

Chapitre 1 : Transformations acide-base – Activité expérimentale : Mesure du pH



On désire mesurer le pH de différentes solutions d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$, $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) obtenues par dilutions successives d'un facteur 10 pour tester la relation entre le pH et la concentration en ions oxonium [H_3O^+].

I) Préparation de solutions d'acide chlorhydrique obtenues par dilution

On souhaite préparer deux solutions S_2 et S_4 d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) à partir d'une solution mère S_0 de concentration [$\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$] $_0 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

Solution	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4
[$\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$] (mol.L^{-1})	$1,0 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-5}$

Document 1 : La solution d'acide chlorhydrique

Une solution d'acide chlorhydrique est une solution aqueuse contenant des ions oxonium $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ et des ions chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ en quantités identiques.

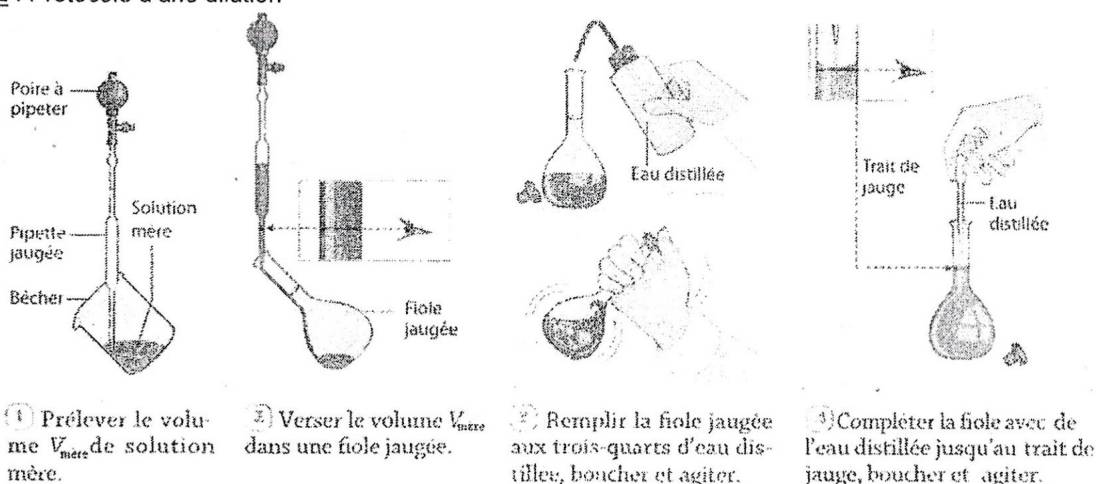


Mentions de dangers

H290 : peut être corrosif pour les métaux ;
H314 : provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves ;
H335 : peut irriter les voies respiratoires.



Document 2 : Protocole d'une dilution



Source © HACHETTE

Document 3 : Solutions mère/fille

Ajouter de l'eau à une solution mère de volume $V_{\text{mère}}$ et de concentration $C_{\text{mère}}$ en soluté permet d'obtenir, par dilution, une solution fille de volume V_{fille} et de concentration C_{fille} inférieure à $C_{\text{mère}}$.

La quantité de matière de soluté ne change pas au cours de la dilution, ainsi on a :

$$n_{\text{mère}} = n_{\text{fille}}$$

soit

$$C_{\text{mère}} \cdot V_{\text{mère}} = C_{\text{fille}} \cdot V_{\text{fille}}$$

On peut aussi utiliser la notion de facteur de dilution : $f = \frac{C_{\text{mère}}}{C_{\text{fille}}} = \frac{V_{\text{fille}}}{V_{\text{mère}}}$

1. Parmi le matériel mis à votre disposition indiquer celui nécessaire à la préparation des solutions S_2 et S_4 ?
2. Justifier le choix des volumes pour chaque solution.
3. Manipulation : Préparer la solution indiquée par le professeur.

II) Mesures du pH

Document 4 : Le pH

C'est au sein du laboratoire Carlsberg en 1909, chargé initialement d'effectuer des recherches sur la fabrication de la bière, que le danois Søren Sørensen introduit la notion de pH, abréviation de « potentiel Hydrogène ». Il proposa également l'échelle de mesure du degré d'acidité d'une solution de 0 à 14 et qui répond à la formule :

$$\text{pH} = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]}{c^0}\right) \text{ avec } c^0 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

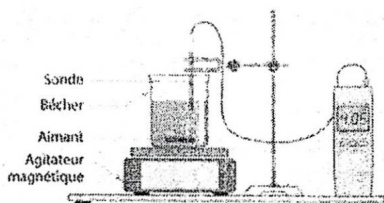
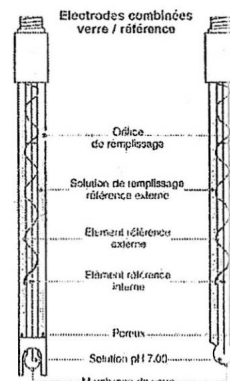
On peut également déterminer la concentration en ions oxonium à partir de la relation : $[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = c^0 \cdot 10^{-\text{pH}}$



Document 5 : Utilisation du pH-mètre

Le pH-mètre est généralement constitué d'un boîtier électronique permettant l'affichage de la valeur numérique du pH et d'une sonde de pH constituée d'une électrode de verre permettant la mesure et d'une électrode de référence. Comme il est beaucoup plus facile de manipuler une seule électrode plutôt que deux, l'**électrode combinée** (ci-contre) est très largement répandue et utilisée dans les laboratoires. Ce type d'électrode combine en une seule entité une électrode de verre et une électrode de **référence**.

Le pH-mètre est **étalonné** avant chaque campagne de mesures avec deux solutions tampon. Selon les mesures à effectuer, on étalonne, par exemple, par une solution de pH = 7 puis par une solution de pH = 4 pour faire des mesures en milieu acide, ou par une solution de pH = 7 puis une solution de pH = 10 pour des mesures en milieu basique. Les valeurs des mesures sont idéalement comprises entre les deux valeurs de pH des solutions tampon utilisées (les valeurs de pH = 4, 7 et 10 sont les plus communément rencontrées parmi les solutions tampon).



Protocole expérimental :

- Étalonner le pH-mètre en vous aidant de la fiche jointe.
- Rincer l'électrode du pH-mètre avec de l'eau distillée. **Ne pas l'essuyer !**
- Mesurer le pH de la solution S₄. Rincer l'électrode du pH-mètre. **Ne pas l'essuyer !**
- Répéter les opérations pour S₃, puis S₂, puis S₁ et enfin S₀.

4. Suivre le protocole expérimental pour effectuer les mesures de pH des solutions et compléter le tableau ci-dessous :

Solution	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
[H ₃ O ⁺] _(aq) (mol.L ⁻¹)	1,0x10 ⁻¹	5,0x10 ⁻²	1,0x10 ⁻²	5,0x10 ⁻³	1,0x10 ⁻³
pH _{mes}	1,09	2,57	2,93	2,92	6,36

- À l'aide du logiciel Régressi, afficher la courbe $pH_{mes} = f([H_3O^+]_{(aq)})$. Pour simplifier l'écriture, $[H_3O^+]_{(aq)}$ sera notée c.
- Créer la grandeur $pH_{theo} = -\log(c)$ et ajouter la courbe $pH_{theo} = f(c)$ sur le graphique.
- Comparer les deux courbes obtenues.

Document 6 : Comparaison à une valeur de référence

La validation d'une relation à l'aide d'une expérience dépend de l'incertitude-type $u(X)$, où X est la grandeur mesurée et de l'étendue des mesures $|X_{mes} - X_{théo}|$.

On peut utiliser le z-score, qui est défini par : $z - score = \frac{|X_{mes} - X_{théo}|}{u(X)}$

Si ce quotient est inférieur ou égal à 3, on peut valider la relation fournie. Si non, il faut analyser les sources d'erreurs et modifier le protocole afin d'obtenir des résultats cohérents.

L'incertitude-type $u(pH)$ de mesure du pH-mètre figure dans la notice à votre disposition. On prend généralement de $u(pH) = 0,05$.

8. Compléter le tableau ci-dessous et conclure.

Solution	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
[H ₃ O ⁺] _(aq) (mol.L ⁻¹)	1,0x10 ⁻¹	5,0x10 ⁻²	1,0x10 ⁻²	5,0x10 ⁻³	1,0x10 ⁻³
pH _{theo}	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
$\frac{ pH_{mes} - pH_{théo} }{u(pH)}$	21,8	102,8	175,8	252,6	636