EXERCICE I : À PROPOS DES ACIDES CHLORHYDRIQUE ET ÉTHANOIQUE (7 points)
Polynésie 2008

Dans cet exercice, les solutions considérées sont prises à 25 °C.

Lycéen passionné par la chimie, Mickaël se pose beaucoup de questions….

1. *Mickaël s'interroge à propos des acides…*

1.1. Définir un acide selon Brønsted.

1.2. Écrire l'équation de la réaction du chlorure d'hydrogène avec l'eau et celle de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau.

2. *Mickaël se demande si deux solutions d'acides différents, mais de même concentration, ont le même pH. Il dispose d'une solution de chlorure d'hydrogène (acide chlorhydrique) S_1 et d'une solution d'acide éthanoïque S_2 de même concentration en soluté apporté $c = 1{,}00.10^{-2}$ mol.L^{-1}. Il mesure un pH de 2,0 pour S_1 et un pH de 3,4 pour S_2.*

Mickaël réfléchit à l'interprétation de ces résultats…

2.1. Déterminer la concentration des ions oxonium dans chacune des solutions.

2.2. On s'intéresse maintenant à la détermination du taux d'avancement.

2.2.1. En considérant un volume V = 1,00 L de solution aqueuse d'un acide HA, de concentration molaire en soluté apporté c, dresser le tableau d'avancement de la réaction de l'acide HA avec l'eau en le complétant avec les valeurs littérales de la concentration c, du volume V, de l'avancement x au cours de transformation et de l'avancement final x_f.

2.2.2. Déterminer le taux d'avancement final de la réaction de l'acide HA avec l'eau en fonction du pH de la solution et de la concentration molaire c.

2.3. En déduire les valeurs numériques du taux d'avancement final de chacune des réactions associées aux transformations donnant les solutions S_1 et S_2. Conclure.

3. *Mickaël veut connaître le comportement des solutions S_1 et S_2 par rapport à la dilution.*

3.1. Décrire le mode opératoire pour préparer avec précision au laboratoire 100 mL de solution fille diluée 10 fois à partir d'une solution mère.

La mesure du pH des solutions filles obtenues donne 3,0 pour l'acide chlorhydrique et 3,9 pour la solution d'acide éthanoïque.

3.2. Dans la solution obtenue après dilution, dans chaque cas, la concentration des ions oxonium a-t-elle été divisée par 10 ? Justifier.

3.3. Dans le cas de l'acide éthanoïque, dans quel sens s'est déplacé l'équilibre du système ? Justifier.

4. *Mickaël découvre une relation remarquable entre les concentrations d'espèces chimiques en solution …*

4.1. Pour la solution d'acide éthanoïque S_2 de concentration $c = 1{,}00.10^{-2}$ mol.L^{-1}, calculer la valeur de l'expression :

$$\frac{\left[CH_3COO^-\right]_{éq}.\left[H_3O^+\right]_{éq}}{\left[CH_3COOH\right]_{éq}}$$

4.2. Aux incertitudes expérimentales près, on constate que l'on obtient la même valeur pour la solution diluée 10 fois. Quel nom donne-t-on à cette valeur caractéristique du couple $CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}$?

5. *Mickaël lit sur une bouteille de vinaigre l'indication : « 7,0% d'acidité ». Il se demande s'il s'agit d'un pourcentage massique ou volumique en acide éthanoïque.*

Pour le savoir, il considère le vinaigre comme une solution aqueuse d'acide éthanoïque et procède à un titrage pH-métrique de V_1 = 20,0 mL de vinaigre dilué 10 fois par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration en ions hydroxyde c_B = 0,100 mol.L^{-1}.

Il note ses résultats expérimentaux :

- *Volume de soude versé à l'équivalence : V_{BE} = 23,8 mL*
- *pH à l'équivalence : pH_E = 8,4.*

Données :

- *Masse volumique du vinaigre :* ρ_V = 1,02 g/mL
- *Masse volumique de l'acide éthanoïque pur :* ρ_A = 1,05 g/mL
- *Masse molaire de l'acide éthanoïque :* M = 60,0 g.mol^{-1}.

5.1. Étude de l'équation de la réaction.

5.1.1. Écrire l'équation de la réaction entre les solutions d'acide éthanoïque et d'hydroxyde de sodium.

5.1.2. On montre que cette réaction peut servir de support au titrage. Citer alors au moins une propriété de la transformation chimique.

5.2. Donner, en la justifiant, l'expression de la concentration c_1 en acide éthanoïque du vinaigre dilué 10 fois en fonction de V_1, c_B et V_{BE}. Calculer c_1.

5.3. Détermination du pourcentage d'acidité.

5.3.1. En déduire la concentration c_0 du vinaigre en acide éthanoïque.

5.3.2. Montrer que la masse m_a d'acide éthanoïque dissous dans 1,00 L de vinaigre est m_a = 71,4 g.

5.3.3. En déduire le volume V_a d'acide éthanoïque pur correspondant à cette masse m_a.

5.3.4. D'après les résultats obtenus, parmi les deux rapports ci-dessous, lequel correspond au pourcentage d'acidité ? Justifier.

$$\frac{m_a}{\text{masse de 1 L de vinaigre}} \qquad \frac{V_a(mL)}{1000}$$

5.4. *Les deux rapports précédents étant très proches, Mickaël décide de confirmer son étude expérimentale par un titrage colorimétrique. Il dispose de trois indicateurs colorés :*

Indicateur coloré	***Zone de virage***
Hélianthine	*3,1 – 4,4*
Bleu de bromothymol	*6,0 – 7,6*
Phénolphtaléïne	*8,2 –10,0*

Quel indicateur coloré convient le mieux pour ce titrage ? Justifier.