

Spécialité PC	THEME 1 <u>Chapitre 2 – Transformations acide/base</u>	ISAAC de l'étoile LYCEE M. VAN HOORDE
TERMINALE	TP - NON NOTÉ	

TP6 – pH d'une solution aqueuse

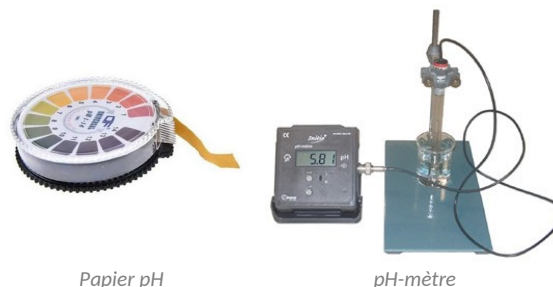
Définition du pH et précision du pH-mètre

I – CONTEXTE

Le pH est une grandeur **sans unité** qui permet d'apprécier le caractère acide ou basique d'une solution aqueuse. Au laboratoire, on le mesure avec du papier pH ou avec un pH-mètre. Mais comment ce nombre est-il défini ? Et quelle confiance accorder à la valeur affichée par le pH-mètre du lycée ?

L'objectif de ce TP est de **vérifier expérimentalement la relation qui définit le pH, puis d'évaluer la précision du pH-mètre en la comparant à celle du papier pH.**

Les calculs et les graphiques se font avec le **programme Python à compléter** fourni dans le cahier de textes. La fiche **Atelier Python (1/2)** permet d'aller plus loin.



II – INFORMATIONS MISES À DISPOSITION

❖ Définition du pH

Le pH d'une solution aqueuse diluée est défini à partir de la concentration en ions oxonium $[H_3O^+]$, exprimée en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$:

$$pH = -\log\left(\frac{[H_3O^+]}{c^\circ}\right)$$

avec $c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ la concentration standard. Réciproquement :

$$[H_3O^+] = c^\circ \times 10^{-pH}$$

L'acide chlorhydrique est une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène HCl. On admettra que la réaction du chlorure d'hydrogène avec l'eau est **totale** : ce point sera étudié en détail au TP suivant.

❖ Mesurer un pH

Le **papier pH** donne une estimation rapide : on y dépose une goutte de solution avec un agitateur en verre et on compare la teinte obtenue à l'échelle fournie. Le **pH-mètre** donne une valeur plus fine, à condition d'avoir été **étalonné** avec des solutions tampons de pH connu.

1. Étalonner le pH-mètre avec les solutions tampons de pH 7 puis de pH 4 (suivre la notice affichée à la paillasse) ;
2. Rincer l'électrode à l'eau distillée et l'essuyer délicatement avec du papier absorbant, sans frotter ;
3. Plonger l'électrode dans la solution contenue dans un bécher, agiter doucement et attendre la stabilisation de l'affichage ;
4. Relever la valeur, rincer l'électrode et la replacer dans sa solution de conservation : elle ne doit jamais rester à l'air.

Spécialité PC	THEME 1 <u>Chapitre 2 – Transformations acide/base</u>	ISAAC de l'étoile LYCEE M. VAN HOORDE
TERMINALE	TP - NON NOTÉ	

❖ Analyse statistique d'une série de mesures

Pour une série de n mesures indépendantes d'une même grandeur x, de valeur moyenne $\bar{x}$ et d'écart-type expérimental σ_{n-1} , l'incertitude-type sur la moyenne vaut :

$$u(x) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

On l'élargit d'un facteur k pour obtenir un niveau de confiance donné : k = 1 pour 68 %, **k = 2 pour 95 %**.

$$U(x) = k \times u(x)$$

- Le résultat s'écrit $x = \bar{x} \pm U(x)$, l'incertitude étant arrondie à **un seul chiffre significatif** et la valeur moyenne arrondie au même rang.
- L'**intervalle de confiance** est $[\bar{x} - U(x) ; \bar{x} + U(x)]$: la valeur vraie a 95 % de chances de s'y trouver.
- L'**incertitude relative**, sans unité et souvent exprimée en %, permet de comparer la précision de deux méthodes :

$$incertitude\ relative = \frac{U(x)}{\bar{x}}$$

❖ Matériel et produits disponibles

- Solution S₁ d'acide chlorhydrique (H₃O⁺(aq) ; Cl⁻(aq)) de concentration apportée c₁ = 1,00 × 10⁻¹ mol·L⁻¹
- Eau du robinet ; eau distillée
- pH-mètre et solutions tampons pH 4 et pH 7 ; papier pH et échelle de teintes ; agitateur en verre
- Pipettes jaugées de 5,0 mL, 10,0 mL et 20,0 mL ; fioles jaugées de 50,0 mL et 100,0 mL ; propipette
- Bêchers de 50 mL et 100 mL ; pipette compte-gouttes ; pissette d'eau distillée
- Tablette ou ordinateur avec Python (Jupyter)

Sécurité : l'acide chlorhydrique est irritant. Blouse fermée, lunettes et gants obligatoires pendant les manipulations.

III - DÉFINITION DU pH

1. Écrire l'équation de la réaction entre le chlorure d'hydrogène HCl et l'eau. Préciser les deux couples acide/base mis en jeu.

.....

.....

.....

.....

.....

2. Étalonner le pH-mètre, puis mesurer le pH de la solution S₁.

.....

.....

3. La réaction de la question 1 étant totale, calculer la concentration en ions oxonium attendue dans S₁, puis le pH théorique. Comparer à la mesure.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Spécialité PC	THEME 1 <u>Chapitre 2 – Transformations acide/base</u>	ISAAC de l'étoile LYCEE M. VAN HOORDE
TERMINALE	TP - NON NOTÉ	

On souhaite vérifier la définition du pH sur plusieurs concentrations, en préparant quatre solutions filles par dilution de S_1 . **Se répartir les préparations entre deux binômes** : chaque binôme prépare deux solutions et partage ses mesures.

4. Compléter les lignes 3 et 4 du tableau 1 en choisissant le matériel disponible. Les lignes 6 et 7 seront complétées après les mesures.

Tableau 1 - Préparation des solutions filles et mesures de pH

Solutions	S_1	S_a	S_b	S_c	S_d
Concentration c (mmol·L ⁻¹)	100	40,0	20,0	10,0	5,0
Facteur de dilution F	-				
Volume de solution mère (mL)	-				
Volume de solution fille (mL)	-	50,0	100,0	100,0	100,0
pH mesuré					
pH théorique					

.....

.....

.....

5. Rédiger le protocole de préparation de la solution S_b (verrerie, volumes, étapes). Le protocole du pH-mètre n'est pas à décrire.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter votre travail ou en cas de difficulté	

6. Réaliser les dilutions et mesurer le pH des quatre solutions filles. Compléter la ligne « pH mesuré » du tableau 1, puis la ligne « pH théorique » à l'aide de la définition du pH (calculatrice ou programme Python du TP6, partie 1).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Spécialité PC	THEME 1 <u>Chapitre 2 – Transformations acide/base</u>	ISAAC de l'étoile LYCEE M. VAN HOORDE
TERMINALE	TP - NON NOTÉ	

7. Le pH est-il proportionnel à la concentration en ions oxonium ? Justifier à l'aide de deux solutions du tableau 1.

.....

.....

.....

.....

.....

8. Les mesures sont-elles en accord avec la définition du pH ? Le graphique tracé par le programme Python du TP6 (partie 1) permet de le visualiser.

.....

.....

.....

.....

.....

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter votre travail ou en cas de difficulté	

IV – PRÉCISION DU pH-MÈTRE

1. Mesurer le pH de l'eau du robinet avec le papier pH, puis avec le pH-mètre. Mettre en commun les mesures de la classe dans le tableau 2.

Tableau 2 – pH de l'eau du robinet mesurés par la classe

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Papier pH										
pH-mètre										

2. Avec le programme Python du TP6 (partie 2), afficher la répartition des mesures de chaque technique dans un histogramme. Commenter les deux graphiques obtenus.

.....

.....

.....

.....

.....

3. Calculer la valeur moyenne et l'écart-type expérimental σ_{n-1} pour les deux techniques de mesure.

.....

.....

.....

.....

.....

Spécialité PC	THEME 1 <u>Chapitre 2 – Transformations acide/base</u>	ISAAC de l'étoile LYCEE M. VAN HOORDE
TERMINALE	TP - NON NOTÉ	

4. Déterminer l'incertitude élargie $U(\text{pH})$ pour les deux techniques (niveau de confiance 95 %).

.....

.....

.....

.....

5. Écrire les deux résultats sous la forme $\text{pH} = \text{pH}_{\text{moy}} \pm U(\text{pH})$.

.....

.....

.....

6. Donner l'intervalle de confiance à 95 % pour chaque technique.

.....

.....

.....

7. Calculer l'incertitude relative pour chaque technique.

.....

.....

.....

.....

8. Comparer la précision du pH-mètre et celle du papier pH.

.....

.....

.....

9. Bilan. Quelle méthode permet d'améliorer la précision d'une mesure ? L'exercice 7 de l'atelier Python permet de le vérifier.

.....

.....

.....

.....

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter votre travail ou en cas de difficulté	