



$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ final}}}{V_{\text{solution}}} = \frac{x}{V}$$

$$[\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-]_{\text{éq}} = \frac{n_{\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^- \text{ final}}}{V_{\text{solution}}} = \frac{x}{V} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$$

$$[\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3]_{\text{éq}} = \frac{n_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \text{ final}}}{V_{\text{solution}}} = \frac{CV - x}{V} = C - \frac{x}{V} = C - [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$$

En reportant les 2 derniers résultats dans l'expression du  $K_A$ , on obtient :

$$K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} \times [\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-]_{\text{éq}}}{(C - [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}) \times c^0}$$

c'est-à-dire : 
$$K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}^2}{(C - [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}) \times c^0}$$

5.  $[\text{H}_3\text{O}^+] = c^0 \times 10^{-\text{pH}} = 1 \times 10^{-3,03} = 9,33 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$

6. Si la transformation était totale, alors dans l'état final, un des réactifs au moins serait totalement consommé.

$$\Rightarrow n_{\text{HNO}_3 \text{ final}} = 0 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow CV - x_{\text{max}} = 0$$

$$\Rightarrow x_{\text{max}} = CV$$

Or  $x_f = n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ final}} = [\text{H}_3\text{O}^+]_f \times V$

On en déduit le taux d'avancement final :  $\tau_f = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C} = \frac{9,33 \times 10^{-4}}{8,00 \times 10^{-3}} = 0,12$

$\tau_f < 1 \Rightarrow$  la transformation de l'acide lactique avec l'eau n'est pas totale.

L'acide lactique n'est donc pas un acide fort.

7. 
$$K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}^2}{(C - [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}) \times c^0} = \frac{(9,33 \times 10^{-4})^2}{(8,00 \times 10^{-3} - 9,33 \times 10^{-4}) \times 1} = 1,23 \times 10^{-4}$$

$$\text{p}K_A = -\log K_A = -\log (1,23 \times 10^{-4}) = 3,91$$

8. Avec les valeurs indiquées dans l'énoncé, on écrira donc<sup>1</sup> :  $\text{p}K_{\text{Am}} = 3,872 \pm 0,027$

9. Pour un couple Acide/Base donné, 
$$\text{pH} = \text{p}K_A + \log \left( \frac{[\text{Base}]_{\text{éq}}}{[\text{Acide}]_{\text{éq}}} \right)$$

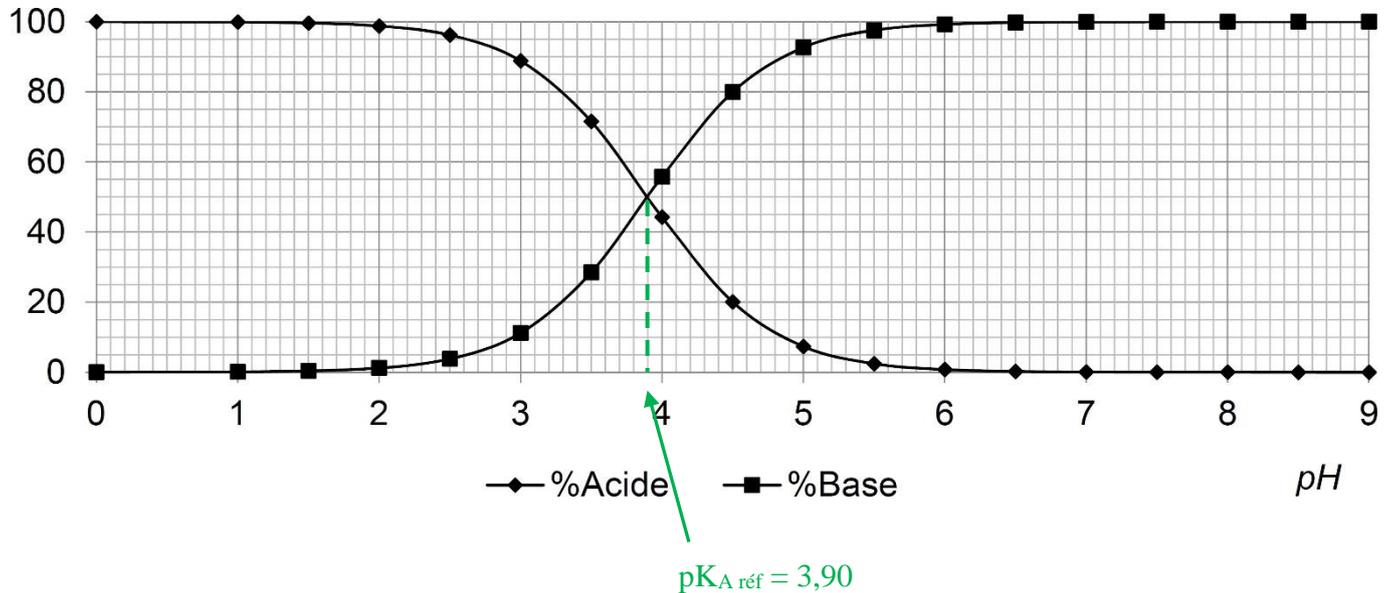
À l'intersection des 2 courbes, %Acide = %Base  $\Rightarrow [\text{Acide}]_{\text{éq}} = [\text{Base}]_{\text{éq}}$

<sup>1</sup> Conformément aux préconisations du rapport "Mesure et incertitudes" (version 2021), p.34-35, sur le site Éduscol : <https://eduscol.education.fr/document/7067/download>

$$\Rightarrow \text{pH} = \text{pK}_A + \log 1$$

$$\Rightarrow \text{pH} = \text{pK}_A$$

Le  $\text{pK}_A$  d'un couple Acide/Base correspond donc à la valeur du pH pour lequel les courbes %Acide et %Base se croisent.



Graphiquement, on retrouve bien  $\text{pK}_{A \text{ réf}} = 3,90$ .

$$10. \frac{|\text{pK}_{A_m} - \text{pK}_{A_{\text{réf}}}|}{u(\text{pK}_{A_m})} = \left| \frac{3,87 - 3,90}{0,027} \right| = 1,1$$

$$\Rightarrow \frac{|\text{pK}_{A_m} - \text{pK}_{A_{\text{réf}}}|}{u(\text{pK}_{A_m})} < 2$$

Il y a moins de 2 incertitudes-types entre le résultat expérimental et la valeur de référence, donc le résultat obtenu est satisfaisant.

## **B. Estérification de l'acide lactique**

$$1. v_{f, \text{ester}} = \frac{d[\text{ester}]}{dt}$$

$$2. v_{f, \text{ester}} = \frac{d[\text{ester}]}{dt} = \frac{d\left(\frac{n_{\text{ester}}}{V}\right)}{dt} = \frac{1}{V} \times \frac{dn_{\text{ester}}}{dt} \quad \text{car } V \text{ ne dépend pas de } t$$

$\Rightarrow$  Graphiquement,  $v_{f, P}(t_1) = \frac{1}{V} \times \left(\frac{dn_{\text{ester}}}{dt}\right)_{t_1}$  est égale au coefficient directeur de la tangente à la courbe  $n_{\text{ester}} = f(t)$  au point d'abscisse  $t_1$ , divisé par  $V$

Or  $V$  est constant, et d'après le graphique, le coefficient directeur de la tangente à la courbe (b)  $n_{\text{ester}} = f(t)$  diminue au cours du temps.  
Donc la vitesse d'apparition de l'ester diminue au cours du temps.

3. L'acide sulfurique est un catalyseur car c'est une espèce chimique qui diminue la durée de la transformation chimique, sans figurer dans l'équation-bilan comme réactif.
4. L'état final n'est pas atteint pour l'expérience (a) au bout de 350 min car  $n_{\text{ester}}$  n'a pas encore atteint sa valeur finale (qui doit être la même que pour l'expérience b car le catalyseur ajouté dans l'exp. b ne modifie pas l'état d'équilibre final).