

TP13 : Détermination de la constante d'acidité d'un couple acide-base.

TP INFO

CHAPITRE 7 : EQUILIBRES ACIDE-BASE

MOTS CLES

Acide - Base - Constante d'acidité - Diagramme de prédominance

OBJECTIFS

Mesurer le pH
Estimer la valeur d'une constante d'acidité

Introduction.

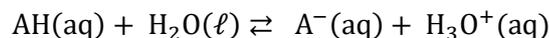
Les vinaigres ménagers contiennent un acide faible, l'acide éthanoïque dont nous allons déterminer la constante d'acidité qui permet d'évaluer les forces relatives d'acides faibles.

Comment estimer la valeur d'une constante d'acidité à l'aide de mesures de pH ?

I. Documents

Document 1 : Réaction d'un acide dans l'eau. [1]

- ❖ La réaction d'un acide AH(aq) avec l'eau jouant le rôle de base conduit à un équilibre chimique modélisé par l'équation :



- ❖ La constante d'équilibre associée est appelée **constante d'acidité** K_A du couple AH(aq)/A⁻(aq) :

$$K_A = \frac{[\text{A}^-(\text{aq})]_f \cdot [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]_f}{[\text{AH(aq)}]_f c^0}$$

$[\text{A}^-(\text{aq})]_f$: Concentration à l'équilibre de l'espèce A⁻(aq) (en mol.L⁻¹)

$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]_f$: Concentration à l'équilibre de l'espèce H₃O⁺(aq) (en mol.L⁻¹)

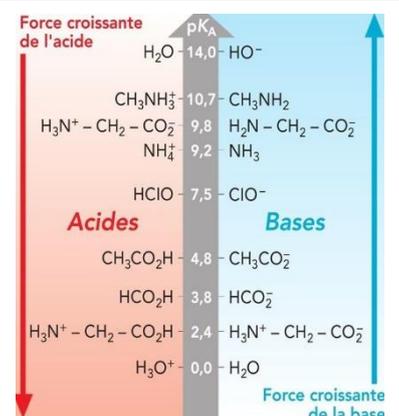
$[\text{AH(aq)}]_f$: Concentration à l'équilibre de l'espèce AH(aq) (en mol.L⁻¹)

- ❖ Le pK_A d'un couple acide/base est défini par : $pK_A = -\log(K_A)$

Document 2 : Force des acides. [2]

Un acide est d'autant plus fort que :

- Le taux d'avancement final de sa transformation avec l'eau est grande.
- La constante d'acidité K_A du couple est grande et que son pK_A est petit.



Valeurs de pK_A à 25°C pour quelques couples acide/base dans l'eau

Document 3 : Matériel et produits et Protocole [3]

Matériel et produits : Bêchers de 100 mL ; Fioles jaugées de 50,0 mL ; Pipettes jaugées 5,0 mL, 10,0 mL, 20,0 mL et 25,0 mL ; Pissette d'eau distillée ; Agitateur magnétique + turbulant ; pH-mètre étalonné ; Solution A d'acide éthanoïque de concentration en soluté apporté $c_A = c = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$; Solution B d'éthanoate de sodium de concentration en soluté apporté $c_B = c = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$; tableur grapheur

Protocole :

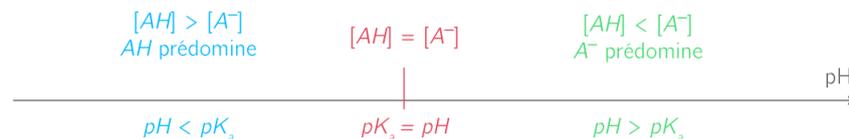
- Préparer deux des sept mélanges M des solutions A d'acide éthanoïque $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$ et B d'éthanoate de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq})$; $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$) en prélevant un des volumes V_A et V_B indiqués dans le tableau ci-dessous à l'aide d'une pipette et l'autre volume en complétant au trait de jauge de la fiole de 50 mL. Homogénéiser ces mélanges.

Mélange	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇
Volume V_A (mL)	5,0	10,0	20,0	25,0	30,0	40,0	45,0
Volume V_B (mL)	45,0	40,0	30,0	25,0	20,0	10,0	5,0
pH							
$\log\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$							

- Mesurer le pH de chacun de ces mélanges et compléter le tableau précédent.
- Tracer à l'aide d'un tableur grapheur ou de Python l'évolution du pH en fonction de $\log\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$

Document 4 : Diagramme de prédominance d'un couple acide-base. [1]

Un diagramme de prédominance est représenté par un axe de pH sur lequel apparaissent la valeur du pK_A d'un couple acide-base et les domaines où les espèces conjuguées prédominent. L'espèce X prédomine sur l'espèce Y si $[X] > [Y]$

**II. Questions**

1.

- a. On suppose que l'acide éthanoïque et l'ion éthanoate ne régissent pas sur l'eau. Exprimer leurs concentrations à l'équilibre dans les mélanges effectués, $[\text{CH}_3\text{COO}^-]_f$ et $[\text{CH}_3\text{COOH}]_f$, en fonction de c , V_A et V_B .

L'acide le plus fort est ici CH_3COOH et la base la plus forte est ici CH_3COO^- , on a donc la réaction suivante :



La constante d'équilibre est $K = 1$, donc $[\text{CH}_3\text{COO}^-]_f = \frac{cV_B}{V_A+V_B}$ et $[\text{CH}_3\text{COOH}]_f = \frac{cV_A}{V_A+V_B}$

- b. Montrer que $\log\left(\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_f}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_f}\right) = \log\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$

$$\log\left(\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_f}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_f}\right) = \log\left(\frac{\frac{cV_B}{V_A+V_B}}{\frac{cV_A}{V_A+V_B}}\right) = \log\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$$

2. Mettre en œuvre le protocole expérimental.

Les pipettes sont de volume 5 mL, 10 mL, 20 mL ou 25 mL.

3. Montrer que le graphique obtenu est en accord avec la relation :

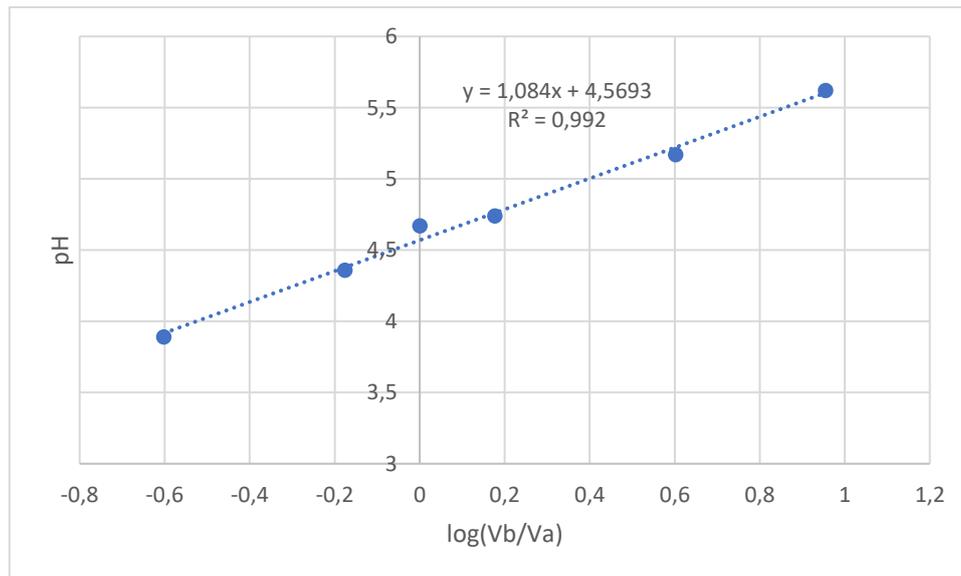
$$pH = pK_A + \log\left(\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_f}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_f}\right)$$

Par définition K_A est la constante d'équilibre de l'équation : $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

Donc $K_A = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_f[\text{H}_3\text{O}^+]_f}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_f c^0}$ si on passe au log on obtient :

$$pH = pK_A + \log\left(\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_f}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_f}\right)$$

Les points de mesures semblent s'aligner sur une droite



Les mesures sont en accord avec la relation du K_A .

4. En déduire la valeur du pK_A du couple étudié et le comparer à la valeur donnée dans le document 2 sachant que l'incertitude type sur la détermination du pK_A est $u(pK_A) = 0,1$.

La valeur du pK_A est obtenue grâce à l'ordonnée à l'origine. On obtient :

$$pK_A = 4,6 \pm 0,1$$

Calcul du z-score : $z = \frac{4,8 - 4,6}{0,1} = 2$. Les valeurs sont compatibles.

5. Représenter le diagramme de prédominance du couple étudié.

III. Pour aller plus loin

6. A l'aide de la méthode de Monte-Carlo estimer l'incertitude type sur le pK_a ainsi que sur la pente. Comparer les résultats avec un z-score. On prendra les incertitudes types indiquées dans le script python.

Références

[1] Physique chimie spécialité Terminale, BORDAS, 2020.

[2] Physique chimie spécialité terminale, BELIN, 2020.

[3] Physique chimie spécialité terminale, HATIER, 2020.