

Exercice de révision pour le bac : chimie Contrôle de la qualité par dosage

L'exercice proposé permet de retravailler différentes notions du programme (énantiométrie, diagramme de prédominance, et dosage par titrage, avec une tâche complexe)

Afin de savoir si un lait de croissance 2^{ème} âge est frais, un technicien de laboratoire effectue les recherches documentaires suivantes, concernant l'origine de l'acidité du lait (doc. 1) et sa mesure par le degré Dornic (doc. 2).

Il réalise enfin le dosage préconisé, dont le protocole est précisé ci-dessous (doc. 3).

Document 1 L'acidité du lait

Le pH du lait dépend de son état de fraîcheur. Il est d'environ 6,7 pour un lait frais puis il diminue au cours du temps. L'acidité naturelle du lait est due à la présence de nombreuses espèces comme la caséine et des acides organiques, notamment l'acide lactique. La concentration d'acide lactique augmente au cours du temps. En effet, les bactéries qui prolifèrent transforment le lactose, un sucre présent dans le lait, en acide lactique.



Document 2 Le degré Dornic

Pierre Dornic (buste ci-contre), ingénieur agronome du XIX^{ème} siècle, a effectué de nombreuses recherches sur le lait et ses constituants.

Dans l'industrie laitière, l'acidité d'un lait n'est pas exprimée par son *pH* mais par son degré Dornic :

un degré Dornic ($^{\circ}D$) correspond à une concentration de $0,100 \text{ g.L}^{-1}$ d'acide lactique.



Document 3 Protocole de dosage de l'acide lactique d'un lait deuxième âge

- Prélèver $20,0 \text{ mL}$ de lait dans un bécher de 250 mL .
- Ajouter environ 100 mL d'eau pour que le pH-mètre soit bien immergé puis 3 gouttes d'indicateur coloré.
- Remplir une burette graduée avec une solution de soude, ou hydroxyde de sodium ($\text{Na}^{+}(\text{aq}) + \text{HO}^{-}(\text{aq})$) de concentration $C_B = 0,050 \text{ mol.L}^{-1}$.
- Verser lentement la solution d'hydroxyde de sodium sous agitation douce jusqu'à obtention d'une couleur rose persistante.
- La coloration persistante est observée pour un volume de $6,4 \text{ mL}$.



Présent sur le
flacon de
Soude

Données numériques et information utiles

- pK_A du couple acide lactique / ion lactate : $pK_A (\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 / \text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-) = 3,9$ à 25°C
- $M_{\text{acide lactique}} = 90 \text{ g.mol}^{-1}$
- On admettra que l'acidité du lait est uniquement due à l'acide lactique.

1. Étude de la molécule d'acide lactique

- 1.1. Sur la formule semi-développée de l'acide lactique, donnée en **annexe 1**, entourer et nommer les groupes caractéristiques présents.
- 1.2. Justifier que la molécule d'acide lactique soit chirale. Repérer en **annexe 2** l'atome responsable.
- 1.3. Représenter les deux énantiomères de l'acide lactique avec le modèle de Cram.

2. L'acide lactique dans l'eau

Par soucis de simplification, le couple acide lactique / ion lactate sera noté AH/A^- .

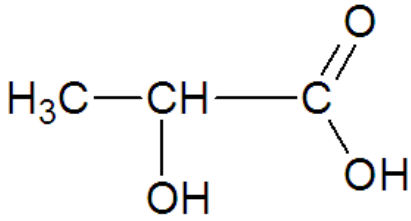
- 2.1. Donner la définition d'un acide au sens de Brønsted.
- 2.2. Écrire l'équation de la réaction chimique de l'acide lactique AH avec l'eau.
- 2.3. Exprimer la constante d'acidité K_A en fonction des concentrations des différentes espèces présentes.
- 2.4. Le pH d'un lait frais se situe autour de 6,5. Quelle est l'espèce prédominante du couple acide lactique/ion lactate ? Justifier à l'aide du diagramme de prédominance du couple AH/A^- .

3. Détermination du degré Dornic (se référer au protocole du document 3)

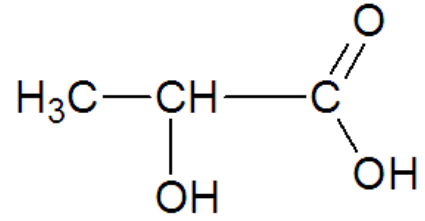
- 3.1. Indiquer la verrerie utilisée par le technicien pour prélever les 20,0 mL de lait.
- 3.2. Quelle est la signification du pictogramme indiqué sur la bouteille contenant la solution d'hydroxyde de sodium ? Quelle(s) précaution(s) le technicien doit-il prendre avant qu'il effectue son titrage ?
- 3.3. Au préalable, il a exploité un titrage pH-métrique d'une solution d'acide lactique de concentration connue afin de choisir l'indicateur coloré le plus adapté. En exploitant les annexes 2 et 3, choisir l'indicateur adapté au dosage ; **justifier** votre choix.
- 3.4. Écrire l'équation de la réaction support du titrage, permettant de doser l'acide lactique AH par les ions hydroxyde HO^- .
- 3.5. Quelle relation peut-on écrire entre la quantité d'acide lactique $n_{(AH)}$ et la quantité d'ions hydroxyde $n_{(OH^-),Eq}$ versée pour atteindre l'équivalence ?
- 3.6. En déduire l'expression de la concentration de l'acide lactique dans le lait c_{AH} en fonction des volumes V_{AH} , c_B et V_{BEq} .
- 3.7. Faire l'application numérique.
- 3.8. En exploitant les documents et le résultat précédent, déterminer le degré Dornic du lait dosé par le technicien et conclure sur la possibilité de consommer ce lait.

ANNEXE

Annexe 1 (Q.1.1.)

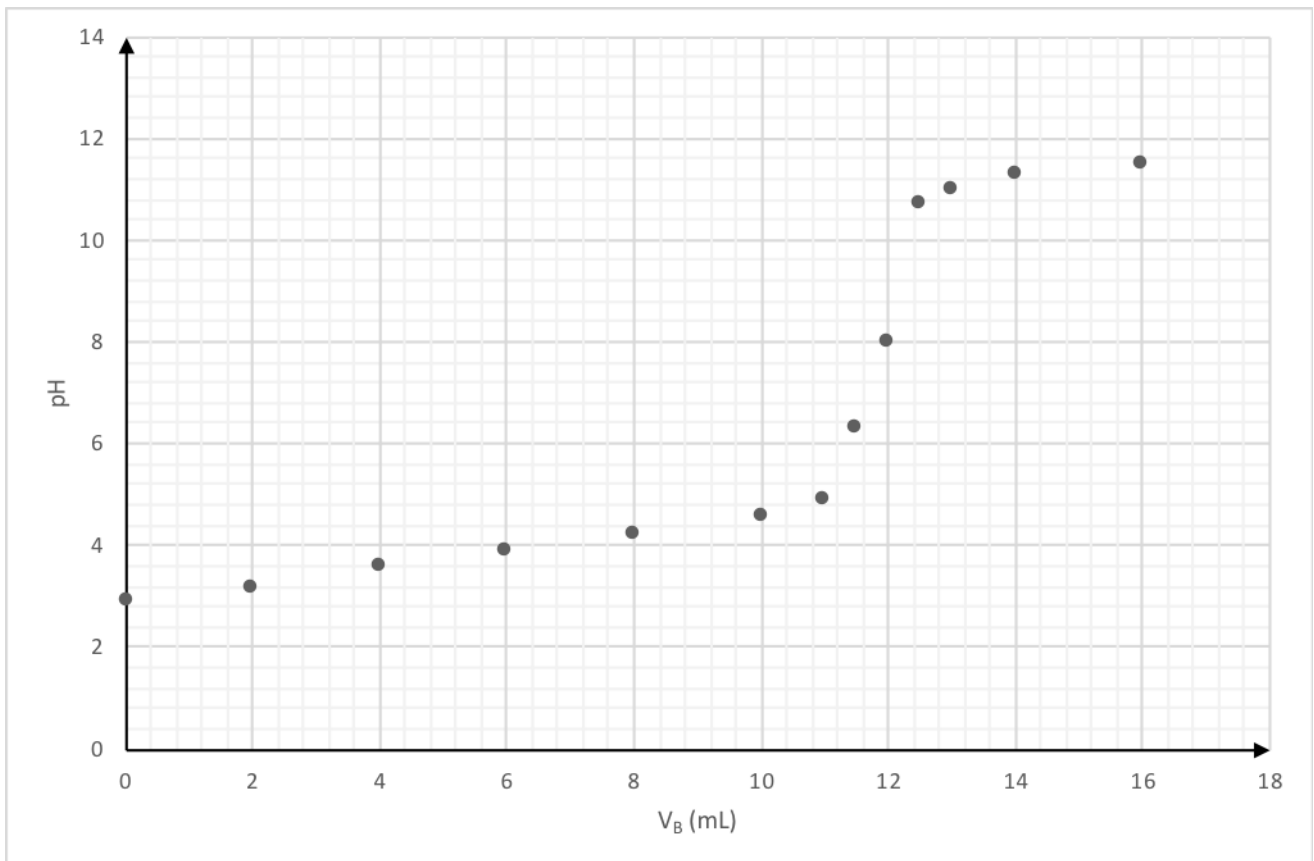


Annexe 2 (Q.1.2.)



Annexe 3

Courbe de titrage par suivi pH-métrique
d'une solution d'acide lactique par une solution de soude



Annexe 4

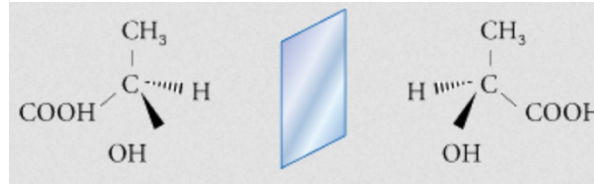
indicateurs colorés et leurs zones de virage

Indicateur coloré	Teinte de la forme acide	Zone de virage	Teinte de la forme basique
Hélianthine	rouge	3,1 < pH < 4,4	jaune
Bleu de bromothymol	jaune	6,0 < pH < 7,6	bleu
Phénolphtaléine	incolore	8,0 < pH < 10	rosé

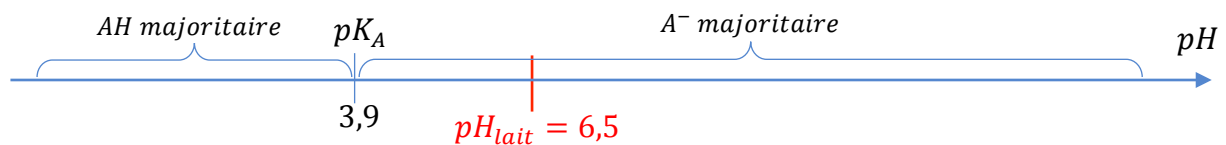
Justification du choix de l'indicateur coloré :

Correction

- 1.1. La molécule présente deux groupes caractéristiques : hydroxyle (OH) et carboxyle (COOH).
- 1.2. La molécule est chirale car elle possède un carbone asymétrique, attaché à 4 atomes ou groupes d'atomes différents (le deuxième atome du squelette carboné).
- 1.3. On représente les deux énantiomères en disposant le carbone asymétrique au centre, en configuration tétraédrique :



- 2.1. Un acide au sens de Bronsted est une espèce capable de céder un proton H^+ .
- 2.2. $HA + H_2O = A^- + H_3O^+$
- 2.3. $K_A = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH]}$
- 2.4. $pH > pK_A$: l'espèce basique A^- prédomine.
Rappel du diagramme de prédominance pour justifier la réponse :



- 3.1. Une pipette jaugée de 20,0 mL muni d'un pipeteur permet d'effectuer le prélèvement (dans un bécher, à partir d'une petite quantité du lait à doser).
- 3.2. Le pictogramme signifie que la soude est un produit corrosif. Des précautions s'imposent : lunettes, gants et blouse.
- 3.3. La phénolphtaléine est adaptée ici, car le pH_{Eq} est compris dans sa zone de virage. On rappelle que le pH à l'équivalence est obtenue par la méthode des tangentes.
- 3.4. $HA + HO^- \rightarrow A^- + H_2O$
- 3.5. à l'équivalence : $n_{(AH)} = n_{(OH^-),Eq}$
- 3.6. Conséquence de l'égalité précédente : $C_{AH} \cdot V_A = C_B \cdot V_{BEq}$
Ce qui conduit à la relation demandée : $C_{AH} = \frac{C_B \cdot V_{BEq}}{V_A}$
- 3.7. Application numérique : $C_{AH} = \frac{0,050 \times 6,4 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-3}} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$
- 3.8. La concentration massique en acide lactique s'obtient en multipliant la concentration molaire par la masse molaire : $C_m = M \times C_{AH} = 90 \times 1,6 \cdot 10^{-2} = 1,44 \text{ g} \cdot L^{-1} \approx 1,4 \text{ g} \cdot L^{-1}$ (disons 1,4 à 1,5 g/L).
D'après le document 2, le titre Dornic est tel que 1°D correspond à 0,1 g/L.
On en déduit que le lait a un titre de 14°D (14 à 15).

Ce lait est donc frais puisque la norme indiquée dans le document 2 prévoit une acidité inférieure à 18°D, ce qui est le cas ici.