



## Contrôle de la qualité d'un lait

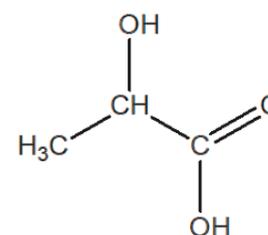
### Mots clés

groupes caractéristiques, stéréoisomérisation, dosage par titrage ph-métrique, indicateurs colorés, simulation phyton.

Avant de procéder à la transformation du lait (production de yaourts par exemple) ou à sa commercialisation, l'industrie laitière met en œuvre divers contrôles de qualité du lait, notamment le dosage de son acidité liée à la présence d'acide lactique.

### 1) Étude de l'acide lactique

La formule semi-développée de l'acide lactique ou acide 2-hydroxypropanoïque est la suivante :



1.1. Représenter la molécule d'acide lactique en formule topologique.

1.2. Entourer les groupes caractéristiques présents dans la molécule et nommer les fonctions correspondantes.

1.3. Repérer par un astérisque « \* » l'atome ou les atomes de carbone asymétrique(s) sur la formule topologique.

1.4. Donner la représentation de Cram d'un des stéréoisomères.

1.5. Définir le terme « couple d'énantiomères ».

1.6. Dessiner l'énantiomère du stéréoisomère de la question 1.4.

### 2) Dosage de l'acidité du lait

Un technicien dose l'acidité d'un lait selon la méthode Dornic.

#### Document 1 : la méthode Dornic

- Prélever  $V = 10,00$  mL de lait et les introduire dans un erlenmeyer.
- Ajouter 2 gouttes d'un indicateur coloré acido-basique bien choisi.
- Remplir la microburette de 5,00 mL de solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ ) de concentration en quantité de matière  $C_B = 0,111 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , appelée « soude Dornic ». Ajuster le niveau du liquide au niveau zéro de la microburette.
- Placer alors l'erlenmeyer sous la microburette.
- Agiter afin d'homogénéiser le mélange.
- Verser goutte à goutte la solution d'hydroxyde de sodium dans l'erlenmeyer en agitant le mélange jusqu'à obtenir le virage de l'indicateur coloré.

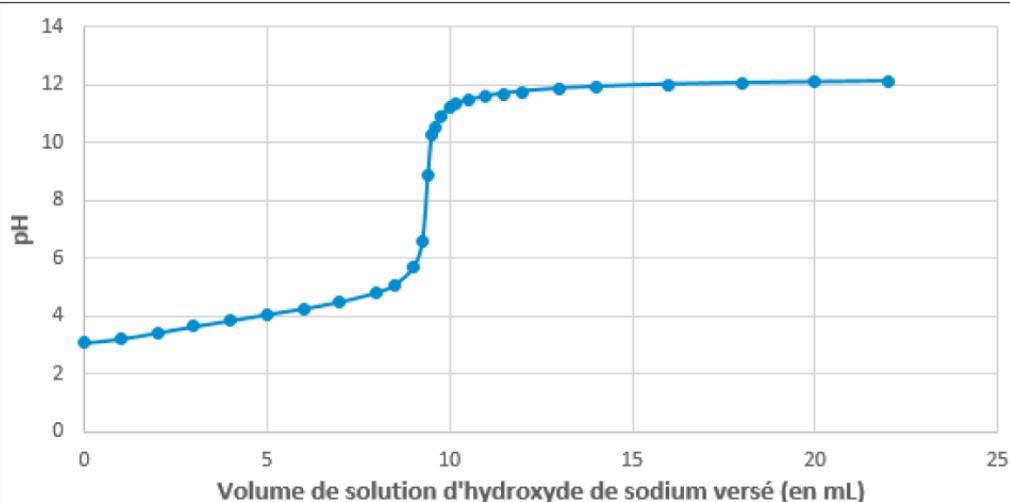
#### Données :

- $pK_A$  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  $25^\circ\text{C}$  ;
- Masses molaires atomiques :

$$M(\text{H}) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} ; M(\text{C}) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} ; M(\text{O}) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

- 2.1.** Faire un schéma légendé du montage et indiquer les espèces chimiques mises en jeu dans la méthode Dornic pour réaliser le dosage.
- 2.2.** Écrire l'équation de la réaction support du titrage, en supposant que le seul acide présent dans le lait est l'acide lactique.
- 2.3.** Indiquer l'indicateur coloré choisi parmi ceux du document 3 pour la méthode Dornic à l'aide des documents 2 et 3. Si plusieurs indicateurs sont possibles, justifier votre choix.

**Document 2 : exemple de courbe de titrage d'une solution d'acide lactique par une solution d'hydroxyde de sodium**



Courbe de titrage suivie par pH-métrie de 10,00 mL d'une solution d'acide lactique à environ  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  par une solution d'hydroxyde de sodium à  $0,111 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . De l'eau distillée a été ajoutée de façon à immerger les électrodes.

**Document 3 : informations sur quelques indicateurs colorés acido-basiques usuels**

Indicateur coloré	Teinte de la forme acide	Zone de virage	Teinte de la forme basique	Pictogrammes
Jaune de méthyle	rouge	$2,9 < \text{pH} < 4,0$	jaune	
Hélianthine	rouge	$3,1 < \text{pH} < 4,4$	jaune	
Bleu de thymol	jaune	$8,0 < \text{pH} < 9,6$	bleu	
Phénolphtaléine	incolore	$8,2 < \text{pH} < 10,0$	rosé	

**2.4.** Afin de déterminer l'incertitude sur la valeur de la concentration en masse de l'acide lactique dans le lait, une simulation est réalisée, utilisant le langage de programmation Python, dont le début du script est donné ci-dessous. L'incertitude  $u(V)$  sur le volume de prise d'essai est de 0,02 mL, l'incertitude relative  $\frac{u_{C1}}{C1}$  sur la concentration  $C1$  de la solution titrante est de 0,5 % et on estime que l'incertitude  $U_{vE}$  sur le volume équivalent est de 0,05 mL.

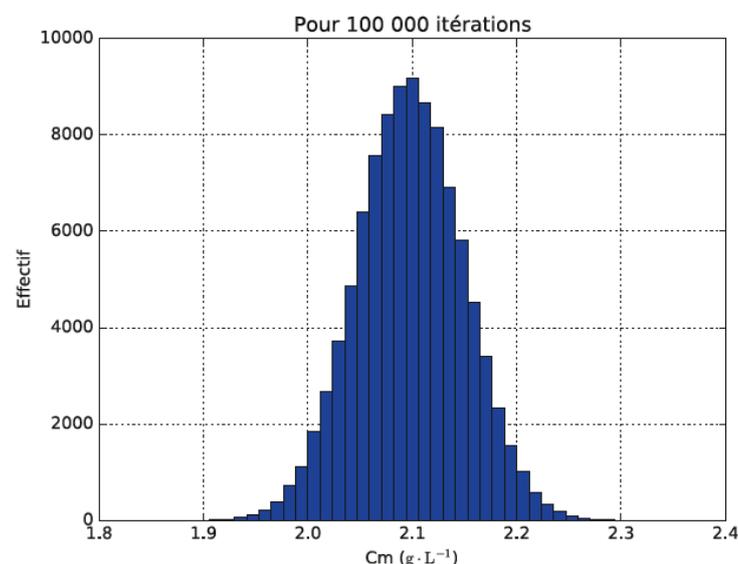
```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 # Renvoie une valeur aléatoire
5 #   du volume V, d'incertitude-type u_V, en mL
6 def V_mes():
7     V = 10                # Volume de la pipette
8     u_V = 0.02           # Incertitude-type
9     tirage=np.random.normal() # Tirage aléatoire (loi normale)
10    return V + u_V*tirage
11
12 # Renvoie une valeur aléatoire de la concentration
13 #   en quantité de matière C1, d'incertitude-type u_C1, en mol/L
14 def C1_mes():
15     C1 = 0.111 #mol/L    # Concentration de la solution titrante
16     u_C1 = 0.5/100*C1   # Incertitude-type
17     tirage=np.random.normal() # Tirage aléatoire (loi normale)
18     return C1 + u_C1*tirage
19
20 # Renvoie une valeur aléatoire
21 #   du volume à l'équivalence VE, d'incertitude-type u_VE, en mL
22 def VE_mes():
23     # À compléter
24
```

Écrire la fonction **VE\_mes()** figurant dans le script Python à partir de la ligne 22, qui permet de simuler une valeur du volume à l'équivalence.

**2.5.** La simulation fournit un histogramme de la distribution des valeurs possibles de concentration en masse  $C_m$  en acide lactique dans le lait pour le dosage réalisé (voir document 4).

- En utilisant les documents 4 et 5, indiquer si le lait est frais. Justifier précisément la réponse.

#### Document 4 : histogramme de la distribution



Moyenne des  $C_m$  :  $2,10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$   
 $u(C_m) = 0,05 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$

#### Document 5 : l'échelle d'acidité Dornic

Un lait frais est légèrement acide, son pH est compris entre 6,6 et 6,8. Cependant, le lactose subit naturellement une dégradation biochimique progressive sous l'effet des bactéries, et il se transforme en acide lactique. En conséquence, plus le pH du lait est faible et moins il est frais.

L'industrie laitière utilise le degré Dornic pour quantifier l'acidité d'un lait. Cette unité doit son nom à Pierre Dornic (1864 – 1933), ingénieur agronome français. Un degré Dornic ( $1^\circ\text{D}$ ) correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait.

Pour être considéré comme frais, un lait doit avoir une acidité inférieure ou égale à  $18^\circ\text{D}$ . Entre  $18^\circ\text{D}$  et  $40^\circ\text{D}$ , le lait caille (il « tourne ») lorsqu'on le chauffe ; c'est la caséine qui floccule. Au-delà de  $40^\circ\text{D}$ , il caille à température ambiante.

Les yaourts ont une acidité Dornic généralement comprise entre  $80^\circ\text{D}$  et  $100^\circ\text{D}$ .

Tableau de correspondance entre acidité Dornic et pH du lait :

Acidité Dornic ( $^\circ\text{D}$ )	pH
Inférieure à 18	Entre 6,6 et 6,8
20	6,4
24	6,1

**2.6.** Lorsque l'on utilise la soude Dornic pour doser un lait de  $18^\circ\text{D}$ , le volume équivalent est de 1,80 mL. En déduire l'intérêt pratique à choisir de la soude Dornic pour mesurer l'acidité d'un lait.