

Chapitre n°3

Conductimétrie – Activité 6

Fiche liée à cette activité :

► Fiche de synthèse Chapitre 3

ACTIVITÉ 6 : L'acidité du lait

Le lait peut tout à la fois être considérée comme une solution (sels minéraux, glucides, protéines du lactosérum sont des solutés), une suspension (protéines telles que les caséines y sont insolubles) et enfin une émulsion (émulsion de matière grasse dans une phase aqueuse). Il s'agit d'un équilibre biochimique dont la qualité dépend grandement des précautions prises lors de sa manipulation, surtout à une échelle industrielle. De nombreux contrôles qualité sont effectués notamment un pour déterminer l'acidité. Comment déterminer la quantité d'acide lactique dans un lait ?

DOCUMENT 1 : L'acide lactique

L'acide lactique est un acide faible de $pK_a = 3,9$.

Lorsqu'un lait contient trop d'acide lactique, il commence à cailler et peut alors ne plus être utilisable dans les ateliers de transformations.

La norme en vigueur pour considérer qu'un lait est frais est une concentration en acide lactique inférieure à $1,8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

DOCUMENT 2 : Protocole permettant l'étalonnage de la solution d'hydroxyde de sodium

- Peser avec précision une masse d'hydrogénéphthalate de potassium m voisine de 100 mg.
- Noter la masse m dans le tableau
- Dissoudre avec de l'eau le solide dans un erlenmeyer
- Ajouter quelques gouttes de bleu de thymol.
- Remplir la burette avec la solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$).
- Verser la solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) jusqu'au changement de la couleur, la solution devient bleue. Noter le volume versé à l'équivalence V_{eq} .
- Effectuer un deuxième essai.

DOCUMENT 3 : Évaluation de l'incertitude-type lors de l'étalonnage de la solution d'hydroxyde de sodium

L'incertitude-type sur la concentration en quantité de matière de la solution d'hydroxyde de sodium lors du titrage peut s'estimer à l'aide de la relation :

$$u(C_b) = C_b \times \sqrt{\left(\frac{u(V_{\text{eq}})}{V_{\text{eq}}}\right)^2 + \left(\frac{u(m)}{m}\right)^2}$$

Où V_{eq} : volume, en mL, de la solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence

$u(V_{\text{eq}})$: incertitude liée à la burette en mL

m : masse d'hydrogénéphthalate de potassium en g.

$u(C_b)$: incertitude liée à la masse en g.

Dans les conditions de l'étalonnage on a $u(V_{\text{eq}}) = 0,05 \text{ mL}$ et $u(m) = 0,0002 \text{ g}$

DOCUMENT 4 : Vérifier la compatibilité de deux mesures

On considère une grandeur « x » dont on dispose :

- d'une valeur x_{mes_1} mesurée par un premier étalonnage dont l'incertitude-type est $u_1(x)$;
- d'une valeur x_{mes_2} mesurée par un deuxième étalonnage dont l'incertitude-type est $u_2(x)$.

Pour discuter de la compatibilité des deux valeurs obtenues par deux étalonnages, on peut utiliser le rapport

suivant : $\frac{|x_{mes_1} - x_{mes_2}|}{\sqrt{u_1(x)^2 + u_2(x)^2}}$.

Les deux mesures sont compatibles si le quotient est inférieur ou égal à 2.

La valeur retenue est alors la moyenne des deux résultats.

DOCUMENT 5 : Données physico-chimiques

Masse molaire

Hydrogénophthalate de potassium carbonate : $M = 204,23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Acide lactique $M = 90,08 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Conductivité molaire ionique à 25°C

$$\lambda^0(\text{lactate}) = 4 \times 10^{-3} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\lambda^0(\text{HO}^-) = 20 \times 10^{-3} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\lambda^0(\text{Na}^+) = 5 \times 10^{-3} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

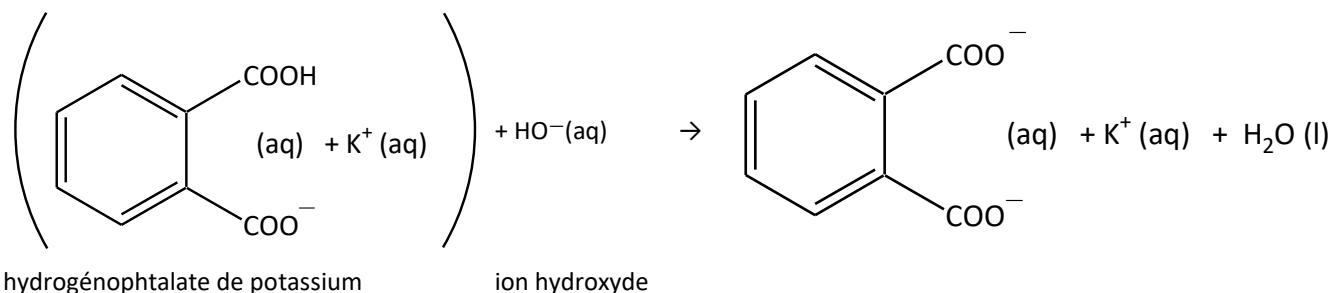
Constante d'acidité de l'acide lactique $K_a = 10^{-3,9}$

Produit ionique de l'eau $K_e = 10^{-14}$

I. Étalonnage d'une solution d'hydroxyde de sodium

Le contrôle qualité du lait est effectué à l'aide de la solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration en quantité de matière voisine de $0,05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Avant d'effectuer le contrôle qualité du lait, il convient de déterminer la valeur exacte de cette concentration c'est-à-dire qu'il faut étalonner la solution d'hydroxyde de sodium.

Pour cela on pèse avec précision une masse m d'hydrogénophthalate de potassium que l'on dose ensuite par la solution d'hydroxyde de potassium. L'équation de la réaction support du titrage s'écrit :



1. Mettre en œuvre le protocole donné dans le document 2 et compléter les deux premières colonnes du tableau ci-après.

Masse m d'hydrogénophthalate de potassium en g	Volume de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence V_{eq} (mL)

2. Établir la relation entre les quantités de matière à l'équivalence.
3. En déduire la formule littérale permettant de déterminer la concentration en quantité de matière C_b de la solution d'hydroxyde de sodium en fonction de la masse m , M la masse molaire de l'hydrogénophthalate de potassium pesée, et V_{eq} , le volume versé à l'équivalence.
4. Pour chaque essai, calculer la concentration en quantité de matière de la solution d'hydroxyde de sodium C_b ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) et estimer l'incertitude type associée à l'aide du document 3.
5. À l'aide du document n°5, vérifier la concordance des deux étalonnages et donner la valeur retenue pour concentration en quantité de matière de la solution d'hydroxyde de sodium

II. Titrage suivi par conductimétrie de l'acide lactique

On considère que le seul acide présent dans le lait est l'acide lactique noté dans la suite AH (aq).

6. Schématiser le dispositif permettant de réaliser le titrage de conductimétrique de $E = 20,0 \text{ mL}$ de lait par la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{HO}^- (\text{aq})$) étalonnée de concentration en quantité de matière molaire C_b ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$). Pour se placer dans le cadre des solutions diluées il faut ajouter 100 mL d'eau distillée.
 7. Mettre en place le titrage.
 8. Tracer la courbe représentant la conductance G en fonction du volume V de solution d'hydroxyde de sodium versé puis déterminer le volume à l'équivalence, V_{eq} .
 9. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.
 10. Exprimer la constante thermodynamique d'équilibre K_{eq} de la réaction de dosage. Calculer numériquement cette valeur à 25°C.
 11. Conclure sur la possibilité ou non que cette réaction puisse effectivement servir de support à un dosage.
 12. Justifier l'allure de la courbe de titrage.
 13. Calculer numériquement la concentration en quantité de matière de l'acide lactique dans l'échantillon de lait.
 14. En déduire la concentration en masse en acide lactique dans le lait.
- Ouvrir le fichier Python « TP incertitude à compléter ».
15. À l'aide du script, indiquer l'incertitude retenue pour le volume versé à l'équivalence.
 16. Expliquer les lignes 32 et 44.
 17. Modifier le fichier Python en utilisant les résultats expérimentaux et donner un encadrement de la concentration en masse en acide lactique.
 18. Conclure sur la fraîcheur du lait.