



Chapitre C3 – Analyser un système chimique par des méthodes chimiques



Se positionner

1. « Dosage » et « titrage » permettent de déterminer une quantité ou une concentration inconnue.
 - ① Vrai
 - ② Faux
2. « Dosage » et « titrage » désignent la même technique.
 - ① Vrai
 - ② Faux
3. Lors d'un titrage, la solution titrante :
 - ① est dans le bécher
 - ② est dans la burette
 - ③ a une concentration connue
 - ④ a une concentration inconnue
4. On considère l'équation suivante support d'un titrage : $aA + bB \rightarrow cC + dD$
A l'équivalence :
 - ① les espèces A et B sont dans les proportions stœchiométriques
 - ② il n'y a plus ni de A ni de B
 - ③ les quantités de C et D obtenues sont maximales
 - ④ la réaction n'est pas terminée.
5. On recherche la concentration d'une base. Pour cela on procède à un titrage acido-basique. On peut mesurer le pH du mélange dans le bécher. D'après vous comment évolue le pH au cours du titrage :
 - ① il est constant
 - ② il augmente
 - ③ il diminue

Activité 1. (expérimentale) Trouver la concentration du vinaigre...

On étudie dans cette activité la façon dont on peut repérer l'équivalence d'un titrage en suivant l'évolution du pH lors d'une transformation acido-basique. On l'illustre avec le titrage du vinaigre. Les vinaigres sont des solutions d'acide éthanoïque, de formule CH_3COOH dont la concentration est exprimée par la valeur du degré du vinaigre. On se propose de déterminer la concentration en acide éthanoïque d'un vinaigre par titrage avec de la soude ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$).

A. Questions préliminaires

1. Lors du mélange une réaction a lieu entre l'acide éthanoïque et l'ion hydroxyde.
 - Écrire les couples acide-base concernés par cette réaction, souligner l'acide et la base réagissant :
 - En déduire l'équation chimique associée à la transformation du système étudié.

On suppose que cette réaction est considérée **totale et instantanée**, conditions nécessaires à son utilisation pour un titrage.

2. Quelques prévisions
 - a- Le réactif titré est
 - b- Le réactif titrant est
 - c- D'après vous, au cours du titrage le pH va augmenter diminuer
 - d- Compléter le tableau ci-dessous :

Pour un volume V versé	Espèces chimiques présentes dans le bécher
Inférieur à V_E	
Egal à V_E	
Supérieur à V_E	

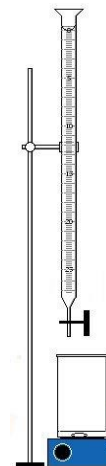
**Act. 1 – B. Préparation de la solution à titrer**

La solution S de vinaigre est tellement concentrée qu'il faudrait, pour ne pas mettre un volume trop grand de soude, utiliser une solution de soude très concentrée (de l'ordre de 1 mol.L^{-1}), ce qui présente quelques risques. Pour utiliser une solution moins concentrée on utilise donc une solution de vinaigre diluée 10 fois, notée S'. On souhaite réaliser 50,0 mL de solution S'.

👉 Appeler le professeur pour lui exposer votre protocole lorsque vous en êtes sûrs, puis après validation préparer la solution S' avec le matériel dont vous disposez.

Act. 1 - C. Réalisation du montage pour le suivi pH-métrique

- Le pH-mètre est étalonné (ne pas oublier de bien rincer la sonde pH-métrique).
- Mettre la solution S' dans un bécher de 100 mL.
- Prélever un volume $V = 10,0 \text{ mL}$ de la solution S' à la pipette jaugée et verser cet échantillon dans un bécher propre. Compléter avec environ 20 mL d'eau distillée (cela permettra de faire plonger correctement la sonde).
- Ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine : c'est un indicateur coloré acido-basique, c'est-à-dire un couple acide-base dont l'acide n'a pas la même couleur que la base.
- Remplir la burette avec la solution d'hydroxyde de sodium de concentration en soluté apporté $C_B = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$. Faire le zéro et veiller à ce que la burette ne contienne pas de bulles d'air.
- Plonger la sonde dans la solution afin de réaliser le montage permettant de mesurer le pH en fonction du volume de soude versé.
- Compléter le schéma du montage ci-contre en précisant la nature des solutions introduites, les concentrations et volumes connus



Attention ! → L'agitation ne doit pas être trop rapide, afin d'éviter les projections.
→ L'électrode doit bien plonger sans être en contact avec le barreau ou la paroi.
→ La burette doit être située bien au-dessus du bécher.

👉 **Appeler pour faire vérifier le montage.**

Act. 1 - D. Réalisation du suivi pH-métrique

On souhaite tracer la courbe d'évolution du pH en fonction de V_B , volume de solution d'hydroxyde de sodium versé, au cours du mélange. Le suivi est fait grâce à Regressi (Fichier → Nouveau → Clavier).

Attention, l'indicateur va changer de couleur pour une certaine valeur de volume de soude. On n'oubliera pas de noter ce volume :

$$V_B = \dots\dots\dots$$

- Verser la soude au début de mL en mL puis **diminuer le volume versé (jusqu'à 0,2 mL) lorsque le pH se met à varier plus rapidement**. A chaque mesure, saisir le couple (V_B ; pH) sur le tableur en veillant à bien avoir à l'écran à la fois le tableau de valeurs et le système d'axe (V_B , pH) (Fenêtre → Mosaïque verticale).
- 👉 Appeler le professeur puis après accord, imprimer le relevé de points et le tableau obtenus.
- Vider, rincer puis ranger le matériel.

Act. 1 - E. Exploitation du titrage

1. Faire une phrase qui décrit la particularité principale de la courbe.
2. Qu'y a-t-il de remarquable concernant le pH lorsque l'indicateur coloré change de couleur ?
Le volume versé pour atteindre le saut de pH est appelé *volume équivalent* (voir définition précise dans le modèle). Le point d'équivalence est en fait le point d'inflexion de cette courbe (point où la courbure de la courbe s'inverse).

On peut déterminer un tel point grâce à la **méthode dite "des tangentes"** (cf livre page 575).

3. Modéliser graphiquement la courbe puis déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence à partir de la méthode des tangentes.

$$V_E = \dots\dots\dots \quad \text{pH}_E = \dots\dots\dots$$

4. Un indicateur coloré acido-basique est un couple acide/base noté HInd/Ind^- dont les deux espèces conjuguées n'ont pas la même teinte. Donner les couleurs des formes acide et base de la phénolphtaléine.

La zone de pH de virage est l'intervalle de pH pour lequel on ne peut pas affirmer que l'indicateur a l'une ou l'autre de ces couleurs. La zone de virage de la phénolphtaléine est : 8,2 – 10,0.

5. Vérifier que le pH à l'équivalence est bien compris dans cette zone et proposer un critère pour choisir un indicateur coloré adapté à un titrage acido-basique.



Vous disposez maintenant de la définition de l'équivalence (voir modèle)

6. Compléter le tableau d'évolution du système dans le cas étudié, **en prenant comme état final l'état d'équivalence.**

Équation de réaction :					
E.I	$x = 0$				
État intermédiaire	x				
E.F.	$x = x_E$				

7. En exprimant x_E de deux façons différentes, donner la relation entre la quantité de matière d'acide éthanoïque initialement présente soit $n_i(\text{acide})$ et la quantité de matière d'ions hydroxyde versés à l'équivalence, soit $n_E(\text{HO}^-)$.
8. En déduire une expression de la concentration C' de la solution S'en fonction de V' , C_B et V_E .
9. Calculer la valeur de la concentration molaire C' de la solution S', puis celle de la concentration molaire C en soluté apporté dans le vinaigre.
10. *Le degré du vinaigre est le pourcentage massique d'acide éthanoïque dans la solution.* Calculer le degré trouvé expérimentalement et comparer à l'indication de la bouteille.
Données : masse volumique du vinaigre : $\rho = 1,08 \text{ g.mL}^{-1}$; masse molaire CH_3COOH : $M = 60 \text{ g.mol}^{-1}$.

**Activité 2 - Combien de soude dans le Destop ?**

On réalise dans cette activité un titrage colorimétrique pour déterminer la concentration des ions hydroxydes $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ présents dans un déboucheur du commerce (Destop).

Document 1 : Le Destop

Depuis 1969, le Destop est un liquide utilisé comme déboucheur. Il agit en 30 minutes, n'attaque ni l'émail ni les tuyauteries, même en plastique ; il est sans danger pour les fausses septiques.

Le Destop est une solution de couleur violette et sentant l'ammoniac, mais qui peut être quasiment assimilée, chimiquement, à de la soude.

**Document 2 : Composition du Destop**

	Pourcentage massique	Symbole de danger	Risque
Soude caustique	10%	C	R35
Hydroxyde d'ammonium	1%	C, N	R34, 50

C : corrosif

N : dangereux pour l'environnement

R35 : provoque de graves brûlures

R50 : très toxiques pour les organismes aquatiques

Masse volumique : $1,217 \text{ g/cm}^3$

pH > 13,5

**Analyse de la situation expérimentale**

- Sachant qu'on réalise le titrage des ions hydroxydes par une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) de concentration en soluté apporté C_A , écrire l'équation chimique de la réaction support du titrage.
- Expliquer pourquoi cette réaction peut être considérée comme totale.
- Compléter le tableau ci-dessous (on note V de solution titrante versé et V_E le volume versé à l'équivalence) :

	le réactif en excès	Préciser si : pH < 7 ou pH = 7 ou pH > 7
$V < V_E$		
$V = V_E$		
$V > V_E$		

- A partir de la définition de l'équivalence et avec la méthode de votre choix donner la relation entre la quantité de matière d'ions hydroxyde initialement présents, soit $n_i(\text{HO}^-)$ et la quantité de matière d'ions oxonium versés à l'équivalence, soit $n_E(\text{H}_3\text{O}^+)$

- En déduire l'expression de la concentration molaire en ions hydroxyde, notée C , dans la solution utilisée, en fonction de V_B (volume de solution titrée), C_A et V_E .

- En tenant compte de la valeur approximative du pH que vous prévoyez à l'équivalence, indiquer l'indicateur coloré à choisir parmi ceux disponibles (voir livre ou document annexe à demander).

Indicateurs colorés	Forme acide	Zone de virage	Forme basique
Hélianthine	Rouge	3,1 – 4,4	Jaune
Bleu de Bromothymol	Jaune	6,0 – 7,6	Bleu
Phénolphaléine	Incolore	8,2 – 10,0	Rose

**Activité 2 – Réalisation du titrage**

La solution commerciale est beaucoup trop concentrée pour qu'on puisse la titrer directement, elle a été diluée 25 fois. Rédiger le protocole qui permet d'obtenir $V = 100,0$ mL de solution diluée S' .

Vous disposez de la solution diluée notée S' .

- Prélever avec précision $V_B = 10,0$ mL de solution diluée S' , pour procéder au titrage.
- Réaliser le montage sachant que l'on dose avec une solution d'acide chlorhydrique ($H_3O_{(aq)}^+ + Cl_{(aq)}^-$) de concentration en soluté apporté $C_A = 0,100$ mol.L⁻¹.

 **Faire vérifier le montage.**

- Ajouter quelques gouttes de l'indicateur coloré acido-basique choisi à la question 6.
- Réaliser le titrage : faire un premier titrage rapide afin d'estimer l'ordre de grandeur du volume équivalent puis effectuer un second titrage précis à la goutte près.

Noter la valeur du volume équivalent correspondant au virage de l'indicateur coloré : $V_E = \dots\dots\dots$

Analyse

Grâce à la valeur de V_E et au travail préparatoire (question 5), calculer la concentration C en ions hydroxyde dans la solution diluée puis la concentration molaire C_0 (concentration en hydroxyde de sodium du Destop)

Validation

7. Calculer la concentration massique C_m en hydroxyde de sodium dans le Destop®, puis en déduire la masse d'hydroxyde de sodium contenue dans 1L de Destop.
Masse molaire de l'hydroxyde de sodium : $M = 40,0$ g.mol⁻¹
8. Calculer la masse de 1L de Destop puis en déduire **le pourcentage massique p** de soude dans le Destop. Comparer à l'indication de l'étiquette.