

**1.1. (0,5)** D'après les données : - le pH d'un lait, même non frais, est supérieur à 5,2.  
- le  $pK_a$  du couple acide lactique / ion lactate :  $pK_a (C_3H_6O_3 / C_3H_5O_3^-) = 3,9$   
Ainsi, quelle que soit la fraîcheur du lait, le  $pH > pK_a$  (acide lactique / ion lactate) donc l'ion lactate est l'espèce prédominante du couple acide/base.

**1.2. (0,25)** On utilise une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ( $Na^{+}_{(aq)} + HO^{-}_{(aq)}$ ) pour doser l'acidité du lait : **l'espèce titrante est donc la base  $HO^-$ .**

D'après l'énoncé : *On admettra que l'acidité du lait est uniquement due à l'acide lactique.*

Donc **l'espèce titrée est l'acide lactique  $C_3H_6O_3$ .**

L'équation de la réaction support du titrage est donc :  $C_3H_6O_{3(aq)} + HO^{-}_{(aq)} \rightarrow C_3H_5O_{3^{-}(aq)} + H_2O$

**1.3. (0,25)** Un indicateur coloré convient à un titrage pH-métrique si le pH à l'équivalence est inclus dans la zone de virage de l'indicateur coloré.

D'après la courbe de titrage pH-métrique similaire donnée, le pH à l'équivalence est environ égal à 8 ce qui confirme le choix de la phénolphtaléine (les deux autres indicateurs changeraient de teinte avant l'équivalence).

**Remarque :** la courbe de titrage n'étant pas en ANNEXE, elle n'était pas à rendre et donc la détermination rigoureuse du pH à l'équivalence par la méthode des tangentes parallèles est non exigée ici. De plus, la taille de la courbe n'aurait pas permis une détermination précise.

**1.4. (0,25)** La phénolphtaléine appartient à un couple acide/base dont les deux formes ont une couleur différente. Sa forme acide réagit donc avec la base  $HO^-$  lors du titrage et augmente donc légèrement le volume à l'équivalence.

Il est ainsi nécessaire d'en verser très peu (« 2 gouttes ») pour ne pas fausser le titrage.

**1.5. (1)** Pour savoir si le lait dosé est frais, il faut déterminer son degré Dornic (c'est-à-dire la masse d'acide lactique dans un litre de lait) et donc exploiter les résultats du titrage réalisé par le technicien.

**Récapitulatif :**

Espèce titrée : acide lactique du lait

Espèce titrante : l'ion hydroxyde

Volume titré :  $V_{titré} = 10,0 \text{ mL}$

Volume versé à l'équivalence :  $V_E = 2,1 \pm 0,1 \text{ mL}$

Concentration molaire  $C_A$  inconnue

Concentration molaire  $C_B = 0,111 \text{ mol.L}^{-1}$

L'équivalence d'un titrage est définie par le changement de réactif limitant.

À l'équivalence, le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stoechiométriques de l'équation de titrage : il n'en reste donc plus.

On peut donc écrire : 
$$\frac{n(\text{acide lactique})_{titré}}{1} = \frac{n(HO^-)_{versé}}{1}$$

$$\text{Soit } C_A \cdot V_{titré} = C_B \cdot V_E$$

$$\Leftrightarrow C_A = \frac{C_B \cdot V_E}{V_{titré}} \quad (\text{concentration molaire})$$

Or la concentration massique  $t$  et la concentration molaire sont liées par la relation :  $t = C_A \cdot M_A$

$$\text{Donc : } t = \frac{C_B \cdot V_E}{V_{\text{titré}}} \cdot M(\text{acide lactique})$$

$$\text{AN : } t = \frac{0,111 \times 2,1}{10,0} \times (3 \times 12,0 + 6 \times 1,0 + 3 \times 16,0) = \mathbf{2,1 \text{ g.L}^{-1}}$$

D'après la définition du degré Dornic, le lait titré a une acidité de **21 °D**.

Il n'est donc **pas frais** car son acidité Dornic est **supérieure à 18 °D**.

**1.6. (0,5)** On peut être étonné de la valeur particulière de la concentration de la soude Dornic ( $0,111 \text{ mol.L}^{-1}$ ) mais celle-ci a été choisie pour déterminer facilement l'acidité Dornic : en effet, comme  $C_B \cdot M(\text{acide lactique}) = 10$ , on constate que pour un volume à l'équivalence de 2,1 mL, la concentration massique en acide lactique est  $2,1 \text{ g.L}^{-1}$  et donc son acidité Dornic est 21 °D.

En titrant avec de la soude Dornic, il suffit de multiplier le volume à l'équivalence par 10 pour déterminer l'acidité Dornic ce qui est fort pratique.

## 2. Détermination de la teneur en ions chlorure

**2.1. (0,25)** Espèce titrée : les ions chlorure  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$       Espèce titrante : les ions argent  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$

L'équation support du titrage est :  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{AgCl}_{(\text{s})}$

**2.2. (1)** Le changement de pente correspond à l'équivalence, c'est-à-dire au changement de réactif limitant.

**Avant l'équivalence** : A chaque fois qu'un ion  $\text{Cl}^-$  réagit avec un ion  $\text{Ag}^+$ , un ion spectateur  $\text{NO}_3^-$  tombe dans le bécher. C'est comme si un ion  $\text{NO}_3^-$  remplaçait un ion  $\text{Cl}^-$ . Comme les ions  $\text{Cl}^-$  ont une meilleure conductivité molaire ionique ( $\lambda(\text{Cl}^-) > \lambda(\text{NO}_3^-)$ ), la conductivité  $\sigma$  du milieu diminue. On obtient ici une droite de pente négative.

**Après équivalence**: Il n'y a plus d'ions  $\text{Cl}^-$ . La concentration en ion  $\text{Ag}^+$  et  $\text{NO}_3^-$  augmente donc la conductivité augmente. On obtient une droite de pente positive.

**Conclusion** : c'est la proposition 3 qui convient pour ce titrage.

**2.3. (1)** Pour déterminer si le lait est mammiteux, il faut déterminer sa concentration massique en ions chlorure en exploitant les résultats du titrage.

**Récapitulatif :**

*Espèce titrée : les ions chlorure  $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$*

*Espèce titrante : les ions argent  $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$*

*Volume titré :  $V_{\text{titré}} = 20,0 \text{ mL}$*

*Volume versé à l'équivalence :  $V_E = 11,6 \pm 0,1 \text{ mL}$*

*Concentration  $C_1$  inconnue*

*Concentration  $C_2 = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$*

D'après la définition de l'équivalence (cf 1.5.) : À l'équivalence :  $\frac{n(\text{Cl}^-)_{\text{titré}}}{1} = \frac{n(\text{Ag}^+)_{\text{versé}}}{1}$

$$\text{Soit } C_1 \cdot V_{\text{titré}} = C_2 \cdot V_E \Leftrightarrow C_1 = \frac{C_2 \cdot V_E}{V_{\text{titré}}} \quad (\text{concentration molaire})$$

$$\text{Or } t = C \cdot M \quad \text{donc } t = \frac{C_2 \cdot V_E}{V_{\text{titré}}} \cdot M(\text{Cl}^-)$$

$$\text{A.N. : } t = \frac{5,00 \times 10^{-2} \times 11,6 \times 35,5}{20,0} = 1,03 \text{ g.L}^{-1}$$

Le lait étudié **n'est donc pas «mammiteux»** car sa concentration massique en ions chlorure est comprise entre  $0,8 \text{ g.L}^{-1}$  et  $1,2 \text{ g.L}^{-1}$ .