PHYSIQUE-CHIMIE · TERMINALE / EXERCICES CORRIGÉS

Équilibre chimique et évolution spontanée

Astrolab Cours · astrolabcours.fr

Ex. 1 Écrire un quotient de réaction ●○○ Application

Écrire le quotient de réaction de chaque réaction (en solution aqueuse).

1. $\mathrm{CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+}$
2. $\mathrm{Cu^{2+} + Zn(s) \rightleftharpoons Cu(s) + Zn^{2+}}$

Indice

Produits en haut, réactifs en bas. Ni l'eau, ni les solides.

Réaction 1

$$Q_r = \frac{[\mathrm{CH_3COO^-}]\,[\mathrm{H_3O^+}]}{[\mathrm{CH_3COOH}]\,c^\circ}$$

L'eau, solvant, n'apparaît pas.

Réaction 2

$$Q_r = \frac{[\mathrm{Zn^{2+}}]}{[\mathrm{Cu^{2+}}]}$$

Les métaux solides n'apparaissent pas.

À retenir

Seules les espèces dissoutes (et les gaz) figurent dans le quotient.

Ex. 2 Prévoir le sens d'évolution ●○○ Méthode

Pour la réaction $\mathrm{Cu^{2+} + Zn(s) \rightleftharpoons Cu(s) + Zn^{2+}}$, $K = 10^{37}$ à 25 °C. On plonge une lame de zinc dans une solution où $[\mathrm{Cu^{2+}}] = [\mathrm{Zn^{2+}}] = 0{,}10\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$. Dans quel sens le système évolue-t-il ?

Indice

Calcule $Q_{r,i}$ et compare-le à K.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/terminale/equilibre-chimique/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

Le quotient initial

$Q_{r,i} = \dfrac{0{,}10}{0{,}10} = 1.$

La comparaison

$Q_{r,i} = 1 < K = 10^{37}.$

Conclusion

Le système évolue dans le sens direct : du cuivre se dépose, le zinc est consommé. Avec un K aussi grand, la transformation est totale.

Ex. 3 Un ajout qui relance la réaction ●●○ Piège

Un système siège de la réaction $\mathrm{A} + \mathrm{B} \rightleftharpoons \mathrm{C} + \mathrm{D}$ (toutes les espèces dissoutes) est à l'équilibre. On ajoute une quantité de C. Un élève dit que l'équilibre étant atteint, plus rien ne se passe. Que se passe-t-il vraiment ?

Indice

Que devient Q_r juste après l'ajout ?

L'erreur

Un équilibre n'est pas une fin définitive. Si on modifie une concentration, le quotient change et peut s'écarter de K.

Le quotient après ajout

$[\mathrm{C}]$ augmente au numérateur, donc Q_r devient supérieur à K.

Conclusion

Le système évolue dans le sens indirect, jusqu'à ce que Q_r redevienne égal à K. Une partie de C et D se retransforme en A et B.

Ex. 4 Équilibre dynamique ●●○ Méthode

Expliquer, avec l'image des deux salles reliées par des portes, pourquoi les concentrations restent constantes à l'équilibre alors que des molécules continuent de réagir.

Indice

Compare le nombre de passages dans chaque sens.

Deux réactions opposées

À l'équilibre, la réaction directe et la réaction inverse se produisent toujours.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/terminale/equilibre-chimique/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

Même vitesse

Elles se produisent à la même vitesse. Chaque fois qu'une molécule de produit se forme, une autre redevient réactif.

Conclusion

Autant de passages dans chaque sens, donc des quantités constantes : l'équilibre est dynamique.

Ex. 5 Estérification et rendement ●●● Type bac

On mélange 1,0 mol d'acide éthanoïque et 1,0 mol d'éthanol. La réaction d'estérification

$$\mathrm{CH_3COOH} + \mathrm{C_2H_5OH} \rightleftharpoons \mathrm{CH_3COOC_2H_5} + \mathrm{H_2O}$$

a une constante $K = 4{,}0$ (ici l'eau est un produit, pas le solvant : elle figure dans Q_r ; on raisonne sur les quantités de matière, le volume se simplifie).

1. Construire le tableau d'avancement et exprimer K en fonction de $x_{\text{éq}}$.
2. Montrer que $x_{\text{éq}} = \frac{2}{3}$ mol et calculer le taux d'avancement final.
3. Proposer deux façons d'augmenter le rendement.

Indice

$K = \dfrac{x^2}{(1-x)^2}$, donc $\dfrac{x}{1-x} = 2$.

Le tableau

À l'équilibre, il reste $1{,}0 - x$ mol d'acide et d'alcool, et il s'est formé x mol d'ester et d'eau. Donc $K = \dfrac{x^2}{(1{,}0-x)^2}$.

La résolution

$\dfrac{x}{1{,}0-x} = \sqrt{4{,}0} = 2$ (grandeurs positives), donc $x = 2 - 2x$ et $x_{\text{éq}} = \frac{2}{3} \approx 0{,}67$ mol.

Le taux d'avancement

$x_{\max} = 1{,}0$ mol, donc $\tau = 0{,}67$. La transformation est non totale.

Améliorer le rendement

Mettre un réactif en excès, ou éliminer un produit au fur et à mesure (distiller l'ester ou piéger l'eau). Dans les deux cas Q_r reste inférieur à K et la réaction continue dans le sens direct.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/terminale/equilibre-chimique/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/terminale/equilibre-chimique/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits