'un patient, dont les fibres musculaires du cœur se contractent de façon désordonnée (fibrillation). Le défibrillateur cardiaque peut être représenté de façon simplifiée par le schéma suivant.



La capacité du condensateur C est de  $470\mu\text{F}$ . Le thorax du patient sera assimilé à un conducteur ohmique de résistance  $R=50\Omega$ .

#### Phase A

Lors de la mise en fonction du défibrillateur, le manipulateur obtient la charge du condensateur C (initialement déchargé) en fermant l'interrupteur  $K_1$  ( $K_2$  étant ouvert).

1. Quel est, parmi les documents présentés dans l'annexe ci-après, celui qui correspond à cette phase du processus? (justifier votre réponse).
2. En utilisant le document ci-après, déterminer par la méthode de votre choix, la constante de temps  $\tau$  du circuit lors de cette même phase.
3. Quelle est la valeur maximale  $W_{\text{max}}$  de l'énergie que peut stocker le condensateur C? Faire une application numérique.
4. Si l'on considère qu'un condensateur est chargé lorsque la tension entre ses bornes atteint 97% de la tension maximale, au bout de quelle durée  $\Delta t$  le condensateur sera-t-il chargé?
5. Comparer cette durée à la valeur habituellement admise de  $5\tau$ .

#### Phase B

Dès que le condensateur C est chargé le manipulateur peut envoyer le choc électrique en connectant le condensateur aux électrodes posées sur le thorax du patient. Il choisit alors le niveau d'énergie du choc électrique qui sera administré au patient, par exemple  $W_p=400\text{J}$ .

À la date initiale  $t_0=0$  le manipulateur ferme l'interrupteur  $K_2$  ( $K_1$  ouvert) ce qui provoque la décharge partielle du condensateur; la décharge est automatiquement arrêtée dès que l'énergie choisie a été délivrée. Au cours de l'application du choc électrique la tension  $u_C(t)$  aux bornes du condensateur varie selon l'expression suivante:

$$u_C(t) = A \cdot e^{\frac{-t}{RC}}$$

1. Déterminer les valeurs numériques de A et de RC. (Préciser les unités)
2. Quelle relation lie l'intensité  $i(t)$  du courant de décharge et la charge électrique  $q(t)$  portée par l'armature positive du condensateur?
3. Quelle relation lie la tension  $u_C(t)$  et la charge électrique  $q(t)$ ?
4. En déduire que l'expression de  $i(t)$  est de la forme:  $i(t) = B \cdot e^{\frac{-t}{RC}}$ . Exprimer B en fonction des constantes A, R et C.
5. A quelle date l'intensité du courant est-elle maximale? Calculer la valeur absolue de cette intensité. Cette valeur dépend-t-elle de la capacité du condensateur?

### Phase C

La décharge s'arrête dès que l'énergie électrique  $W_p$  de 400J, initialement choisie, a été délivrée.

1. Déterminer graphiquement, en utilisant l'un des documents de l'annexe, la date  $t_1$  à laquelle la décharge partielle du condensateur est arrêtée. Calculer la valeur de la tension  $u_C(t_1)$  à cette date. Vérifier graphiquement cette valeur.
2. En s'appuyant sur la variation de l'énergie du condensateur entre les dates  $t_0$  et  $t_1$  retrouver la valeur de la tension  $u_C(t_1)$ .

### ANNEXE Exercice 3

