

TP X 8 DOSAGE CONDUCTIMETRIQUE

EXERCICES

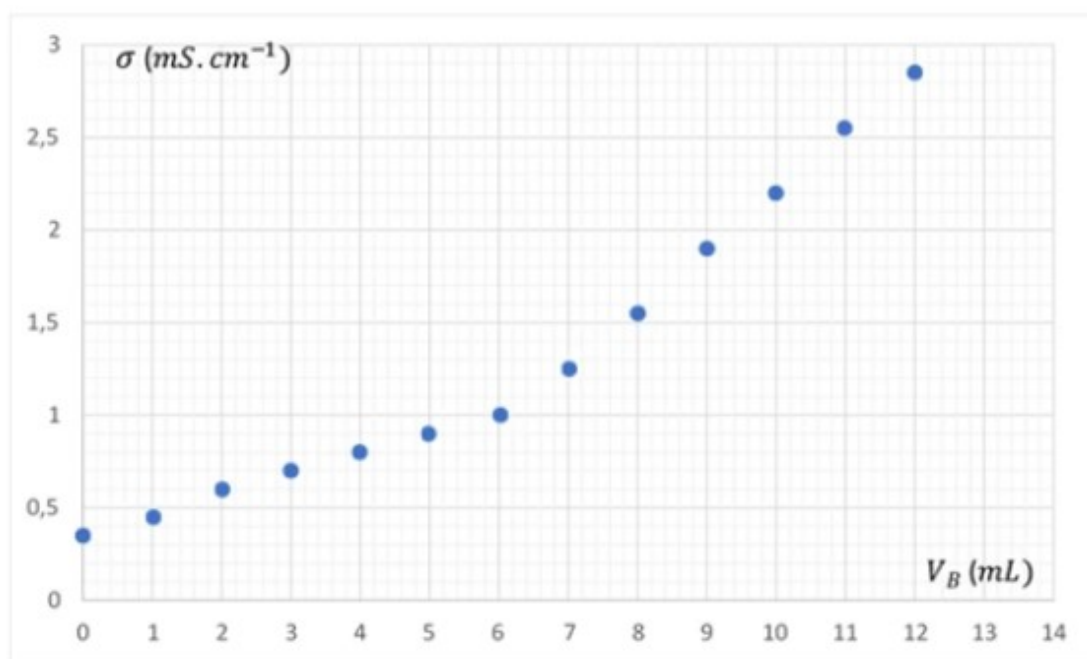
Exercice 1. Analyse du beurre

L'acide butanoïque est l'un des composés responsables de l'odeur très forte et du goût piquant de certains fromages et beurres rances. Un beurre est rance si son pourcentage massique en acide butanoïque est supérieur ou égal à 4%.

On analyse un beurre en suivant le mode opératoire suivant :

Dans un bécher, on introduit une masse $m_0 = 8,0$ g de beurre fondu auquel on ajoute un grand volume d'eau distillée, on obtient une solution S. On agite ensuite afin de dissoudre dans l'eau la totalité de l'acide butanoïque.

On plonge dans le bécher la sonde d'un conductimètre, puis on ajoute progressivement de la soude de concentration molaire $c_B = 4,0 \times 10^{-1}$ mol/L et on mesure après chaque ajout de solution titrante la conductivité de la solution. On obtient alors la courbe donnée ci-dessous :



Données : masses molaires en g/mol : H : 1,0 C : 12,0 O : 16,0

1. Rappeler la formule de Lewis de l'acide butanoïque et de l'ion butanoate, sa base conjuguée ;
2. Rappeler la formule de la soude.
3. Faire un schéma légendé du dispositif de titrage.
4. Ecrire l'équation de la réaction de titrage sachant que les couples mis en jeu sont ceux de l'acide butanoïque (noté AH) et un des deux couples de l'eau.
5. Justifier qualitativement l'allure de la courbe de titrage et en déduire le volume de soude versé à l'équivalence.
Donnée $\lambda_{HO^-} > \lambda_{A^-}$
6. Déterminer à l'aide du titrage la quantité de matière d'acide butanoïque dans la masse m_0 de beurre.
7. Le beurre est-il rance ?

Exercice2. Contrôle de la qualité d'un lait

Le lait de vache est un liquide biologique de densité 1,03. Il est constitué de 87% d'eau, 4,7% de lactose et de 3,5 à 4% de matières grasses (proportions en masse). Il renferme aussi de la caséine, des vitamines A et D, et des ions minéraux : calcium, sodium, potassium, magnésium, chlore... L'industrie laitière met en œuvre divers contrôles de qualité du lait, avant de procéder à sa transformation (production de yaourts par exemple) ou à sa commercialisation. Cet exercice est consacré à un de ces tests : le dosage de la teneur en ions chlorure.

Données :

Masses molaires atomiques.

élément	H	C	N	O	Na	Cl	Ag
$M \text{ (g.mol}^{-1}\text{)}$	1,0	12,0	14,0	16,0	23,0	35,5	107,9

Conductivités ioniques molaire à 25°C.

ion	Ag^+	Cl^-	NO_3^-
$\lambda \text{ (mS.m}^2\text{.mol}^{-1}\text{)}$	6,19	7,63	7,14

Document.

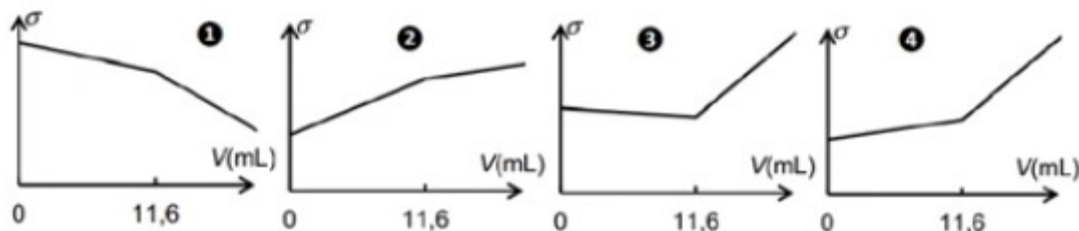
Pourquoi doser les ions chlorure dans le lait ?

La mammite est une maladie fréquente dans les élevages de vaches laitières. Il s'agit d'une inflammation de la mamelle engendrant la présence de cellules inflammatoires et de bactéries dans le lait. La composition chimique et biologique du lait est alors sensiblement modifiée. La concentration de lactose diminue, tandis que la concentration en ions sodium et en ions chlorure augmente. Cette altération du lait le rend impropre à la consommation. Dans le lait normal, la concentration massique en ions chlorure est comprise entre 0,8 g/L et 1,2 g/L. pour un lait « mammiteux », cette concentration est égale ou supérieure à 1,4 g/L.

Dans un laboratoire d'analyse, une technicienne titre un volume $V_L = 20,0 \text{ mL}$ de lait, mélangé à 200 mL d'eau distillée, par une solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+_{(aq)} + \text{NO}_3^-_{(aq)}$) de concentration molaire $c_t = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

Les ions argent réagissent avec les ions chlorure pour former un précipité de chlorure d'argent $\text{AgCl}_{(s)}$ selon l'équation $\text{Ag}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)} \rightarrow \text{AgCl}_{(s)}$. Le titrage est suivi par conductimétrie. Le volume versé à l'équivalence déterminé par la technicienne est $V_E = 11,6 \text{ mL}$.

1. Faire un schéma légendé du dispositif de titrage.
2. Parmi les représentations graphiques suivantes, quelle est celle qui représente l'allure de l'évolution de la conductivité σ du mélange en fonction du volume V de solution nitrate d'argent versé ? Justifier soigneusement.



3. Le lait analysé est-il « mammiteux » ? Détailler soigneusement le raisonnement et les calculs.

Exercice 3. Analyse d'un beurre

Un beurre est rance si le titre massique d'acide butanoïque qu'il contient est supérieur ou égal à 4%.

On peut titrer l'acide butanoïque contenu dans le beurre de la façon suivante : On introduit une masse $m = 8,0$ g de beurre fondu. Auquel on ajoute une grande quantité d'eau distillée et on met sous agitation. On réalise le titrage suivi par conductimétrie avec une solution d'hydroxyde de sodium ($Na_{(aq)}^+ + HO_{(aq)}^-$) de concentration $C = 4,0 \times 10^{-1}$ mol/L.

L'équation de la réaction du support du titrage est la suivante $C_4H_8O_2(aq) + HO_{(aq)}^- \rightarrow C_4H_7O_2^-(aq) + H_2O_{(liq)}$

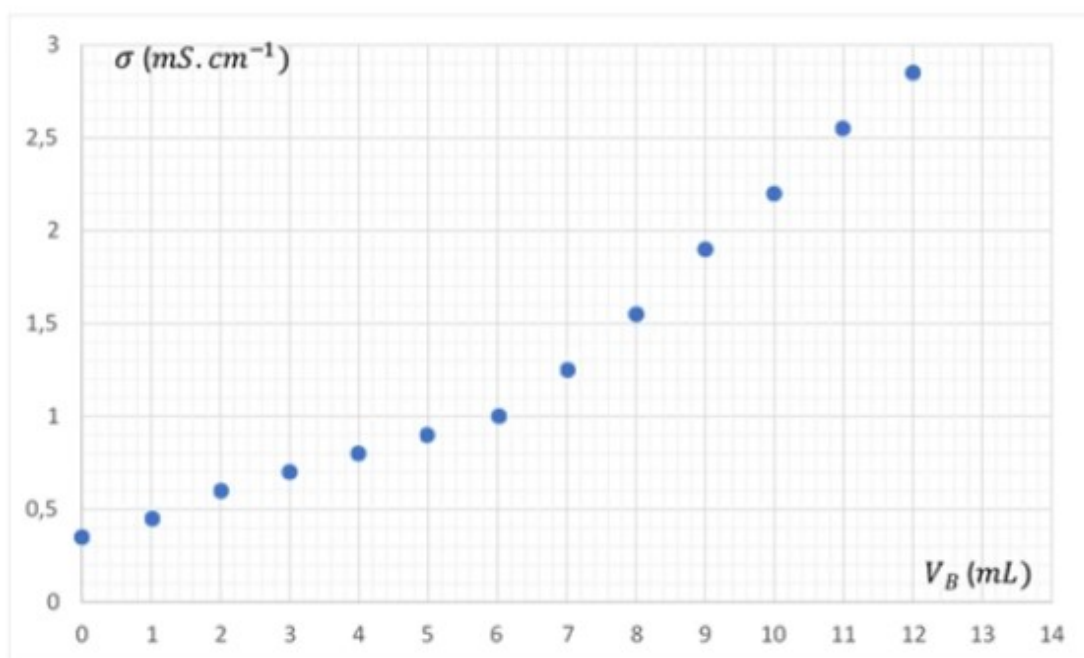
Données :

Masse molaire de l'acide butanoïque $M = 88,0$ g/mol ;

Conductivités ioniques molaires $mS.m^2.mol^{-1}$.

HO^-	Na^+	$C_4H_7O_2^-(aq)$
19,8	5,01	Environ 3

- Schématiser le dispositif de titrage en précisant le réactif titré et le réactif titrant.
- Recopier le tableau d'avancement donné dans la vidéo. Le compléter.
On notera : $n_{A,i}$ la quantité de matière d'acide butanoïque initiale ;
 C la concentration en hydroxyde de sodium ;
 V_B le volume de solution de titrante versé
 V_e le volume de solution titrante versé à l'équivalence.
- Etablir la relation à l'équivalence entre $n_{A,i}$, C et V_e .
- On donne la courbe de titrage ci-dessous. Déterminer le volume à l'équivalence.



- Etudier l'évolution de la concentration de chaque ion avant et après équivalence.
- En utilisant la loi de Kohlrausch et les conductivités ioniques molaires, justifier l'évolution de pente de la courbe de suivi conductimétrique.
- Le beurre analysé est-il rance ?

Exercice 4. Etude d'une eau minérale

En période de fatigue, il est conseillé de boire des eaux riches en minéraux tels que le calcium et le magnésium. Elles permettent de satisfaire les besoins spécifiques de l'organisme en complément des apports alimentaires et d'assurer une hydratation de bonne qualité

1. Protocole expérimental :

On réalise le titrage suivi par conductimétrie d'un volume $V_{\text{Hépar}} = 10,0 \text{ mL}$ d'eau minérale Hépar avec une solution titrante d'oxalate d'ammonium ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{NH}_4^+$) à la concentration $C_0 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$.

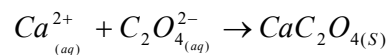
2. Etiquette d'une bouteille d'eau minérale Hépar:

LE MAGNÉSIUM À SA SOURCE		
Minéralisation caractéristique en mg/L		
Magnésium	1530	Plus de 75% des femmes adultes ont un déficit en magnésium*. Boire 1 litre d'HÉPAR, c'est couvrir 31 % des AR**.
Hydrogencarbonate	383,7	
Nitrate	4,3	* Source : Galan et al. J Am Diet Assoc. 2002. 102 : 1658-1662. ** Apport de référence
Calcium	549	1L d'HÉPAR vous apporte également 68% des AR** en calcium
Sodium	14,9	Convient pour un régime pauvre en sodium
Résidu sec à 180°C	2513	Eau minérale riche en minéraux

pH=7,2. Ne pas utiliser chez le nourrisson, sauf avis médical.
Convient aux femmes enceintes ou allaitantes.

3. Equation support du titrage:

Les ions calcium $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ réagissent avec les ions oxalate $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}_{(aq)}$ selon la réaction modélisée par l'équation :



4. Incertitude-type sur la mesure de la concentration en masse C_m en calcium:

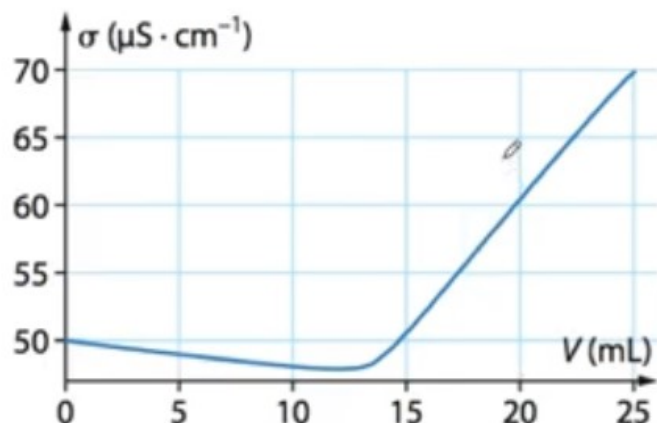
$$u(C_m) = C_m \times \sqrt{\left(\frac{u(C_0)}{C_0}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{Hépar}})}{V_{\text{Hépar}}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2}$$

La pipette jaugée utilisée permet d'estimer l'incertitude-type sur le volume d'eau Hépar titré : $u(V_{\text{Hépar}}) = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mL}$.
L'incertitude-type sur la concentration de la solution titrante est $u(C_0) = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$.

5. Inscription sur le haut d'une burette:



6. Courbe de titrage de l'eau Hépar:



Vous avez deux possibilités : version difficile où vous devez mener tout seul le raisonnement pour répondre à la question. Si vous ne savez pas quelle démarche mener, alors passez à la version accompagnée. Des questions vous mèneront à la réponse finale.

Version difficile.

A l'aide des documents et de vos connaissances, vérifier l'indication portée sur l'étiquette de la bouteille d'eau minérale Hépar concernant la concentration en ions calcium.

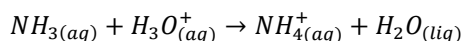
Effectuer toute la démarche nécessaire pour répondre à la question.

Version accompagnée.

1. A partir du document 6, déterminer le volume équivalent. Faire apparaître la méthode graphique.
2. Construire le dispositif du titrage et y faire apparaître toutes les données de l'énoncé que vous connaissez.
3. A partir de la réaction de dosage donnée dans le document 3, établir la relation à l'équivalence entre les quantités de matière des espèces titrantes et titrées.
4. En déduire la concentration en mole puis en masse des ions calcium.
On donne $M(\text{Ca}^{2+}) = 40,1 \text{ g/mol}$.
5. Calculer l'incertitude associée à $u(C_m)$
6. En déduire si l'indication portée sur l'étiquette de la bouteille d'eau minérale Hépar concernant la concentration en ions calcium est juste.

Exercice 5. Etude d'une eau minérale

L'ammoniaque peut être titrée par une solution d'acide chlorhydrique. La réaction support du titrage est la suivante :



On ajoute 150 mL d'eau distillée dans le bécher contenant la solution titrée. On ne tiendra pas compte de ce volume ajouté lors des calculs

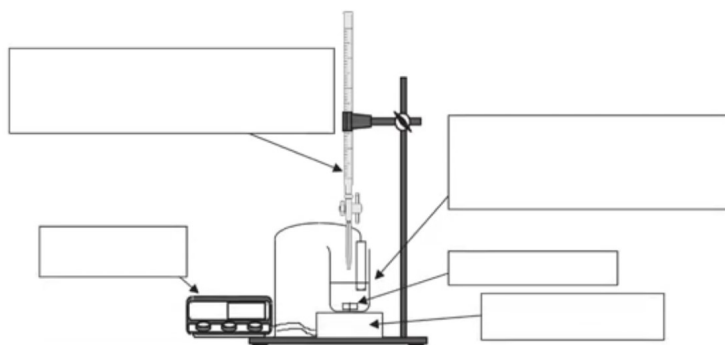
Données.

Masse molaire de l'ammoniac $M(\text{NH}_3) = 17,0 \text{ g/mol}$

Masse volumique de la solution d'ammoniaque commerciale $\rho = 0,97 \text{ g/mL}$

1. Compléter le schéma ci-contre pour réaliser le titrage conductimétrique des 50,0 mL de la solution S_{250} (+ 150 mL d'eau distillée) par une solution d'acide chlorhydrique de concentration en quantité de matière $C_A = 0,10 \text{ mol/L}$.
2. On réalise le titrage en relevant la valeur de la conductivité tous les 2,0 mL jusqu'à un volume total ajouté de 24,0 mL

A l'aide d'un tableur (ou d'une feuille de papier), tracer la conductivité en fonction du volume de solution d'acide chlorhydrique introduit et en déduire la valeur du volume versé à l'équivalence.



Volume (mL)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Conductivité σ (mS.cm ⁻¹)	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,26	0,29	0,33	0,37	0,41	0,45	0,49