

RÉACTIONS ACIDE-BASE

Contexte pratique des réactions acido-basiques : contrôle-qualité de produits alimentaires commerciaux (dosages de l'acide phosphorique dans le coca-cola, de l'acide chlorhydrique dans certains détartrants, de la soude dans les déboucheurs de canalisation, de l'acide éthanoïque du vinaigre, etc.), lixiviation de minerais pour solubiliser des ions métalliques (bauxite traitée en milieu basique pour récupérer $Al(OH)_4^-$, etc.), pluies acides, etc.

Buts des manipulations :

Dans la partie I., on prépare par dilution une solution de soude de titre connu en utilisant une verrerie adaptée à la précision souhaitée pour la concentration. Dans la partie II., on utilise cette solution pour des titrages acido-basiques et la détermination expérimentale de pK_a de couples acido-basiques. Les calculs d'incertitudes pourront être menés à l'aide du logiciel GUM.

I. Préparation d'une solution de soude à $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

Question 1 : On dispose d'une solution de soude de concentration de $1,00 \text{ mol.L}^{-1}$. À l'aide du matériel et des produits chimiques disponibles, proposer un protocole pour préparer 250 mL de soude de concentration *exacte à environ* $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ à partir de cette solution concentrée. Justifier à chaque manipulation l'emploi de la verrerie choisie.

APPELER LE PROFESSEUR avant d'effectuer les manipulations.

Question 2 : Faire les calculs d'incertitude sur c_B , concentration de la solution préparée. Exprimer le résultat de la manière suivante : $c = c_{\text{moyen}} \pm \Delta c \text{ mol.L}^{-1}$, niveau de confiance de 95%

II. Titrages acido-basiques

Après une première phase de réflexion utilisant les données fournies, le matériel et les produits disponibles et éventuellement le logiciel de simulation ChimGéné 1.3, le groupe décide des différentes manipulations à réaliser et les expose au professeur. On pourra également faire des tests pour vérifier expérimentalement certaines hypothèses.

1) Titrage de l'acide maléique et détermination de pK_a

Question 3 : Proposer une méthode permettant de déterminer à la fois la concentration de la solution fournie d'acide maléique (diacide faible) et les pK_a des couples acido-basiques mis en jeu. L'acide maléique a pour formule $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$.

APPELER LE PROFESSEUR avant d'effectuer les manipulations,
que vous réaliserez après la validation de votre protocole.

2) Dosage du phosphore d'un sol (titrage d'un mélange d'acides)

Le phosphore est un élément essentiel à tout être vivant et la connaissance de la quantité de phosphore contenu dans les sols est importante pour la gestion des apports (engrais) en agronomie. Pour déterminer le phosphore total d'un sol, les échantillons de sols sont soumis à des attaques par des solutions aqueuses acides (acide sulfurique, acide chlorhydrique, acide perchlorique, ...) et/ou d'attaques basiques (soude, ...) à haute température et sous pression, dans le but d'extraire le phosphore du sol sous forme d'ion phosphate PO_4^{3-} ou toute autre forme acido-basique soluble.

L'activité expérimentale proposée a pour but de déterminer la composition d'une **solution aqueuse notée S** (ou $\text{HCl} + \text{H}_3\text{PO}_4$), modélisant le filtrat obtenu à l'issue du traitement d'un échantillon de sol. La solution S fournie est susceptible de contenir les espèces suivantes :

- Anions : PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , Cl^- , HO^- .
- Cations : H^+ , Na^+ .
- Espèce neutre : H_3PO_4

On cherche à déterminer la **nature et la concentration des constituants acido-basiques** présents dans cette solution. Pour des espèces intervenant dans des couples acido-basiques, on ne considèrera, pour simplifier, que les espèces acido-basiques **majoritaires**.

Question 4 : À l'aide de tests simples, déterminer qualitativement la composition de la solution S à analyser, en précisant la nature des espèces majoritaires *a priori* présentes.

Question 5 : On raisonnera pour une prise d'essai de 20 mL de solution S à analyser. Proposer un protocole précis de titrage acido-basique de la solution S en indiquant les raisons du choix des conditions expérimentales envisagées (réactifs, concentrations utilisées, verrerie, schéma du montage, etc.). On pourra utiliser une méthode colorimétrique en justifiant le choix du ou des indicateurs colorés envisagés.

Quelle(s) information(s) sur les concentrations des espèces acido-basiques présentes dans la solution S peut-on déduire du titrage ?

APPELER LE PROFESSEUR avant d'effectuer les manipulations.

3) Exploitation des résultats

Question 6 : Donner le résultat du dosage de la solution d'acide maléique en rappelant brièvement le protocole expérimental choisi. Déterminer la concentration en acide maléique et évaluer l'incertitude expérimentale correspondante.

Question 7 : Préciser les valeurs expérimentales des $\text{p}K_A$ des couples acido-basiques de l'acide maléique. Commenter. Expliquer la difficulté de déterminer expérimentalement le $\text{p}K_{A3}$ de l'acide phosphorique H_3PO_4 .

Question 8 : Donner le(s) résultat(s) du dosage de la solution S ($\text{HCl} + \text{H}_3\text{PO}_4$) en rappelant brièvement le protocole expérimental choisi. Préciser les relations aux équivalences. Déterminer la concentration des espèces acido-basiques de cette solution et évaluer les incertitudes expérimentales correspondantes.

Question 9 : Proposer une méthode pour évaluer les concentrations des ions Cl^- et Na^+ contenus dans la solution S.

Données à 298 K :	$\text{H}_3\text{PO}_4 / \text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{p}K_{A1} = 2,2$
	$\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$	$\text{p}K_{A2} = 7,2$
	$\text{HPO}_4^{2-} / \text{PO}_4^{3-}$	$\text{p}K_{A3} = 12,3$
	acide maléique	$\text{p}K_{A1} = 1,9$
		$\text{p}K_{A2} = 6,1$
	phénolphtaléine	$\text{p}K_i = 9,6$ (virage 8,3-10,0)
	BBT	$\text{p}K_i = 6,8$ (virage 6,0-7,6)
	hélianthine	$\text{p}K_i = 3,7$ (virage 3,0-4,5)
	$\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$	$\text{p}K_A = 9,2$

SIMULATIONS DE DOSAGES À L'AIDE DU LOGICIEL CHIMGÉNÉ

1. Allumer l'ordinateur. Ouvrir la session Prépas. Lancer le logiciel Chimgéné dans le dossier Simulation.
2. Cliquer sur l'onglet « Ch. solutions » à droite puis sur l'icône « dosage », enfin sur le bouton « Simulation étudiée »
3. Pour remplir le bécher, cliquer dans la base de données sur les réactifs à introduire, puis sur « ajouter » dans le bécher. Recommencer avec les autres espèces contenues dans le bécher. On peut modifier la concentration et le volume.

Pour remplir la burette, procéder de même, mais cliquer sur « ajouter » dans la burette. On peut modifier la concentration et le volume de réactif titrant versé.

4. Cliquer sur « valider » en bas de la page puis sur le bouton « tracer » qui apparaît. Une courbe s'affiche (interpréter la courbe simulée et la comparer à la courbe expérimentale si cette dernière a été tracée).
5. Pour changer de grandeur exprimée en ordonnée (pH, conductivité, pourcentages d'espèces,...), cliquer sur « Sim » (simulation) à gauche, puis sur « réseau ». Choisir l'ordonnée. Valider.

Remarque : après avoir cliqué sur « réseau » et si le pH est demandé en ordonnée, il est possible de faire apparaître les zones de virage d'indicateurs colorés acido-basiques.

6. Pour superposer plusieurs courbes du même dosage, cliquer sur « options » à droite, puis sur « AxeYY... ? ». Choisir ensuite « données particulières sur l'axe vertical secondaire » : Choix de l'ordonnée : par exemple « Pourcentages » si l'on souhaite superposer les courbes de pourcentages (penser à cocher les pourcentages des ions souhaités). Valider. Les courbes demandées s'affichent.
7. Une légende peut être ajoutée grâce à « Légende ? » (dans le menu « options » à droite).
8. Insérer vos noms en passant en Mode vectoriel avec l'outil « Texte » A..., puis imprimer.