

TP n°5 Dosages par titrage « conductimétrie »

Contenus : Titrage avec suivi conductimétrie.

Capacités exigibles :

Établir la composition du système après ajout d'un volume de solution titrante, la transformation étant considérée comme totale.

Exploiter un titrage pour déterminer une quantité de matière, une concentration ou une masse.

Dans le cas d'un titrage avec suivi conductimétrie, justifier qualitativement l'évolution de la pente de la courbe à l'aide de données sur les conductivités ioniques molaires.

Mettre en œuvre le suivi conductimétrie d'un titrage.

PARTIE A : ASPECTS THEORIQUES (extraire et exploiter des informations des 4 documents)

Document 1 : Rappels sur la conductimétrie

Toute solution ionique est une solution susceptible de conduire le courant électrique.

La conductivité σ caractérise la capacité d'une solution ionique à conduire le courant électrique. L'unité de σ est le siemens par mètre ($S.m^{-1}$) ; σ se mesure à l'aide d'un conductimètre et de sa cellule de mesure, préalablement étalonné avec une solution de conductivité connue à une température fixée.

On utilise aussi d'autres unités pratiques : $mS.cm^{-1}$ ou $\mu S.cm^{-1}$.

On rappelle que : $1 mS.cm^{-1} = 0,1 S.m^{-1}$ d'où l'on déduit que $1 \mu S.cm^{-1} = 1.10^{-4} S.m^{-1}$

Document 2 : loi de Kohlrausch

La conductivité σ de la solution dépend de la nature des électrolytes en solutions, de leur concentration et de la température.

La loi s'écrit pour des solutions suffisamment diluées (donc peu concentrées) :

$\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$, où $[X_i]$ est la concentration de l'électrolyte i exprimée en $mol.m^{-3}$ et λ_i est la conductivité ionique molaire de l'électrolyte i exprimée en $S.m^2.mol^{-1}$.

Document 3 : Valeurs utiles de conductivités ioniques molaires λ_i à une température de 25°C :

Ions	hydroxyde HO^-	chlorure Cl^-	baryum Ba^{2+}	oxonium H_3O^+	sodium Na^+	sulfate SO_4^{2-}
$\lambda_i (S.m^2.mol^{-1})$	$19,8.10^{-3}$	$7,6.10^{-3}$	$12,8.10^{-3}$	$35,0.10^{-3}$	$5,0.10^{-3}$	16.10^{-3}

Document 4 : principe du titrage direct par conductimétrie

On peut, par titrage conductimétrie, déterminer la concentration (molaire ou massique) d'un ion présent en solution. Lors de la réaction qui sert de support au dosage conductimétrie, l'ion qui constitue le réactif titré de la solution disparaît grâce au réactif titrant. Il apparaît par contre une autre espèce ionique, spectatrice de cette réaction, mais accompagnant l'ion constituant le réactif titrant dans la solution titrante.

Il apparaît ainsi, lors de l'ajout du réactif titrant, une augmentation ou une diminution de la conductivité σ de la solution. Cette variation est différente AVANT et APRES l'équivalence (on dit qu'il y a changement du réactif limitant).

Par suivi conductimétrie, on peut alors déterminer le point d'équivalence noté E par la variation de pente de la conductivité avant et après le point d'équivalence. L'intersection de ces deux droites donne le volume de titrant versé à l'équivalence qu'on notera V_E

Il faut travailler en solution diluée, et pouvoir négliger la variation de volume du mélange lors de l'ajout de la solution titrante.

PARTIE B : TITRAGE D'UN PRODUIT MENAGER BASIQUE

Le Destop® est un produit ménager servant à déboucher des canalisations. Il contient essentiellement une solution concentrée d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ (une base forte). Le but du titrage va être de contrôler « le titre » de cette solution, indiqué sur le flacon. On dit qu'on réalise un contrôle qualité.

On a préalablement dilué 100 fois le Destop® et on réalise, dans un bécher haut de 100 mL, le dosage conductimétrique de 10,0 mL de la solution diluée, auquel on a ajouté 50 mL d'eau distillée, par une solution d'acide chlorhydrique $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ (un acide fort) de concentration molaire $C_A = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

1. Préciser la verrerie à utiliser pour l'ensemble de ces opérations.
2. Ecrire l'équation de la réaction acido-basique qui sert de support au dosage.
3. Etalonner le conductimètre (voir notice) et procéder à la préparation de l'expérience à réaliser.
4. Procéder par ajout mL par mL de la solution acide titrante et mesurer la conductivité σ de la solution contenue dans le bécher, une fois stabilisée la valeur affichée par le conductimètre.
5. Compléter le tableau suivant, et tracer la courbe $\sigma = f(V_A)$ sur papier millimétré ou avec Regressi.

V_A (mL)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
σ ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	1124	1048	976	903	835	770	705	645	595	544	521

V_A (mL)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
σ ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	559	718	863	1013	1140	1288	1535	1735	1965	1755

6. Expliquer qualitativement les 2 parties de la courbe et indiquer les causes de la variation de la conductivité σ de la solution lors de ces deux phases de l'expérience.
7. Exploiter la courbe obtenue pour déterminer le volume d'acide V_{AE} versé à l'équivalence.
8. Ecrire l'égalité qui traduit que les 2 réactifs à l'équivalence sont dans les proportions stœchiométriques.
9. En déduire l'expression littérale et la valeur de la concentration molaire C_B en ion hydroxyde HO^- présent dans la solution diluée d'hydroxyde de sodium.
10. En déduire la concentration molaire C en hydroxyde de sodium du Destop®.
11. Calculer la concentration en masse (en g.L^{-1}) en hydroxyde de sodium du Destop®, puis le titre massique en hydroxyde de sodium, sachant que la masse volumique du Destop® utilisé vaut $1,09 \text{ kg.L}^{-1}$ environ.
données : masses molaires (g.mol^{-1}) : Na : 23,0 O : 16,0
12. Comparer à la donnée de l'étiquette du flacon (on calculera l'écart relatif entre les deux valeurs).

PARTIE C : TITRAGE DES IONS SULFATE SO_4^{2-} D'UNE EAU MINERALE

donnée supplémentaire : masse molaire (en g.mol^{-1}) : S : 32,1

Document 5 : Les sulfates représentent la source majeure de soufre, un composant essentiel de nombreuses protéines de la peau, des ongles, des cheveux, et des hormones comme l'insuline. Il entre également dans la composition de certaines vitamines, du cartilage, des tendons et des os. Par ailleurs, les sulfates accélèrent le transit intestinal. Un régime qui apporte assez de protéines répond aux besoins de l'organisme. Les aliments les plus riches en soufre sont les fruits de mer, la viande, le lait et les oeufs (surtout le jaune). Une carence en soufre provoque souvent un ralentissement de la pousse des cheveux et des ongles. Un manque de soufre augmente aussi la vulnérabilité aux infections car les échanges entre cellules sont moins bien assurés. Les personnes ayant choisi un régime végétarien sont souvent à risque de carence en soufre. C'est pourquoi une consommation d'eau fortement soufrée peut s'avérer être un bon complément. Le soufre est éliminé par les urines, mais au-delà de 200 mg.L^{-1} il peut provoquer des diarrhées chez les nourrissons (source : www.doctissimo.fr).

On réalisera le titrage conductimétrique des ions sulfate $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ dans l'eau Contrex, grâce à leur réaction de précipitation avec les ions baryum $\text{Ba}^{2+}_{(\text{aq})}$ d'une solution de chlorure de baryum $\text{Ba}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$, de concentration molaire en soluté apporté : $C = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Pour cela, on prélèvera 20,0 mL d'eau de Contrexéville, on ajoutera 50 mL d'eau distillée, et on ajoutera tous les 2 mL la solution de chlorure de baryum. On procédera de la même façon que précédemment et on répondra, en les adaptant, aux mêmes questions pour obtenir la concentration en masse des ions sulfate dans l'eau Contrex, et le comparer à la valeur indiquée sur l'étiquette (soit 1121 mg.L^{-1}).