



# Mesure de pH. Réaction totale $\rightarrow$ ou limitée $\rightleftharpoons$

## I. Mesure de pH et incertitude :



Le professeur va vous montrer :  
Comment étalonner le pH-mètre ?  
Comment mesurer le pH d'une solution ?

On dispose d'une solution préparée par dilution de  $1,0 \times 10^{-2}$  mol de chlorure d'hydrogène HCl par litre de solution. Ainsi sa concentration apportée en HCl vaut  $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

**Q1.** Mesurer le pH de la solution, noté  $\text{pH}_{\text{exp}}$ .

Le résultat d'une série de mesures peut être présenté sous la forme d'un intervalle de confiance :  $M = \bar{M} \pm U(M)$  où  $\bar{M}$  est la moyenne et  $U(M)$  est appelée l'incertitude, elle ne compte qu'un seul chiffre significatif et est arrondie en général par excès.

Exemple :  $\text{pH} = 8,7 \pm 0,2$  alors la valeur vraie du pH a 95% de chance de se trouver dans l'intervalle [8,5 ; 8,9].

➤ Déterminons l'incertitude à l'aide d'une série de mesures :

Pour 20 mesures, elle est définie par :  $U(M) = 2,09 \cdot \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ , où  $\sigma_{n-1}$  est l'écart-type expérimental et

$n$  le nombre de mesures.

Chaque année, les élèves du lycée mesurent le pH de la solution précédente. Vingt mesures ont été regroupées dans le tableau ci-dessous.

1,98	2,04	2,11	2,03	1,98	2,01	2,02	2,00	2,05	1,97
2,04	2,12	2,06	2,06	1,88	1,98	2,07	2,05	2,05	1,99

**Q2.** En consultant le polycopié « Comment calculer l'écart-type et la moyenne d'une série de mesures avec une calculatrice TI ? », déterminer l'incertitude  $U(\text{pH})$  de cette série de mesures.

**Q3.** Donner l'intervalle de confiance du pH.

**Q4.** Si l'on effectue seulement deux mesures de pH alors l'incertitude devient :  $U(M) = 12,7 \cdot \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{2}}$   
La calculer avec votre valeur obtenue en Q1 et une valeur du tableau.

Quel est l'intérêt de disposer d'un grand nombre de mesures ?

## II. Le chlorure d'hydrogène HCl :

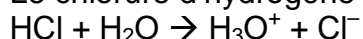
On a relevé trois extraits de copies de bac. Un seul est correct.

Extrait n°1 :

Le chlorure d'hydrogène HCl est un acide qui réagit avec la base eau pour former une solution aqueuse d'acide chlorhydrique :  $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ .

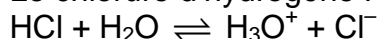
Extrait n°2 :

Le chlorure d'hydrogène HCl est une base qui réagit avec l'acide eau.



Extrait n°3 :

Le chlorure d'hydrogène HCl est un acide qui réagit avec la base eau.



**Q5.** Sans réaliser d'expérience, on peut facilement éliminer un extrait. Lequel ? Justifier.

**Q6.** Rappeler la relation entre la concentration apportée  $c$  et le pH si l'on considère que HCl est un acide fort.

**Q7.** En déduire le pH théorique de la solution précédente, noté  $\text{pH}_{\text{théo}}$ . On supposera que la solution de chlorure d'hydrogène se comporte comme un acide fort.

**Q8.** Recopier, corriger, compléter : Si  $\text{pH}_{\text{exp}} > \text{pH}_{\text{théo}}$ , alors  $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{exp}} \dots [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{théo}}$  ce qui signifie qu'il s'est formé plus/moins de  $\text{H}_3\text{O}^+$  que prévu. Cela nous amène à penser que la réaction n'est pas ....., mais qu'elle est limitée.

**Q9.** Certains groupes ont obtenu  $\text{pH}_{\text{exp}} < \text{pH}_{\text{théo}}$ , alors  $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{exp}} > [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{théo}}$  ce qui signifie qu'il s'est formé plus de  $\text{H}_3\text{O}^+$  que prévu. Cette situation est-elle chimiquement réaliste ?

**Q10.** Calculer l'erreur relative sur la valeur du pH :  $\frac{|\text{pH}_{\text{exp}} - \text{pH}_{\text{théo}}|}{\text{pH}_{\text{théo}}}$ .

**Q11.** À partir de l'intervalle de confiance sur le pH (obtenu avec 20 valeurs), donner un encadrement sur la concentration  $c$  apportée de chlorure d'hydrogène, en supposant qu'il s'agit d'un acide fort.

**Q12.** Quel extrait de copie est correct ?

### III. L'acide éthanoïque :

On dispose d'une solution aqueuse préparée par dilution de  $1,0 \times 10^{-2}$  mol de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  par litre de solution. Ainsi sa concentration apportée en  $\text{CH}_3\text{COOH}$  vaut  $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

**Q13.** Réaliser une expérience qui permette d'écrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau en utilisant le symbolisme adapté ( $\rightleftharpoons$  ou  $\rightarrow$ ). Justifier.

### IV. Faut-il corriger la page <http://fr.wikipedia.org/wiki/Ammoniaque> ?

Le 28 juin 2012, on pouvait lire dans cet article de l'encyclopédie Wikipedia :

« L'ammoniaque, ou solution aqueuse d'hydroxyde d'ammonium, ( $\text{NH}_4^+ + \text{HO}^-$ ) est une solution aqueuse formée d'ions ammonium  $\text{NH}_4^+$  et d'ions hydroxyde  $\text{HO}^-$ , résultants de la dissolution du gaz ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) dans l'eau. »



Dans la page Discussion associée, on pouvait lire cette remarque :

« La transformation entre  $\text{NH}_3$  et l'eau étant très limitée ( $\text{NH}_3$  base faible), la solution aqueuse d'ammoniaque ne contiendra qu'une très très faible quantité d'ions  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{HO}^-$ . On ne peut pas dire (1ère phrase de l'article) que l'ammoniaque est une solution aqueuse d'hydroxyde d'ammonium. »

On propose deux équations de réaction :  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{HO}^-$   
 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{HO}^-$

**Q14.** Présenter brièvement les deux points de vue en opposition. Associer une des équations proposées à chaque point de vue.

On dispose d'une solution aqueuse préparée par dilution de  $1,0 \times 10^{-2}$  mol de  $\text{NH}_3$  par litre de solution. Ainsi sa concentration apportée en  $\text{NH}_3$  vaut  $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Cette solution est corrosive  et dangereuse pour le milieu aquatique 

**Q15.** Réaliser une expérience permettant de trancher entre les deux points de vue. (Description de l'expérience, rappels théoriques, calculs, conclusion). Donnée :  $\text{p}K_e = 14,0$  à  $25^\circ\text{C}$ .