

TERMINALE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · CONSTITUTION ET TRANSFORMATIONS DE LA MATIÈRE · CHAPITRE 7



R. RINGUET · 2026 – 2027

Contrôle A Sens d'évolution spontanée

Équilibre chimique, taux d'avancement final, quotient de réaction, constante d'équilibre, critère d'évolution

Durée : 1 h · calculatrice autorisée · 4 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : /20

★ CONSIGNES

Toute réponse est justifiée ; une expression littérale est attendue avant chaque application numérique, et les résultats sont donnés avec leur unité et un nombre adapté de chiffres significatifs. Formulaire : $[\text{H}_3\text{O}^+] = c^\circ \times 10^{-\text{pH}}$ • activité d'un soluté : $[X]/c^\circ$; activité d'un solide ou du solvant : 1 • taux d'avancement final $\tau = x_f/x_{\text{max}}$ • critère d'évolution spontanée : $Q_{r,i} < K$ sens direct, $Q_{r,i} > K$ sens inverse.

Exercice 1 Questions de cours

5 pts ●○○

- 1.1** Définir l'état d'équilibre d'un système chimique et préciser ce que l'on entend par *équilibre dynamique*. Définir le taux d'avancement final et dire à quelle condition une transformation est totale.
- 1.2** Écrire l'expression du quotient de réaction associé à chacune des deux équations $\text{Zn}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{HO}^-(\text{aq})$ et $\text{HCOOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCOO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, en justifiant les activités retenues.
- 1.3** Pour chaque affirmation, recopier la seule proposition exacte.
- a) Si $Q_{r,i} > K$, le système évolue :
- a) ☐ dans le sens direct b) ☐ dans le sens inverse
- c) ☐ jusqu'à ce que $Q_r = 0$ d) ☐ pas du tout
- b) Une transformation est totale si :
- a) ☐ $\tau = 0$ b) ☐ $\tau < 1$ c) ☐ $\tau = 1$ d) ☐ $K = 1$
- c) Le quotient de réaction Q_r :
- a) ☐ est en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ b) ☐ est sans unité c) ☐ vaut toujours K d) ☐ est constant
- d) La constante d'équilibre K dépend :
- a) ☐ de la composition initiale b) ☐ du volume du mélange
- c) ☐ de la température d) ☐ du catalyseur utilisé
- 1.4** Indiquer si chaque affirmation est vraie ou fausse, et justifier en une phrase.
- a) Dans l'état d'équilibre, les réactions directe et inverse sont arrêtées.
- b) La quantité de solide présente au fond du bécher n'intervient pas dans le quotient de réaction.
- c) À conditions initiales comparables, plus la constante d'équilibre est grande, plus le taux d'avancement final est proche de 1.

Exercice 2 L'acide lactique du lait

5 pts ●●○

Lorsque le lait tourne, le lactose qu'il contient se transforme en acide lactique $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$. On dissout $n_0 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ d'acide lactique dans de l'eau distillée et on complète à $V = 100,0 \text{ mL}$; le pH de la solution obtenue vaut 3,0 à 25 °C. La transformation est modélisée par $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$.

■ DONNÉES $c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

- 2.1 Calculer la concentration c_0 en acide lactique apporté, puis dresser le tableau d'avancement de la transformation en concentrations (on notera x_{vol} l'avancement volumique, en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$).
- 2.2 Déterminer $[\text{H}_3\text{O}^+]$ dans l'état final, en déduire $x_{\text{vol},f}$ et $x_{\text{vol},\text{max}}$, puis le taux d'avancement final τ . Conclure.
- 2.3 Écrire l'expression du quotient de réaction, puis calculer la constante d'équilibre K à 25°C .
- 2.4 On prépare une solution cent fois plus diluée, de concentration $c'_0 = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. La constante d'équilibre est-elle modifiée ? Justifier.
- 2.5 Montrer que l'avancement volumique final x' de cette nouvelle solution vérifie $x'^2 + 1,1 \times 10^{-4} x' - 1,1 \times 10^{-8} = 0$, puis le calculer. En déduire le nouveau taux d'avancement final et le pH de la solution diluée ; commenter l'effet de la dilution.

Exercice 3 Prévenir les calculs rénaux

5 pts ●●○

La plupart des calculs rénaux sont constitués d'oxalate de calcium CaC_2O_4 , solide très peu soluble dont la solubilité dans l'eau vaut $s = 4,8 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ à 37°C .

■ DONNÉES $c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

- 3.1 Écrire l'équation de la réaction de dissolution de l'oxalate de calcium dans l'eau, l'expression de son quotient de réaction, puis établir la relation entre K et s et calculer K à 37°C .
- 3.2 L'urine d'un patient contient $[\text{Ca}^{2+}] = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et $[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 3,0 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Calculer Q_r et conclure sur le risque de formation d'un calcul.
- 3.3 Un régime pauvre en oxalates fait passer la concentration en ions oxalate à $1,0 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, la concentration en ions calcium restant inchangée. Le risque subsiste-t-il ?
- 3.4 Déterminer la concentration maximale en ions oxalate tolérable, pour $[\text{Ca}^{2+}] = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, afin qu'aucun dépôt ne puisse se former.
- 3.5 On conseille surtout de boire abondamment, ce qui dilue l'urine d'un facteur f (les deux concentrations de la question 3.2 étant divisées par f). Déterminer la valeur minimale de f écartant tout risque.

Exercice 4 L'arôme de banane s'hydrolyse

5 pts ●●○

L'éthanoate de 3-méthylbutyle, noté E, est l'arôme de banane des bonbons. En présence d'eau et d'un catalyseur acide, il s'hydrolyse selon $\text{E}(\text{l}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(\text{l}) + \text{A}(\text{l})$, où A désigne le 3-méthylbutan-1-ol. On introduit, à 80°C , 1,00 mol d'ester E et 1,00 mol d'eau, avec quelques gouttes d'acide sulfurique ; les quantités de matière sont suivies au cours du temps (figure 1).

- 4.1 Dresser le tableau d'avancement et déterminer l'avancement maximal x_{max} . Relever sur la figure 1 les quantités de matière dans l'état final, en déduire l'avancement final puis le taux d'avancement final τ .
- 4.2 Écrire l'expression du quotient de réaction (le mélange est homogène, de volume V) et calculer la constante d'équilibre K de l'hydrolyse à 80°C .
- 4.3 Montrer que l'avancement final vérifie $x_f^2 = K(1,00 - x_f)^2$, puis retrouver par le calcul la valeur lue sur la figure.
- 4.4 On part maintenant de 1,00 mol d'acide éthanoïque et de 1,00 mol de 3-méthylbutan-1-ol, à la même température. Déterminer la constante d'équilibre de la réaction d'estérification, puis la quantité d'ester présente dans l'état final. Comparer à la question 4.1 et commenter.

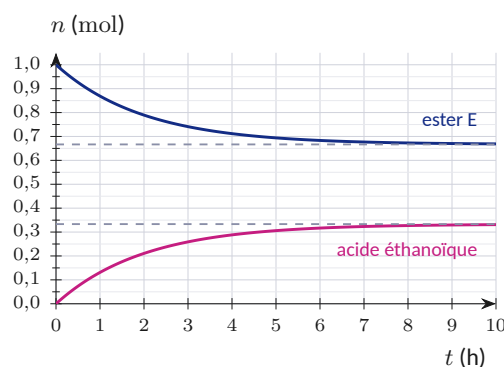


Figure 1 — Suivi de l'hydrolyse de l'ester