

TP n° 16 : Titrage pH-métrique du vinaigre

Document 1 : Principe d'un titrage

Un **titrage** est une technique expérimentale destructive utilisée pour déterminer la **quantité de matière** n_1 (ou concentration C_1) contenue dans un prélèvement de volume V_1 d'une **solution titrée**.

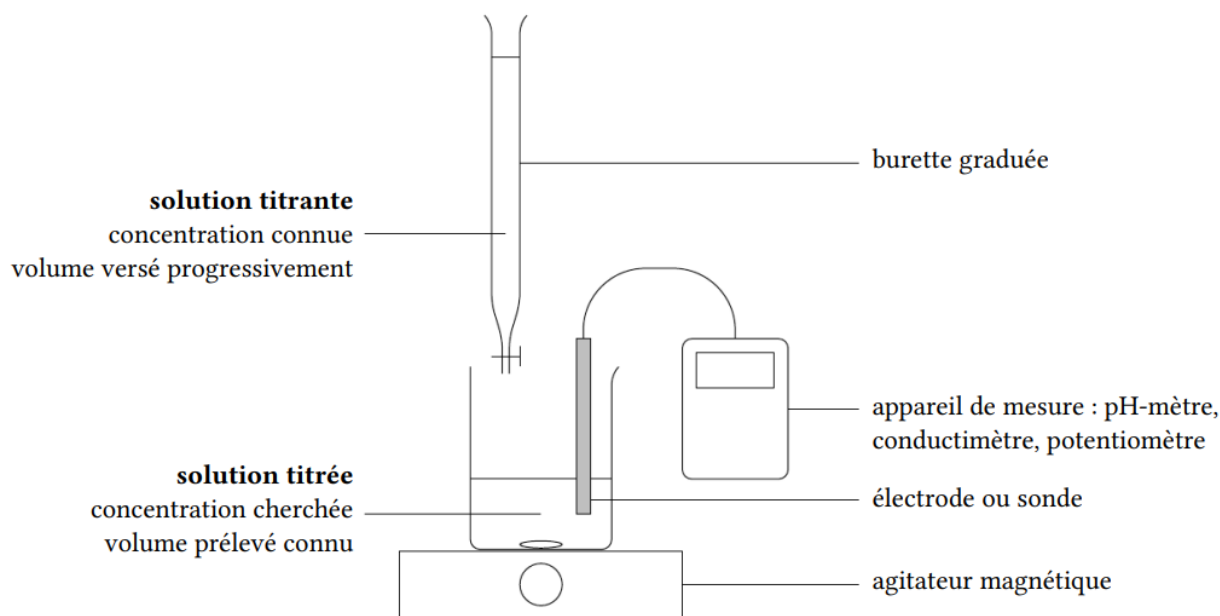
Pour réaliser un titrage, on verse progressivement un certain volume V_2 de **solution titrante** de concentration connue C_2 pour réaliser une **réaction chimique** : $\nu_1 R_1 + \nu_2 R_2 \rightarrow \text{produits}$ entre les espèces titrante et titrée jusqu'à ce **que les réactifs soient apportés dans les proportions stœchiométriques**, on parle d'**équivalence**.

A l'équivalence $V_2 = V_{eq}$, on peut écrire la relation :

$$\frac{C_1 V_1}{\nu_1} = \frac{C_2 V_{eq}}{\nu_2}$$

Pour qu'une réaction puisse servir de support à un titrage, elle doit être **rapide** et **totale** et **unique**. De plus, il faut que le repérage de l'équivalence puisse se faire aisément (*par exemple par un changement de couleur*).

Document 2 : Montage expérimental



Document 3 : Dosage pH-métrique et fonctionnement du pH-mètre

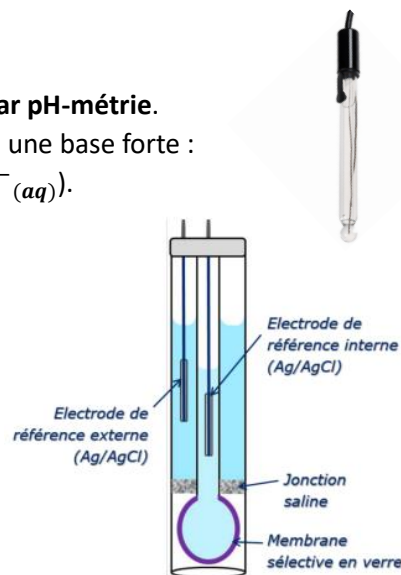
Lorsque **l'espèce titrée est un acide ou une base**, le titrage peut être suivi par **pH-métrie**.

Pour que la réaction de titrage soit totale, le réactif titrant est un acide fort ou une base forte : souvent l'acide chlorhydrique ($H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$) ou la soude ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$).

Un **pH-mètre** est constitué d'une sonde de **pH**, aussi appelée électrode de verre qui est en réalité une double électrode :

- Une électrode interne dont le **potentiel électrique dépend de manière affine du pH du milieu**.
- Une électrode externe dont le **potentiel électrique reste constant**.

Le **pH-mètre** mesure la tension entre les deux électrodes, qui est également une fonction affine du pH : il doit donc être étalonné avec deux solutions tampon, pour calibrer la pente et l'ordonnée à l'origine.



Objectif : On cherche à vérifier qu'un vinaigre a pour degré d'acidité 12°, comme indiqué par le fabricant.

Le vinaigre contient un acide faible : l'acide éthanóïque $CH_3COOH_{(aq)}$ que l'on va tirer par une base forte : la soude $OH^-_{(aq)}$.

I) Travail expérimental

1) Dilution par 10 de la solution de vinaigre

- ★ Prélever à la pipette jaugée à deux traits $V_0 = 10 \text{ mL}$ de vinaigre de concentration inconnue C_0 et la verser dans une fiole jaugée de **100 mL**.
- ★ Compléter la fiole jaugée avec de l'eau distillée (jusqu'à **100 mL**) : On obtient la solution fille de concentration C_1 .

2) Réalisation du titrage

- ★ Préparer la burette avec la solution titrante de soude à $C_2 = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$.
- ★ Etalonner la sonde pH-métrique.
- ★ Prélever une prise d'essai de volume $V_1 = 10 \text{ mL}$ dans le bécher de **150 mL**, ajouter environ **30 mL** d'eau distillée.
- ★ Effectuer le titrage : mesurer le volume de soude versé V_2 le **pH** pour chaque **mL** entre **0** et **24 mL**.

V_2	1 mL	2 mL	3 mL	4 mL	5 mL	6 mL	7 mL	8 mL	9 mL	10 mL	11 mL	12 mL
pH												
V_2	13 mL	14 mL	15 mL	16 mL	17 mL	18 mL	19 mL	20 mL	21 mL	22 mL	23 mL	24 mL
pH												

En bonus, si le temps le permet, on pourra repérer la valeur du **pH** au saut et choisir un indicateur coloré, puis effectuer un nouveau dosage par colorimétrie

II) Exploitation des mesures

- 1) Ecrire l'équation de la réaction support du titrage.
- 2) Quelles sont les caractéristiques importantes d'une réaction support de dosage ? Sont-elles réunies ici ?
- 3) Relier le volume à l'équivalence V_{eq} à C_1 , V_1 et C_2 puis à C_0 , V_0 et C_2 .
 - ☞ Compléter le script python avec vos valeurs de volume V_2 , exécuter le script.
 - ☞ Déterminer le volume à l'équivalence V_{eq} à partir du maximum sur la courbe de la dérivée de $\frac{dpH}{dV_{eq}} = f(V_{eq})$.
- 4) En déduire la valeur de la concentration molaire en acide éthanóïque dans le vinaigre C_1 .

Le degré d'acidité du vinaigre est défini comme la fraction massique en acide éthanóïque dans le vinaigre.

- 5) Exprimer puis calculer le degré d'acidité **D** du vinaigre titré. $M(CH_3COOH) = 60,052 \text{ g.mol}^{-1}$
- 6) Exprimer puis calculer l'incertitude associée à C_1 puis à **D**.
- 7) Calculer le **z-score** et conclure.

III) Pour aller plus loin : Détermination du pKa du couple $(CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)})$

- 8) Montrer avec la relation de Henderson qu'à la demi équivalence défini par $V' = \frac{1}{2}V_{eq}$, on a la relation **pH = pKa**.
- 9) En déduire le pKa du couple $CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}$.