

Objectifs: A partir de la mesure d'un pH, déterminer si une transformation mettant en jeu un acide et l'eau est totale ou limitée.

I LE PH ET SA MESURE

1. définition du pH

- rappeler les définitions d'un acide et d'une base selon Bronsted, ainsi que la définition d'un couple acide/base.
- rappeler la formule de l'ion oxonium.
- les ions oxoniums présents dans une solution aqueuse sont le produit de la réaction acido-basique entre un acide AH dissous et l'eau. Indiquer les couples acide/base impliqués et écrire l'équation de la réaction.
- rappeler la définition du pH.
- compléter les tableaux suivants.

$[H_3O^+]$ (mol L ⁻¹)	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-2}$	10^{-3}	$4 \cdot 10^{-4}$	10^{-7}	$2 \cdot 10^{-8}$
pH						

pH	1,5	3	2,2	6	7,7	4
$[H_3O^+]$ (mol L ⁻¹)						

- pH-mètre (lire la fiche technique p.333)

II ETUDE DE L'AVANCEMENT DE REACTIONS ACIDO-BASIQUE PAR PH-METRIE

1. notion de réaction limitée

a) manipulation 1

- On dispose d' 1 L de solution aqueuse d'acide éthanoïque (ou acide acétique) de concentration en soluté $1,00 \cdot 10^{-2}$ mol L⁻¹, obtenu en dissolvant 0,600 g d'acide éthanoïque glacial dans de l'eau de Volvic. On dispose également d'une solution d'acide chlorhydrique dans l'eau de Volvic, préparée en dissolvant $1,00 \cdot 10^{-2}$ mol d'acide pur par litre de solution.
- Après dissolution dans l'eau, les deux solutés acides ont réagi avec le solvant eau. Dans les solutions dont on dispose la transformation est terminée.
- Après avoir étalonné le pH-mètre, mesurer le pH de l'eau distillée, de l'eau de Volvic et des deux solutions. Pour cela, placer environ 50 mL de solution dans un bécher de 100 mL. Conserver la solution d'acide éthanoïque pour la manipulation suivante.

- Rappeler les définitions d'un soluté et d'une solution
- Citer les couples acide/base auxquels appartiennent les deux acides dissous étudiés.
- L'eau est un ampholyte; que signifie ce terme? Quel est ici le rôle joué par l'eau? Indiquer le couple acide/base de l'eau correspondant.
- Pour les deux acides HCl (g) et CH₃-COOH (l), écrire les équations de dissolution dans l'eau, puis les équations de réaction de l'acide dissous avec l'eau.
- Sachant que le pH est mesuré à 0,1 unité près, donner un encadrement des concentrations en ion oxonium de chaque solution.
- Quel est l'intérêt de prendre comme solvant l'eau de Volvic au lieu d'eau distillée?

b) Exploitation

- On étudie les transformations de la manipulation 1 mettant respectivement en jeu les acides HCl (aq) et CH₃-COOH (aq) et l'eau. Dans chaque cas, on souhaite déterminer si la transformation est totale ou non.
- Construire les tableaux d'évolution des deux réactions acido-basiques étudiées. On notera x_f l'avancement des réactions à l'état final.
- Répondre aux questions suivantes pour chacune des deux réactions.

On précise que si une transformation est totale, x_f est égal à x_{\max} . Pour une transformation quelconque, on calcule x_{\max} en supposant que la transformation est totale, c'est-à-dire que le réactif limitant est totalement consommé. x_f est toujours inférieur ou égal à x_{\max} .

7. Montrer que le réactif en excès est l'eau.
8. Calculer x_{\max} . Quelle serait la valeur du pH de la solution si la transformation était totale?
9. À l'aide de la question 5, donner un encadrement de x_f et calculer les concentrations des espèces présentes à l'état final.
10. Comparer x_{\max} et x_f . La transformation est-elle totale? L'incertitude sur le pH a-t-elle une influence sur la réponse?
11. Donner un encadrement du taux d'avancement final τ défini par: $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$

2. Notion de réaction inverse

a) manipulation 2

- Aux 50 mL d'acide éthanoïque de concentration de la manipulation 1, ajouter quelques gouttes d'acide éthanoïque pur. Mesurer le nouveau pH de la solution.
- Ajouter ensuite quelques grains d'éthanoate de sodium solide. Après dissolution totale, mesurer le pH.

On considérera que les ajouts se font sans variation de volume.

12. Quelle est l'influence de ajout d'acide éthanoïque pur sur le pH de la solution?
13. Cette variation du pH traduit-elle une diminution ou une augmentation de la concentration en ion oxonium?
14. Quelle est l'influence de l'ajout d'éthanoate de sodium sur le pH? sur la concentration en ion oxonium,?

b) Exploitation

- Ecrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque aqueux avec l'eau et l'équation de la dissolution dans l'eau de l'éthanoate de sodium solide. Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes avant l'ajout d'ions éthanoate.
15. L'ion éthanoate est-il une base ou un acide? Par quelle réaction peut-on traduire la variation de pH observée?
 16. Que peut-on dire des deux réactions qui ont lieu dans la manipulation 2?

PRODUITS AU BUREAU:

- 2L d'acide éthanoïque à $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ fraîchement préparé (1L au début de chaque séance de TP) préparé en dissolvant 0,600 g d'acide éthanoïque glacial dans de l'eau de VOLVIC.
- 2L d'acide chlorhydrique à $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ également en solution dans de l'eau de VOLVIC.
- 1L d'eau de volvic
- acide éthanoïque pur (sous la hotte)
- acétate de sodium

MATERIEL AU BUREAU:

- 6 béchers de 500 mL
- 2 béchers de 100 mL
- 2 pipettes en plastique
- 1 grosse spatule métallique
- 1 marqueur
- lunettes + gants de protection

MATERIEL PAR GROUPE:

- pH-mètre
- agitateur magnétique
- papier filtre
- pissette d'eau
- solutions tampons à pH = 7 et 4,8
- 2 béchers de 100 mL

Objectifs: A partir de la mesure d'un pH, déterminer si une transformation mettant en jeu un acide et l'eau est totale ou limitée.

I LE PH ET SA MESURE

3. définition du pH

f) rappeler les définitions d'un acide et d'une base selon Bronsted, ainsi que la définition d'un couple acide/base.

A espèce chimique capable de libérer des protons: $A \rightarrow H^+ + B^-$

B espèce chimique capable de capter des protons: $B + H^+ \rightarrow A$

A/B forment un couple acide/base conjugués: $A = H^+ + B$

g) rappeler la formule de l'ion oxonium. H_3O^+

h) les ions oxoniums présents dans une solution aqueuse sont le produit de la réaction acido-basique entre un acide AH dissous et l'eau. Indiquer les couples acide/base impliqués et écrire l'équation de la réaction.

AH/A et H_3O^+/H_2O : $AH + H_2O \rightarrow A^- + H_3O^+$

i) rappeler la définition du pH. $pH = -\log [H_3O^+]$; $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

j) compléter les tableaux suivants.

$[H_3O^+]$ (mol L ⁻¹)	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-2}$	10^{-3}	$4 \cdot 10^{-4}$	10^{-7}	$2 \cdot 10^{-8}$
pH						

pH	1,5	3	2,2	6	7,7	4
$[H_3O^+]$ (mol L ⁻¹)						

4. pH-mètre (lire la fiche technique p.333)

II ETUDE DE L'AVANCEMENT DE REACTIONS ACIDO-BASIQUE PAR PH-METRIE

2. notion de réaction limitée

a) manipulation 1

- On dispose d' 1 L de solution aqueuse d'acide éthanóique (ou acide acétique) de concentration en soluté $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$, obtenu en dissolvant 0,600 g d'acide éthanóique glacial dans de l'eau de Volvic. On dispose également d'une solution d'acide chlorhydrique dans l'eau de Volvic, préparée en dissolvant $1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ d'acide pur par litre de solution.
- Après dissolution dans l'eau, les deux solutés acides ont réagi avec le solvant eau. Dans les solutions dont on dispose la transformation est terminée.
- Après avoir étalonné le pH-mètre, mesurer le pH de l'eau distillée, de l'eau de Volvic et des deux solutions. Pour cela, placer environ 50 mL de solution dans un bécher de 100 mL. Conserver la solution d'acide éthanóique pour la manipulation suivante.

Questions

4. Rappeler les définitions d'un soluté et d'une solution

Soluté: espèce chimique que l'on dissout dans un solvant

Solution: liquide contenant un corps dissout

5. Citer les couples acide/base auxquels appartiennent les deux acides dissous étudiés. HCl/Cl^- ; CH_3COOH/CH_3COO^-

6. L'eau est un ampholyte; que signifie ce terme? Quel est ici le rôle joué par l'eau? Indiquer le couple acide/base de l'eau correspondant. espèce chimique qui peut être A ou B; l'eau se comporte en base en présence d'un acide; H_3O^+/H_2O

4. Pour les deux acides HCl (g) et CH_3-COOH (l), écrire les équations de dissolution dans l'eau, puis les équations de réaction de l'acide dissous avec l'eau. $HCl_{(g)} \rightarrow HCl_{(aq)}$ puis $HCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

$CH_3COOH_{(g)} \rightarrow CH_3COOH_{(aq)}$ puis $CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$

5. Sachant que le pH est mesuré à 0,1 unité près, donner un encadrement des concentrations en ion oxonium de chaque solution.

HCl: $pH = 1,8 \pm 0,1$ $2 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} > [H_3O^+] > 1 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$

CH_3COOH : $pH = 3,2 \pm 0,1$ $6 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} > [H_3O^+] > 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$

7. Quel est l'intérêt de prendre comme solvant l'eau de Volvic au lieu d'eau distillée? solvant neutre

c) Exploitation

- On étudie les transformations de la manipulation 1 mettant respectivement en jeu les acides HCl (aq) et CH₃-COOH (aq) et l'eau. Dans chaque cas, on souhaite déterminer si la transformation est totale ou non.
- Construire les tableaux d'évolution des deux réactions acido-basiques étudiées. On notera x_f l'avancement des réactions à l'état final.

		AH _(aq)	+ H ₂ O _(l)	→	H ₃ O ⁺ _(aq)	+ A ⁻ _{aq)}
t=0	x=0	n _A	Excès		0	0
t	x	n _A - x	Excès		x	x
t _f	x _f	n _A - x _f	Excès		x _f	x _f

$$x_{\max} \text{ tq } n_A - x_{\max} = 0 ; x_{\max} = n_A$$

- Répondre aux questions suivantes pour chacune des deux réactions.

On précise que si une transformation est totale, x_f est égal à x_{\max} . Pour une transformation quelconque, on calcule x_{\max} en supposant que la transformation est totale, c'est-à-dire que le réactif limitant est totalement consommé. x_f est toujours inférieur ou égal à x_{\max} .

Questions :

8. Montrer que le réactif en excès est l'eau.

$$n_A = [A] V = 1,00 \cdot 10^{-2} \times 50 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{H_2O} = m/M = 50/18 = 2,8 \text{ mol} : \text{excès}$$

9. Calculer x_{\max} . Quelle serait la valeur du pH de la solution si la transformation était totale?

$$x_{\max} = n_A = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol} ; [H_3O^+] = x_{\max} / V = 5 \cdot 10^{-4} / 50 \cdot 10^{-3} = 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} ; \text{pH} = 2$$

10. À l'aide de la question 5, donner un encadrement de x_f et calculer les concentrations des espèces présentes à l'état final.

$$x_f = [H_3O^+]_f \times V \quad \text{HCl:} \quad 10^{-3} > x_f > 5 \cdot 10^{-4}$$

$$\quad \quad \quad \text{CH}_3\text{COOH:} \quad 3 \cdot 10^{-5} > x_f > 2,5 \cdot 10^{-5}$$

11. Comparer x_{\max} et x_f . La transformation est-elle totale? L'incertitude sur le pH a-t-elle une influence sur la réponse?

$$\text{HCl:} \quad x_f = x_{\max} \quad \text{réaction totale}$$

$$\text{CH}_3\text{COOH:} \quad x_f < x_{\max} \quad \text{réaction limitée}$$

12. Donner un encadrement du taux d'avancement final τ défini par: $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$

$$\text{HCl:} \quad \tau = 1$$

$$\text{CH}_3\text{COOH:} \quad 0,06 > \tau > 0,05$$

2. Notion de réaction inverse

a) manipulation 2

- Aux 50 mL d'acide éthanoïque de concentration de la manipulation 1, ajouter quelques gouttes d'acide éthanoïque pur. Mesurer le nouveau pH de la solution. 3,1
- Ajouter ensuite quelques grains d'éthanoate de sodium solide. Après dissolution totale, mesurer le pH. 3,6

On considérera que les ajouts se font sans variation de volume.

Questions

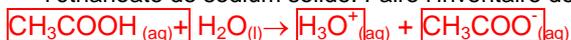
12. Quelle est l'influence de ajout d'acide éthanoïque pur sur le pH de la solution? pH ↓

13. Cette variation du pH traduit-elle une diminution ou une augmentation de la concentration en ion oxonium? $[H_3O^+] \uparrow$

14. Quelle est l'influence de l'ajout d'éthanoate de sodium sur le pH? sur la concentration en ion oxonium,? $\text{pH} \uparrow$
 $[H_3O^+] \downarrow$

b) Exploitation

- Ecrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque aqueux avec l'eau et l'équation de la dissolution dans l'eau de l'éthanoate de sodium solide. Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes avant l'ajout d'ions éthanoate.



Questions :

15. L'ion éthanoate est-il une base ou un acide? Base conjuguée de CH₃COOH Par quelle réaction peut-on traduire la variation de pH observée? $\text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

16. Que peut-on dire des deux réactions qui ont lieu dans la manipulation 2 ? elles sont inverses