

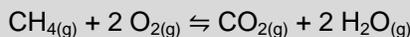
Exercices supplémentaires

CORRIGÉ

CHAPITRE 8 : L'ÉTUDE QUANTITATIVE DE L'ÉTAT D'ÉQUILIBRE

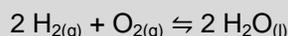
8.1 LA LOI D'ACTION DE MASSE ET LA CONSTANTE D'ÉQUILIBRE

1. Quelle est l'expression de la constante d'équilibre (K_c) de l'équation suivante ?



$$K_c = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{CH}_4][\text{O}_2]^2}$$

2. Quelle est l'expression de la constante d'équilibre (K_c) de l'équation suivante ?



$$K_c = \frac{1}{[\text{H}_2]^2[\text{O}_2]}$$

3. Pour laquelle des réactions suivantes n'est-il pas possible de déterminer la constante d'équilibre en fonction des pressions partielles ? Expliquez votre réponse.

- A. $2 \text{HI}_{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)}$
- B. $\text{Mg}_{(s)} + 2 \text{HCl}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{MgCl}_{2(aq)} + \text{H}_{2(g)}$
- C. $\text{C}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(g)}$
- D. $2 \text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

Dans cette réaction, il y a deux substances qui interviennent dans l'expression de la constante

et qui ne sont pas en phase gazeuse (HCl et MgCl_2). Il n'est donc pas possible de calculer la constante d'équilibre en fonction des pressions partielles.

4. Laquelle des affirmations suivantes est vraie si la constante d'équilibre d'une réaction équivaut à 60 ?

- A. Le système contient 60 fois plus de produits que de réactifs.
- B. Soixante pour cent des réactifs sont devenus des produits.
- C. La réaction a favorisé la formation des produits.
- D. La réaction inverse a été favorisée.

5. La formation du méthanol gazeux peut s'effectuer selon l'équation suivante :



Quelle est la valeur de la constante d'équilibre de la réaction de décomposition du méthanol en monoxyde de carbone et en dihydrogène ?

$$\begin{aligned} K_{c \text{ inv}} &= \frac{1}{K_{c \text{ dir}}} \\ &= \frac{1}{1,3 \times 10^7} \\ &= 7,69 \times 10^{-8} \end{aligned}$$

Réponse :

La constante d'équilibre est de $7,7 \times 10^{-8}$.

6. Soit l'équation suivante :



Laquelle des modifications suivantes fait diminuer la valeur de la constante d'équilibre ?

- A. Diminuer la pression.
- B. Ajouter un catalyseur.
- C. Augmenter la température.
- D. Diminuer la concentration du diazote.

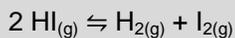
7. Le tableau ci-dessous indique la valeur de la constante d'équilibre d'une réaction en fonction de la température.

Température (en °C)	Constante d'équilibre
25	$8,5 \times 10^{-9}$
100	$6,5 \times 10^{-7}$
200	$2,5 \times 10^{-4}$

Lequel des énoncés suivants est vrai ?

- A. Cette réaction est exothermique, puisque la valeur de la constante d'équilibre augmente lorsque la température augmente.
- B. Cette réaction est exothermique, puisque la valeur de la constante d'équilibre diminue lorsque la température augmente.
- C. Cette réaction est endothermique, puisque la valeur de la constante d'équilibre diminue lorsque la température augmente.
- D. Cette réaction est endothermique, puisque la valeur de la constante d'équilibre augmente lorsque la température augmente.

8. La réaction de décomposition de l'iodure d'hydrogène peut atteindre l'équilibre selon l'équation suivante :



Au cours d'une expérience, vous notez les résultats ci-dessous.

Substance	Concentration à l'équilibre (en mol/L)
HI	$6,23 \times 10^{-3}$
H ₂	$2,82 \times 10^{-4}$
I ₂	$2,82 \times 10^{-4}$

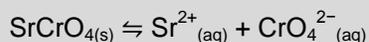
Quelle est la constante d'équilibre de la réaction dans ces conditions ?

- $K_c = ?$
- $[\text{H}_2] = 2,82 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$
 $[\text{I}_2] = 2,82 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$
 $[\text{HI}] = 6,23 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$
- $K_c = \frac{[\text{H}_2][\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2}$
- $K_c = \frac{2,82 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \times 2,82 \times 10^{-4} \text{ mol/L}}{(6,23 \times 10^{-3} \text{ mol/L})^2}$
 $= 2,049 \times 10^{-3}$

Réponse :

La constante d'équilibre est de $2,05 \times 10^{-3}$.

9. La dissolution du chromate de strontium peut atteindre l'équilibre suivant :



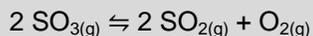
Après avoir dissous 4,00 g de chromate de strontium dans 500 ml d'eau, on constate qu'à l'équilibre la concentration de chacun des ions est de 0,0050 mol/L. Quelle est la constante d'équilibre de cette dissolution ?

- $K_c = ?$
- $[\text{Sr}^{2+}] = 0,0050 \text{ mol/L}$
 $[\text{CrO}_4^{2-}] = 0,0050 \text{ mol/L}$
- $K_c = [\text{Sr}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}]$
- $K_c = 0,0050 \text{ mol/L} \times 0,0050 \text{ mol/L}$
 $= 2,50 \times 10^{-5}$

Réponse :

La constante d'équilibre est de $2,5 \times 10^{-5}$.

10. Le trioxyde de soufre peut se décomposer et atteindre l'équilibre suivant :



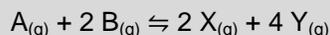
À l'équilibre, on note que la concentration du dioxyde de soufre est de 0,42 mol/L, tandis que celle du dioxygène est de 0,30 mol/L. Si la constante d'équilibre de cette réaction est de 3,5, quelle est la concentration du trioxyde de soufre ?

1. $[\text{SO}_3] = ?$
2. $[\text{SO}_2] = 0,42 \text{ mol/L}$
 $[\text{O}_2] = 0,30 \text{ mol/L}$
 $K_c = 3,5$
3. $K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2}$
4. $3,5 = \frac{(0,42)^2 \times 0,30}{x^2}$
 $x = \sqrt{\frac{(0,42)^2 \times 0,30}{3,5}}$
 $= 0,123$

Réponse :

La concentration du trioxyde de soufre est de 0,12 mol/L.

11. Soit la réaction hypothétique suivante :



On introduit 4,0 mol de A et 4,0 mol de B dans un ballon de 2 L. Lorsque l'équilibre est atteint, on note la présence de 2,0 mol de X. Quelle est la valeur de la constante d'équilibre de cette réaction ?

1. $K_c = \frac{[\text{X}]^2[\text{Y}]^4}{[\text{A}][\text{B}]^2}$
2. $[\text{A}]_{\text{initiale}} = \frac{4,0 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 2,0 \text{ mol/L}$
 $[\text{B}]_{\text{initiale}} = \frac{4,0 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 2,0 \text{ mol/L}$
 $[\text{X}]_{\text{finale}} = \frac{2,0 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 1,0 \text{ mol/L}$

3.

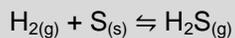
	$\text{A}_{(g)}$	+	$2 \text{B}_{(g)}$	\rightleftharpoons	$2 \text{X}_{(g)}$	+	$4 \text{Y}_{(g)}$
Initiale	2,0		2,0		0		0
Variation	- 0,5		- 1,0		+ 1,0		+ 2,0
Équilibre	1,5		1,0		1,0		2,0

4. $K_c = \frac{1,0^2 \times 2,0^4}{1,5 \times 1,0^2}$
 $= 10,67$

Réponse :

La constante d'équilibre est de 11.

12. La constante d'équilibre de la réaction qui suit est de $6,8 \times 10^{-2}$ à 90 °C :



On introduit, dans un contenant de 500 ml, 0,25 mol de dihydrogène et 0,75 mol de soufre.
Quelle sera la concentration du dihydrogène à l'équilibre ?

1. $K_c = \frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}_2]}$

2. $[\text{H}_2]_{\text{initiale}} = \frac{0,25 \text{ mol}}{0,500 \text{ L}} = 0,50 \text{ mol/L}$



Initiale	0,50		0
Variation	-x		+x
Équilibre	0,50 - x		x

4. $6,8 \times 10^{-2} = \frac{x}{0,50 - x}$

$$6,8 \times 10^{-2} (0,50 - x) = x$$

$$0,034 - 6,8 \times 10^{-2}x = x$$

$$0,034 = 1,068x$$

$$x = \frac{0,034}{1,068} = 0,0318$$

$$0,50 - 0,0318 = 0,4682$$

Réponse :

La concentration du dihydrogène sera de 0,47 mol/L à l'équilibre.

8.2 LES ACIDES ET LES BASES

1. Quel est le pH d'une solution qui contient $3,60 \times 10^{-12}$ mol d'ions H^+ par 250 ml ?

$$\begin{aligned}
 [H^+] &= \frac{n}{V} \\
 &= \frac{3,60 \times 10^{-12} \text{ mol}}{0,250 \text{ L}} \\
 &= 1,44 \times 10^{-11} \text{ mol/L} \\
 \text{pH} &= -\log[H^+] \\
 &= -\log(1,44 \times 10^{-11}) \\
 &= 10,84
 \end{aligned}$$

Réponse :

Le pH de la solution est de 10,8.

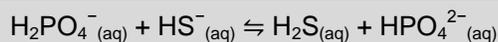
2. Valérie presse un citron et recueille 150 ml de jus. Elle détermine diverses caractéristiques de ce jus, dont un pH de 2,6. Quelle est la concentration en ions H^+ de ce jus de citron ?

$$\begin{aligned}
 [H^+] &= 10^{-\text{pH}} \\
 &= 10^{-2,6} \\
 &= 2,51 \times 10^{-3} \text{ mol/L}
 \end{aligned}$$

Réponse :

La concentration en ions H^+ de ce jus de citron est de $2,5 \times 10^{-3}$ mol/L.

3. Quel est l'acide de cette réaction acidobasique, selon la théorie de Brønsted-Lowry ?



- A. $H_2PO_4^-(\text{aq})$
 B. $HPO_4^{2-}(\text{aq})$
 C. $H_2S(\text{aq})$
 D. $HS^-(\text{aq})$

4. Laquelle des substances suivantes est un amphothère ?

- A. H_3PO_4
 B. NH_3
 C. SO_4^{2-}
 D. HPO_4^{2-}

5. Vous dissolvez 0,15 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans de l'eau jusqu'à ce que le volume total de la solution soit de 350 ml. Si l'hydroxyde de sodium est une base forte, quel sera le pH de la solution résultante ?

$$M = \frac{m}{n}$$

$$\text{D'où } n = \frac{m}{M}$$

$$= \frac{0,15 \text{ g}}{40,00 \text{ g/mol}}$$

$$= 3,75 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$[\text{NaOH}] = \frac{3,75 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0,350 \text{ L}}$$

$$= 0,0107 \text{ mol/L}$$

$$[\text{OH}^-] = [\text{NaOH}]$$

$$= 0,0107 \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$\text{D'où } [\text{H}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{OH}^-]}$$

$$= \frac{1 \times 10^{-14}}{0,0107}$$

$$= 9,35 \times 10^{-13}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$= -\log(9,35 \times 10^{-13})$$

$$= 12,03$$

Réponse :

Le pH de la solution sera de 12.

6. Lequel des énoncés suivants est vrai ?

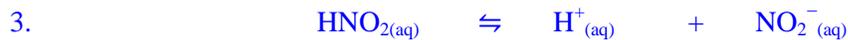
- A. À la même concentration, tous les acides possèdent la même constante d'acidité.
- B. À la même concentration, tous les acides présentent le même pH.
- C. Le pH d'un acide dépend de sa constante d'acidité.
- D. La constante d'acidité dépend de la concentration d'un acide.

7. Quel est le pH d'une solution d'acide nitreux (HNO_2) dont la concentration à l'équilibre est de 0,21 mol/L ? (La constante d'acidité de cette substance est de $7,2 \times 10^{-4}$.)



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{NO}_2^-_{(\text{aq})}]}{[\text{HNO}_2]} = 7,2 \times 10^{-4}$$

2. Aucun calcul à faire.



Initiale		≈ 0	0
Variation		+x	+x
Équilibre	0,21	x	x

4. **Calcul de $[\text{H}^+]$**

$$7,2 \times 10^{-4} = \frac{x \cdot x}{0,21}$$

$$x^2 = 1,5 \times 10^{-4}$$

$$x = \sqrt{1,5 \times 10^{-4}}$$

$$= 0,0123 \text{ mol/L}$$

Calcul du pH

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$= -\log 0,0123$$

$$= 1,9$$

Réponse :

Le pH de la solution est de 1,9.

8. Gabrielle dissout 38,4 g d'acide citrique ($C_6H_8O_7$) dans de l'eau pour que le volume total de la solution atteigne 1 L. Elle note alors que le pH de la solution est de 1,9. Quelle est la constante d'acidité de l'acide citrique ?



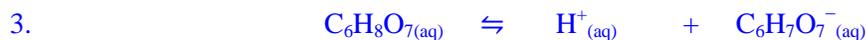
$$K_a = \frac{[H^+][C_6H_7O_7^-]}{[C_6H_8O_7]}$$

2. $M = \frac{m}{n}$

$$\begin{aligned} \text{D'où } n &= \frac{m}{M} \\ &= \frac{38,4 \text{ g}}{192,14 \text{ g/mol}} \\ &= 0,200 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$[C_6H_8O_7] = 0,200 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} [H^+] &= 10^{-\text{pH}} \\ &= 10^{-1,9} \\ &= 0,0126 \text{ mol/L} \end{aligned}$$



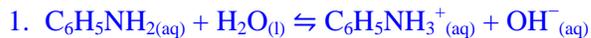
Initiale	0,200	≈ 0	0
Variation	- 0,0126	+ 0,0126	+ 0,0126
Équilibre	0,1874	0,0126	0,0126

4. $K_a = \frac{0,0126 \times 0,0126}{0,1874}$
 $= 8,47 \times 10^{-4}$

Réponse :

La constante d'acidité est de $8,5 \times 10^{-4}$.

9. Un technicien prépare une solution d'aniline ($C_6H_5NH_2$) à 0,030 mol/L. Si la constante de basicité de l'aniline est de $7,4 \times 10^{-10}$, quel est le pH de la solution ?



$$K_b = \frac{[C_6H_5NH_{3^+_{(aq)}}][OH^-]}{[C_6H_5NH_2]} = 7,4 \times 10^{-10}$$

2. Aucun calcul à faire.



Initiale	0,030		0	0
Variation	-x		+x	+x
Équilibre	0,030 - x		x	x

4. Puisque l'aniline est une base faible, le x de l'expression « 0,030 - x » est négligeable.

$$7,4 \times 10^{-10} = \frac{x \cdot x}{0,030 - x}$$

$$= \frac{x^2}{0,030}$$

$$x^2 = 1,5 \times 10^{-4}$$

$$x = \sqrt{2,22 \times 10^{-11}}$$

$$= 4,712 \times 10^{-6}$$

$$[OH^-] = [C_6H_5NH_{3^+}]$$

$$= 4,712 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$\text{D'où } [H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{4,712 \times 10^{-6}}$$

$$= 2,12 \times 10^{-9}$$

$$\text{pH} = -\log[H^+]$$

$$= -\log(2,12 \times 10^{-9})$$

$$= 8,67$$

Réponse :

Le pH est de 8,7.

8.3 LES SOLIDES PEU SOLUBLES

1. Laquelle des équations suivantes correspond à la dissociation électrolytique du phosphate de trisodium (Na_3PO_4) ?

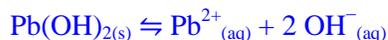
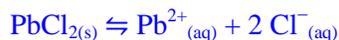
- A. $\text{Na}_3\text{PO}_{4(s)} \rightarrow 3 \text{Na}_{(s)} + \text{P}_{(s)} + 2 \text{O}_{2(g)}$
- B. $\text{Na}_3\text{PO}_{4(s)} \rightarrow \text{Na}_3^+_{(aq)} + \text{PO}_4^{3-}_{(aq)}$
- C. $\text{Na}_3\text{PO}_{4(s)} \rightarrow 3 \text{Na}^+_{(aq)} + \text{PO}_4^{3-}_{(aq)}$
- D. $\text{Na}_3\text{PO}_{4(s)} \rightarrow 3 \text{Na}^+_{(aq)} + 4 \text{PO}_4^{3-}_{(aq)}$

2. Le tableau ci-dessous montre les constantes du produit de solubilité de quelques substances. Justine veut classer les substances de ce tableau en ordre croissant de solubilité. Laquelle de ces substances ne pourra-t-elle pas comparer aux autres ? Expliquez votre réponse.

Substance	K_{ps}
Ag_2CrO_4	$1,1 \times 10^{-12}$
AgNO_2	$6,0 \times 10^{-4}$
PbCl_2	$1,6 \times 10^{-5}$
$\text{Pb}(\text{OH})_2$	$1,2 \times 10^{-15}$

C'est le AgNO_2 . En effet, cette substance ne produit pas des ions dans les mêmes proportions

que le font les autres composés ioniques du tableau :



3. À une température donnée, la solubilité du tribromure de fer (FeBr_3) est de $2,0 \times 10^{-6}$ mol/L. Quelle est sa constante du produit de solubilité ?



$$K_{ps} = [\text{Fe}^{3+}][\text{Br}^-]^3$$

2. Aucun calcul à faire.



Initiale		0	0
Variation		$+ 2,0 \times 10^{-6}$	$+ 6,0 \times 10^{-6}$
Équilibre		$2,0 \times 10^{-6}$	$6,0 \times 10^{-6}$

$$4. K_{ps} = 2,0 \times 10^{-6} \times (6,0 \times 10^{-6})^3$$

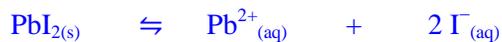
$$= 4,32 \times 10^{-22}$$

Réponse :

La constante du produit de solubilité est de $4,3 \times 10^{-22}$.

4. Catherine dissout 0,50 g de diiodure de plomb (PbI_2) dans 400 ml d'eau. Si la constante du produit de solubilité est de $7,1 \times 10^{-9}$, quelle masse de diiodure de plomb demeurera non dissoute ?

Calcul de la solubilité :



Initiale		0	0
Variation		+ s	+ 2s
Équilibre		s	2s

$$K_{ps} = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^{-}]^2$$

$$7,1 \times 10^{-9} = s \times (2s)^2$$

$$4s^3 = 7,1 \times 10^{-9}$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{7,1 \times 10^{-9}}{4}} = 1,21 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Calcul de la masse de diiodure de plomb dissous :

$$C = \frac{n}{V}$$

D'où $n = CV$

$$n = 1,21 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \times 0,400 \text{ L} = 4,84 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$M = \frac{m}{n}$$

D'où $m = Mn$

$$m = 461,00 \text{ g/mol} \times 4,84 \times 10^{-4} \text{ mol} = 0,223 \text{ g}$$

Calcul de la masse de diiodure de plomb non dissous :

$$0,50 \text{ g} - 0,22 \text{ g} = 0,28 \text{ g}$$

Réponse :

Il reste 0,28 g de diiodure de plomb non dissous.

5. La solubilité du permanganate de césium (CsMnO_4) est de 0,0220 g/L. Quelle est sa constante du produit de solubilité ?

Équation de dissociation et expression du K_{ps} :



$$K_{ps} = [\text{Cs}^+][\text{MnO}_4^-]$$

Calcul de la solubilité en mol/L :

$$M = \frac{m}{n}$$

$$\text{D'où } n = \frac{m}{M}$$

$$n = \frac{0,0220 \text{ g}}{251,85 \text{ g/mol}} = 8,74 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$[\text{CsMnO}_4] = 8,74 \times 10^{-5} \text{ mol}$$



Initiale		0	0
Variation		+ $8,74 \times 10^{-5}$	+ $8,74 \times 10^{-5}$
Équilibre		$8,74 \times 10^{-5}$	$8,74 \times 10^{-5}$

Calcul du K_{ps} :

$$K_{ps} = 8,74 \times 10^{-5} \times 8,74 \times 10^{-5} = 7,64 \times 10^{-9}$$

Réponse :

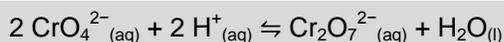
La constante du produit de solubilité est de $7,64 \times 10^{-9}$.

SYNTHÈSE DU CHAPITRE 8

1. En observant un système à l'équilibre, vous constatez que la valeur de la constante d'équilibre diminue au fur et à mesure que la température s'élève. Laquelle des affirmations suivantes est vraie ?

- A. La réaction directe est endothermique.
- B. C'est impossible, étant donné que la constante d'équilibre est une valeur invariable.
- C. Les produits sont favorisés par une élévation de la température.
- D. Les réactifs sont favorisés par une élévation de la température.

2. Voici l'équation chimique d'un indicateur dont la couleur varie en fonction du pH :



Laquelle des équations suivantes correspond à l'expression de la constante d'équilibre de cette réaction ?

A. $K_c = \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CrO}_4^{2-}]^2[\text{H}^+]^2}$

B. $K_c = \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]^2[\text{H}^+]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}][\text{H}_2\text{O}]}$

C. $K_c = \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}{[\text{CrO}_4^{2-}]^2[\text{H}^+]^2}$

D. $K_c = \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]^2[\text{H}^+]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}$

3. Le tétraphosphore réagit en présence du dioxygène jusqu'à l'atteinte de l'équilibre suivant :



À l'équilibre, on note la présence de 0,052 mol de P_4 , 0,16 mol de O_2 et 0,011 mol de P_2O_5 , dans un contenant de 2,6 L et à une température de 25 °C. Quelle est la constante d'équilibre en fonction des pressions partielles de cette réaction ?

1. $K_p = ?$

2. $n_{\text{O}_2} = 0,16 \text{ mol}$

$V = 2,6 \text{ L}$

$T = 25 \text{ °C} + 273 \text{ K} = 298 \text{ K}$

$R = 8,314 \text{ kPa}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$

3. $K_p = \frac{1}{(P_{\text{P}_2\text{O}_5})^2}$

$PV = nRT$

D'où $P = \frac{nRT}{V}$

4. $P = \frac{0,16 \text{ mol} \times 8,314 \text{ kPa}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K} \times 298 \text{ K}}{2,6 \text{ L}}$

$= 15,25 \text{ kPa}$

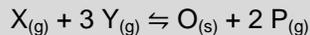
$K_p = \frac{1}{15,25^2}$

$= 1,21 \times 10^{-6}$

Réponse :

La constante d'équilibre est de $1,2 \times 10^{-6}$.

4. Dans un ballon de verre de 1 L, Fabrice fait entrer 4,0 mol de X et 2,0 mol de Y. Il constate la formation de 0,50 mol de précipité à l'équilibre. Quelle est la constante d'équilibre de la réaction si elle s'effectue dans les proportions suivantes ?



1. $K_c = \frac{[P]^2}{[X][Y]^3}$

2. Aucun calcul à faire.

3. $X_{(g)} + 3 Y_{(g)} \rightleftharpoons O_{(s)} + 2 P_{(g)}$

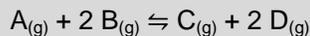
Initiale	4,0	2,0	0	0
Variation	- 0,50	- 1,5	+ 0,50	+ 1,0
Équilibre	3,5	0,5	0,50	1,0

4. $K_c = \frac{1,0^2}{3,5 \times 0,5^3} = 2,29$

Réponse :

La constante d'équilibre est de 2,3.

5. Soit la réaction hypothétique suivante :



On introduit 8,0 mol de A, 10,0 mol de B, 8,0 mol de C et 10,0 mol de D dans un ballon de verre de 2 L. À l'équilibre, le ballon contient 5,0 mol de C. Quelle est la constante d'équilibre dans ces conditions ?

1. $K_c = \frac{[C][D]^2}{[A][B]^2}$

2. $[A]_{\text{initiale}} = \frac{8,0 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 4,0 \text{ mol/L}$

$[B]_{\text{initiale}} = \frac{10,0 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 5,0 \text{ mol/L}$

$[C]_{\text{initiale}} = \frac{8,0 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 4,0 \text{ mol/L}$

$[D]_{\text{initiale}} = \frac{10,0 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 5,0 \text{ mol/L}$

$[C]_{\text{finale}} = \frac{5,0 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 2,5 \text{ mol/L}$

3. $A_{(g)} + 2 B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + 2 D_{(g)}$

Initiale	4,0	5,0	4,0	5,0
Variation	+ 1,5	+ 3,0	- 1,5	- 3,0
Équilibre	5,5	8,0	2,5	2,0

4. $K_c = \frac{2,5 \times 2,0^2}{5,5 \times 8,0^2} = 0,0284$

Réponse :

La constante d'équilibre est de 0,028.

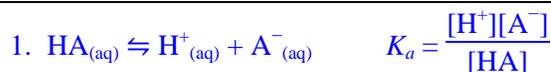
6. Le tableau ci-dessous présente les constantes d'acidité de quelques substances.

Acide	Constante d'acidité
Acide acétique	$1,8 \times 10^{-5}$
Acide acrylique	$5,5 \times 10^{-5}$
Acide benzoïque	$6,3 \times 10^{-5}$
Acide cyanique	$3,4 \times 10^{-4}$

Laquelle des affirmations suivantes est vraie ?

- A. À la même concentration, le pH de l'acide acrylique est le même que celui des autres acides.
- B. À la même concentration, le pH de l'acide acrylique est plus petit que celui de l'acide benzoïque.
- C. À la même concentration, le pH de l'acide acrylique est plus petit que celui de l'acide acétique.
- D. À la même concentration, le pH de l'acide acrylique est plus petit que celui de l'acide cyanique.

7. Camille prépare une solution en se servant d'un acide à 0,0100 mol/L. Le pH de la solution est de 2,1. Quelle est la constante d'acidité de l'acide employé par Camille ?



2. $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,1} = 7,9 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$



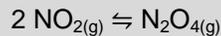
Initiale	0,0100	≈ 0	0
Variation	$-7,9 \times 10^{-3}$	$+7,9 \times 10^{-3}$	$+7,9 \times 10^{-3}$
Équilibre	$2,1 \times 10^{-3}$	$7,9 \times 10^{-3}$	$7,9 \times 10^{-3}$

4. $K_a = \frac{7,9 \times 10^{-3} \times 7,9 \times 10^{-3}}{2,1 \times 10^{-3}}$
 $= 3,0 \times 10^{-2}$

Réponse :

La constante d'acidité est de $3,0 \times 10^{-2}$.

8. Raphaël introduit 0,20 mol de NO₂ gazeux dans un contenant de 500 ml. Le NO₂ réagit pour atteindre l'équilibre suivant :



Si la constante d'équilibre de cette réaction est de 10,2, quelle est la concentration du dioxyde d'azote à l'équilibre ?

1. $K_c = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = 10,2$

2. $[\text{NO}_2]_{\text{initiale}} = \frac{0,20 \text{ mol}}{0,500 \text{ L}} = 0,40 \text{ mol/L}$



Initiale	0,40	0
Variation	- 2x	+ x
Équilibre	0,40 - 2x	x

4. $10,2 = \frac{x}{(0,40 - 2x)^2}$

$$10,2(0,16 - 1,6x + 4x^2) = x$$

$$1,632 - 16,32x + 40,8x^2 = x$$

$$1,632 - 17,32x + 40,8x^2 = 0$$

$$x_1 = \frac{-(-17,32) + \sqrt{(-17,32)^2 - (4 \times 40,8 \times 1,632)}}{2 \times 40,8} = 0,28$$

ou

$$x_2 = \frac{-(-17,32) - \sqrt{(-17,32)^2 - (4 \times 40,8 \times 1,632)}}{2 \times 40,8} = 0,14$$

Seul x₂ est plausible. Donc :

$$[\text{NO}_2] = 0,40 - (2 \times 0,14) = 0,12 \text{ mol/L}$$

Réponse :

La concentration du dioxyde d'azote est de 0,12 mol/L à l'équilibre.

DÉFIS DU CHAPITRE 8

1. Les techniciens en travaux pratiques doivent neutraliser les bases et les acides utilisés en laboratoire avant d'en disposer de façon sécuritaire. Pour ce faire, ils doivent d'abord déterminer la quantité d'ions H^+ et d'ions OH^- présente dans ces substances afin de s'assurer d'obtenir des solutions neutres à la fin.

Si un technicien veut neutraliser 1,50 L d'acide chlorhydrique (HCl) dont le pH est de 2,50, quel volume d'hydroxyde de potassium (KOH) à 0,100 mol/L devra-t-il utiliser ?

(Notez que l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de potassium sont deux électrolytes forts.)

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= 10^{-\text{pH}} \\ &= 10^{-2,50} \\ &= 3,16 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \end{aligned}$$

$$C = \frac{n}{V}, \text{ d'où } n = CV$$

$$\begin{aligned} n &= 3,16 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \times 1,50 \text{ L} \\ &= 4,74 \times 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

Pour qu'il y ait neutralisation complète, il faut le même nombre de moles d'ions OH^- .

$$C = \frac{n}{V}, \text{ d'où } V = \frac{n}{C}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{4,74 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0,100 \text{ mol/L}} \\ &= 0,0474 \text{ L} \end{aligned}$$

Réponse :

Le technicien devra utiliser 47,4 ml d'hydroxyde de potassium.

2. À 623 K, la constante d'équilibre en fonction des pressions partielles en atm de la réaction suivante est de $7,73 \times 10^{-4}$:



Si la pression partielle du dihydrogène à l'équilibre est de 28,0 atm et celle de l'ammoniac, de 12,6 atm, quelle est celle du diazote, en kPa ?

1. $P_{p\text{N}_2} = ?$

2. $P_{p\text{H}_2} = 28,0 \text{ atm}$

$P_{p\text{NH}_3} = 12,6 \text{ atm}$

$K_p = 7,73 \times 10^{-4}$

$T = 623 \text{ K}$

$1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa}$

3. $K_p = \frac{(P_{p\text{NH}_3})^2}{P_{p\text{N}_2}(P_{p\text{H}_2})^3}$

D'où $P_{p\text{N}_2} = \frac{(P_{p\text{NH}_3})^2}{(P_{p\text{H}_2})^3 K_p}$

4. $P_{p\text{N}_2} = \frac{(12,6)^2}{(28,0)^3 \times 7,73 \times 10^{-4}}$
 $= 9,36 \text{ atm}$

$9,36 \text{ atm} \times \frac{101,3 \text{ kPa}}{1 \text{ atm}} = 947,8 \text{ kPa}$

Réponse :

La pression partielle du diazote est de 948 kPa.

3. Pour obtenir une solution tampon, il faut mélanger, dans des proportions égales, un acide faible et sa base conjuguée ou une base faible et son acide conjugué.

Indiquez si chacun des mélanges suivants pourrait constituer une solution tampon. Expliquez vos réponses.

- a) L'acide chlorhydrique (HCl) mélangé avec le chlorure de sodium (NaCl).

Ce mélange ne peut pas constituer une solution tampon, puisque l'acide chlorhydrique est un acide fort.

- b) L'acide acétique (CH₃COOH) mélangé avec l'acétate de sodium (NaCH₃COO).

Ce mélange peut constituer une solution tampon, puisque le CH₃COO⁻ provenant de la dissolution de l'acétate de sodium est la base conjuguée de l'acide acétique, qui est un acide faible.

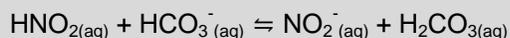
- c) Le KH₂PO₄ mélangé avec le Na₂HPO₄.

Comme le H₂PO₄⁻ est un acide faible provenant du KH₂PO₄ et que le HPO₄²⁻ est sa base conjuguée provenant du Na₂HPO₄, ce mélange peut constituer une solution tampon.

d) Le NaOH mélangé avec le NH₃.

Ce mélange ne peut pas constituer une solution tampon, puisque le NaOH est une base forte.

4. Lorsqu'on mélange de l'acide nitreux (HNO₂) avec de l'acide carbonique (H₂CO₃), l'équilibre suivant est atteint après un certain temps :



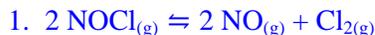
Si la formation des produits est favorisée, quel est l'acide le plus fort ? Expliquez votre réponse.

C'est l'acide nitreux qui est le plus fort, puisque c'est lui qui parvient à transférer un proton.

5. On introduit 1,00 mol de chlorure de nitrosyle (NOCl) dans un ballon de 1,00 L, à une température de 500 K. Sous l'action de la chaleur, le chlorure de nitrosyle se décompose jusqu'à ce que l'équilibre suivant soit atteint :



À l'équilibre, on note que 9,0 % du chlorure de nitrosyle s'est décomposé. Quelle est la constante d'équilibre de la réaction ?



$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2[\text{Cl}_2]}{[\text{NOCl}]^2}$$

2. 9,0 % de 1,00 mol/L correspond à 0,090 mol/L. Il y a donc 0,090 mol/L de chlorure de nitrosyle de moins.



Initiale	1,00	0	0
Variation	- 0,090	+ 0,090	+ 0,045
Équilibre	0,91	0,090	0,045

4.
$$K_c = \frac{(0,090)^2 \times 0,045}{(0,91)^2}$$

$$= 4,40 \times 10^{-4}$$

Réponse :

La constante d'équilibre est de $4,4 \times 10^{-4}$.