

TP 1 : Correction Mesure de pH et dilution

TP INFO

TP du chapitre 1 : Modélisation des transformations acide-base

MOTS CLES:

pH – Dilution

OBJECTIFS

- Mesurer le pH de solutions d'acide chlorhydrique pour tester la relation entre la concentration en ions oxonium H_3O^+ et le pH.
- Exploiter un graphique pour tester une relation mathématique.

Introduction

*Le pH est une grandeur sans unité qui permet d'apprécier le caractère acide ou basique d'une solution.
Le pH d'une solution dépend de sa concentration en ions oxonium H_3O^+ .*

Peut-on établir une relation entre ces différentes grandeurs ?

I. Définition du pH. [1]

- Le pH^1 est une grandeur sans unité qui quantifie le caractère acide ou basique d'une solution. Pour des solutions assez peu concentrées, il est lié à la concentration en ions oxonium par la relation :

$$\text{pH} = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c^0}\right) \quad (1)$$

$[\text{H}_3\text{O}^+]$: concentration en ions oxonium (mol.L^{-1})

c^0 est une concentration standard

$c^0 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$ exactement.

Réciproquement :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = c^0 10^{-\text{pH}} \quad (2)$$

- On mesure le pH à l'aide d'un pH-mètre relié à une sonde. Cet appareil doit être étalonné à l'aide de solutions de référence. L'électrode est très fragile et on doit veiller à la laisser en solution. Entre chaque mesure, on doit la rincer et le sécher délicatement.

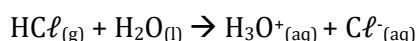
II. Les documents du TP

Document 1 : Outil mathématique : le logarithme décimal [2]

Le logarithme décimal est défini tel que, si $a = \log(b)$, alors $b = 10^a$. La valeur du logarithme d'un nombre peut être calculée grâce à la touche **log** de la calculatrice. Sur un tableur, la fonction logarithme décimal de x se programme en tapant la commande : =LOG10(x). Avec Python, cette fonction peut être chargée à partir de la bibliothèque **numpy**.

Document 2 : Solutions diluées d'acide chlorhydrique [3]

L'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}, \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) est obtenu par dissolution d'un gaz, le chlorure d'hydrogène, dans l'eau :



Une gamme de solutions de différentes concentrations peut être réalisées par dilutions successives d'une solution mère.

¹ pH : Potentiel Hydrogène

Document 3 : Dilution d'une solution mère. [3]

Une dilution est réalisée dans une fiole jaugée. De l'eau distillée est ajoutée à un volume de solution-mère, prélevé avec une pipette jaugée.

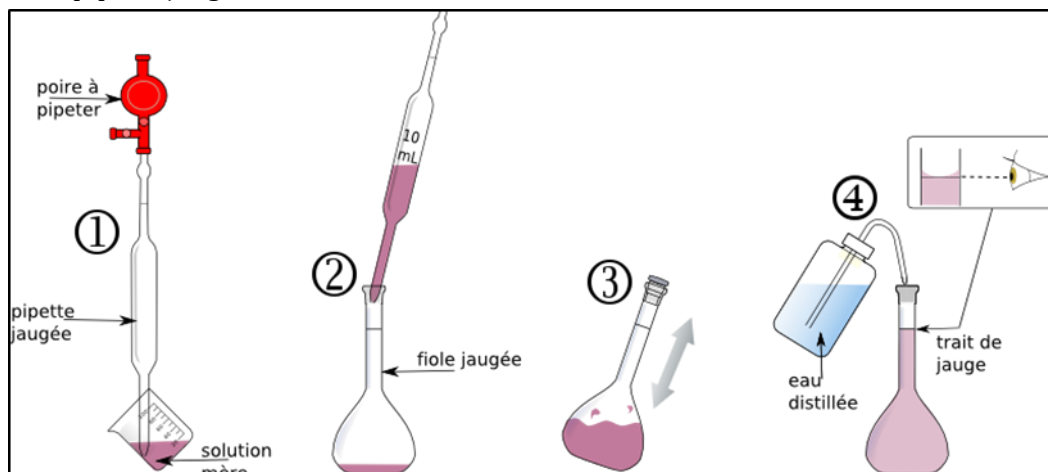


Figure 1 : Protocole d'une dilution

Document 3 : Facteur de dilution

Pour réaliser des dilutions on peut utiliser le facteur de dilution F . Par définition :

$$F = \frac{C_{\text{mère}}}{C_{\text{fille}}} \quad (3)$$

On peut montrer en utilisant la conservation de la masse de soluté lors d'une dilution réalisée avec une fiole jaugée et une pipette que

$$F = \frac{V_{\text{fiole}}}{V_{\text{pipette}}}$$

Document 4 : Liste de Matériel [2]

Solution S_1 d'acide chlorhydrique de concentration :

$$c_1 = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}; c_2 = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}; c_3 = 0,001 \text{ mol.L}^{-1}$$

Eau distillée – pH-mètre et papier pH – 4 béchers – Pipette jaugées 2,0 mL, 5,0 mL, 10,0 mL – Fioles jaugées 50,0 mL et 100,0 mL – Pipettes pasteur – lunettes de protection – Tableur-grapheur.

III. Questions

Les questions avec un * peuvent être préparées en avance.

1. *A l'aide de la liste de matériel disponible, déterminer les facteurs de dilution F , qu'il est possible d'obtenir.

Tableau donnant les facteurs de dilution pour des volumes de fiole et de pipette donnés :

Volumes	2	5	10
50	25	10	5
100	50	20	10

2. *A l'aide du matériel disponible, élaborer un protocole pour réaliser par dilution² des solutions d'acide chlorhydrique de concentration en soluté apporté correspondant à votre groupe.

Protocole de dilution à la pipette et à la fiole. La pipette étant préalablement rincée avec le soluté de même que la fiole avec le solvant.

Tableau donnant le facteur de dilution à utiliser pour réaliser les solutions de concentration donnée

c	F	5	10	20	25	50
c1	0,1	2,00E-02	1,00E-02	5,00E-03	4,00E-03	2,00E-03
c2	0,01	2,00E-03	1,00E-03	5,00E-04	4,00E-04	2,00E-04
c3	0,001	2,00E-04	1,00E-04	5,00E-05	4,00E-05	2,00E-05

C	groupe	F	pipette	fiole	c départ
0,1					
2,00E-02	1	5	10	50	c1
1,00E-02					c2
5,00E-03	2	20	5	100	c1
4,00E-03	3	25	2	50	c1
2,00E-03	4	5	10	50	c2
1,00E-03					c3
5,00E-04	5	20	5	100	c2
4,00E-04	6	25	2	50	c2
2,00E-04	5	5	10	50	c2
1,00E-04	3,6	10	10	100	c3
5,00E-05	1	20	5	100	c3
4,00E-05	2	25	2	50	c3
2,00E-05	4	50	2	100	c3

3. *Pourquoi la mesure de pH de la solution doit être réalisée en commençant par la solution la moins concentrée ?

Si une goutte de solution très concentrée reste sur la sonde elle va modifier drastiquement la concentration de la solution qui est moins concentrée. Alors qu'une goutte de solution peu concentrée n'aura pas beaucoup d'influence sur une solution plus concentrée.

² On ne cherchera pas à obtenir des solutions de concentration inférieures à 10^{-5} mol. L⁻¹ qui requièrent un grand soin pour leur préparation.

4. Etalonner le pHmètre avec une solution tampon de $pH = 7$ (bouton étalonnage) puis avec une solution tampon de $pH = 4$ (bouton slope).

Etalonnage à réaliser avec les solutions tampon avec le plus grand soin.
Bien rincer la sonde.

5. Réaliser ces mesures et organiser les résultats sous forme de tableau.

C	pH
0,1	
2,00E-02	
1,00E-02	
5,00E-03	
4,00E-03	
2,00E-03	
1,00E-03	
5,00E-04	
4,00E-04	
2,00E-04	
1,00E-04	
5,00E-05	
4,00E-05	
2,00E-05	

6. \$\$ Proposer un protocole expérimental afin de vérifier graphiquement la relation (1) définissant le pH.
Appel du professeur

Il y a plusieurs possibilités :

- Tracer le pH mesuré en fonction du pH calculé et vérifier qu'on a bien une droite passant par l'origine du repère avec les points aléatoirement répartis autour de celle-ci.
- Calculer le rapport $\alpha = \frac{pH_{mesure}}{pH_{calcule}}$ pour tous les points de mesure, puis faire une moyenne α_{moy} , calculer l'écart-type échantillon s et calculer l'incertitude type $u(\alpha)$. Puis calculer le z-score et voir si les valeurs sont compatibles.

Ajouter mesures perso

7. Après vérification du professeur, mettre en œuvre le protocole.
8. Analyser les résultats à l'aide de votre calculatrice et des fiches méthodes associées.

Les mesures au pH mètre sont sensibles, il est difficile à ce moment de l'année pour des élèves de terminale d'avoir des résultats acceptables...

On peut remarquer que le pH de la solution à 0,1 mol/L ne « colle » pas trop à celui obtenu avec la formule.

IV. Pour aller plus loin. [1] [2]

9. Quel pH obtiendrait-on si on arrivait à préparer une solution de concentration en soluté apporté égale à $10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$? [4]

On obtiendrait un pH=9, ce qui correspond à une solution basique, c'est impossible par dilution d'un acide...

10. En utilisant la définition du pH, calculer le pH théorique (ou pH de référence) des solutions préparées.

11. L'incertitude-type sur la mesure du pH peut être estimée à $u(pH) = 0,1$. Evaluer la qualité de vos mesures à l'aide du quotient : $z = \frac{|pH_{mes} - pH_{th}|}{u(pH)}$.

Si ce quotient est assez faible (typiquement en dessous de 2), la mesure est dite conforme à la valeur de référence. Sinon, elle n'est pas conforme : il faut alors essayer d'expliquer pourquoi.

12. Exécuter le script python sur Google collab mis en lien sur Moodle.

Répartition des solutions suivant les groupes

Groupe	Concentration en soluté apporté en mol/L	
1	$2,0 \times 10^{-2}$	5×10^{-5}
2	5×10^{-4}	$4,0 \times 10^{-5}$
3	4×10^{-4}	$1,0 \times 10^{-4}$
4	$2,0 \times 10^{-3}$	2×10^{-5}
5	$5,0 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-4}$
6	4×10^{-4}	$1,0 \times 10^{-4}$

Références :

- [1] Physique chimie Terminale Spécialité, Hatier, 2020.
- [2] Physique chimie Terminale, Le Livre Scolaire, 2020.
- [3] Physique chimie Terminale, BORDAS, 2020.
- [4] J. F. L. Maréchal, La chimie expérimentale 1. Chimie générale, Dunod, 2000.