

TP 1 – pH de solutions d'acide chlorhydrique

Le programme officiel

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
Transformation modélisée par des transferts d'ion hydrogène H^+ : réaction acide-base.	Identifier, à partir d'observations ou de données expérimentales, un transfert d'ion hydrogène, les couples acide-base mis en jeu et établir l'équation d'une réaction acide-base.
pH et relation $pH = -\log([H_3O^+] / c^\circ)$ avec $c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, concentration standard.	Déterminer, à partir de la valeur de la concentration en ion oxonium H_3O^+ , la valeur du pH de la solution et inversement. <i>Mesurer le pH de solutions d'acide chlorhydrique (H_3O^+, Cl^-) obtenues par dilutions successives d'un facteur 10 pour tester la relation entre le pH et la concentration en ion oxonium H_3O^+ apporté.</i> Capacité mathématique : Utiliser la fonction logarithme décimal et sa réciproque.

Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
Analyser / Raisonner	- Choisir, élaborer, justifier un protocole.
Réaliser	- Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.). - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence.

Mesure et incertitudes

NOTIONS ET CONTENUS	Capacités exigibles
Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.	Exploiter une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique : histogramme, moyenne et écart-type. Discuter de l'influence de l'instrument de mesure et du protocole. Évaluer qualitativement la dispersion d'une série de mesures indépendantes.
Incertitude-type.	Définir qualitativement une incertitude-type. Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une approche statistique (évaluation de type A). Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une autre approche que statistique (évaluation de type B).
Écriture du résultat. Valeur de référence.	Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat d'une mesure. Comparer, le cas échéant, le résultat d'une mesure m_{mes} à une valeur de référence m_{ref} en utilisant le quotient $\frac{ m_{mes} - m_{ref} }{u(m)}$ où $u(m)$ est l'incertitude-type associée au résultat.

Capacités expérimentales

- Respecter les règles de sécurité liées au travail en laboratoire.
- Préparer une solution par dilution en choisissant le matériel adapté.
- Réaliser des mesures de pH en s'aidant d'une notice.
- Respecter les règles de sécurité lors de l'utilisation de produits chimiques et de verrerie.
- Respecter le mode d'élimination d'une espèce chimique ou d'un mélange pour minimiser l'impact sur l'environnement.

TP 1 – pH de solutions d'acide chlorhydrique

Matériels

Matériels sous la hotte :

- Ballons à fond plat contenant du HCl sec pour expérience du jet d'eau (x nombre de groupes élèves).

Matériels bureau :

- Papiers absorbants ;
- 1 L de solution d'acide chlorhydrique à $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Matériels élèves :

- Montage pour l'expérience du jet d'eau (potence + tige anneau ouvert + cristalliseur) ;
- Petit flacon compte-goutte contenant de l'hélianthine ;
- pH-mètre étalonné et son bécher de garde ;
- 4 béchers de 50 mL ;
- 1 bécher de 250 mL ;
- Pipettes jaugées de 5, 10, 20 mL ;
- Fioles jaugées de 50 et 100 mL ;
- Pissette d'eau distillée.

TP 1 – pH de solutions d'acide chlorhydrique

1. Manipulation d'introduction

1.1. L'expérience du jet d'eau

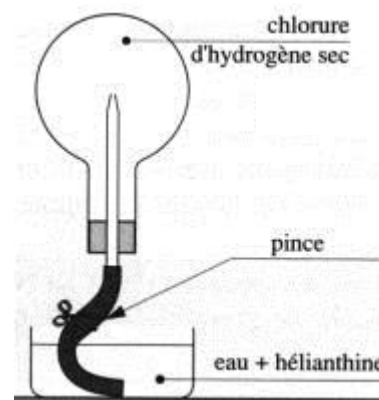
Chaque groupe réalise le montage ci-contre.

Au signal du professeur, enlever la pince et observer.

1.2. Interprétation

Lire le **document 1 p 22** du manuel.

Le chlorure d'hydrogène HCl réagit avec l'eau suivant l'équation :



2. Mesure du pH d'une solution d'acide chlorhydrique

2.1. Introduction

La mesure du pH d'une solution doit suivre un protocole rigoureux. Lire le **document 6 p 23** du manuel ainsi que le cadre « **La mesure du pH** » p 23.

Suivant les indications du professeur, mesurer le pH de l'eau du robinet.

2.2. Mesure du pH

On dispose d'une solution d'acide chlorhydrique à la concentration en ions oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+] = c_0 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Chaque groupe mesure le pH de cette solution et complète le tableau commun suivant :

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH mesuré										

2.3. Validation

Les mesures réalisées sont-elles toutes identiques ? Commenter.

.....

.....

.....

2.3.1. Incertitude pour la classe

Lorsqu'un même opérateur répète plusieurs fois, dans les mêmes conditions, le mesurage d'une même grandeur, les valeurs mesurées peuvent être différentes. On parle alors d'erreur de mesure aléatoire.

L'**incertitude** associée est une incertitude de répétabilité dite de **type A**.

Pour des mesures indépendantes d'une grandeur X et pour un niveau de confiance à 95%, on affiche le résultat sous la forme de l'encadrement :

$$X = x \pm 2u(x) \quad \text{avec } x = \text{valeur moyenne et } u(x) \text{ l'incertitude type}$$



Pour les besoins d'application de cette partie nous allons considérer que le tableau de mesures de la partie 2.2 correspond à des mesures faites par le même opérateur avec le même matériel et dans les mêmes conditions (**ce qui est totalement faux bien sûr**).

A l'aide d'une calculatrice ou d'un tableur, donner la valeur moyenne et l'écart type des mesures du tableau 2.2.

Moyenne : $\text{pH}_{\text{moyen}} = \dots\dots\dots$ écart-type : $\sigma = \dots\dots\dots$.

En considérant que l'incertitude type $u(\text{pH})$ correspond à l'écart type, donner l'encadrement de la mesure du pH de la solution d'acide chlorhydrique précédente avec un niveau de confiance à 95% :

$$\text{pH} = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots$$

2.3.2. Incertitude pour un groupe

Lors d'une mesure unique, la précision de l'appareil de mesure, la façon dont il est utilisé et la qualité du mesurage sont à prendre en compte : l'erreur correspondante est l'erreur systématique et l'**incertitude** associé est dite de **type B**.

L'évaluation de celle-ci nécessite de rechercher toutes les sources d'erreur et d'évaluer l'incertitude associée à chaque source.

Déterminer la valeur théorique du pH d'une solution d'acide chlorhydrique à la concentration en ions oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+] = c_0 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ (aide possible avec le **document 5 p 23**).

$$\text{pH}_{\text{réf}} = \dots\dots\dots$$

Reporter le n° du groupe et la mesure : Groupe n° : $\text{pH}_{\text{mesuré}} = \dots\dots\dots$.

A l'aide du cadre « **L'incertitude** » p 23, déterminer si votre mesure est acceptable :

.....

.....

.....

.....

3. Mesures du pH de solutions diluées

3.1. Etude théorique

Considérons une solution mère S_0 d'acide chlorhydrique à la concentration en ions oxonium $[H_3O^+] = c_0$. On réalise une dilution d'un facteur 10 pour obtenir une solution fille S_1 de concentration c_1 .

Donner la relation entre c_0 et c_1 :

En déduire une relation entre pH_0 et pH_1 (voir **aide mathématique**) :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Aide mathématique : $\log(axb) = \log(a) + \log(b)$ $\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log(a) - \log(b)$

3.2. Protocole expérimental

On désire réaliser la dilution d'un facteur 10 d'une solution mère S_0 d'acide chlorhydrique à la concentration en ions oxonium $[H_3O^+] = c_0 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

On fixe le volume de la solution fille S_1 obtenue à $V_1 = 50 \text{ mL}$.

A partir de S_1 on réalise la même dilution pour obtenir S_2 .

A partir de S_2 on réalise la même dilution pour obtenir S_3 .

On mesure le pH de chaque solution.

Donner le protocole détaillé pour réaliser la 1^{ère} dilution (aide possible avec le **document 4 p 23**) :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.3. Mise en œuvre

Après accord du professeur, mettre en œuvre le protocole précédent en appelant le professeur :
+ pour une mesure en direct du pH d’une solution,
+ pour la réalisation d’une dilution.

3.4. Mesures et validation

Compléter le tableau suivant puis conclure sur la relation entre le pH et la concentration en ion oxonium H_3O^+ apporté.

Solution	$[\text{H}_3\text{O}^+]$ en mol.L^{-1}	pH théorique	pH mesuré
S_0	$1,0 \times 10^{-2}$		
S_1			
S_2			
S_3			

Conclusion :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....