

EXERCICES Ch.13 Réaction chimique par échange de proton**Qu'est-ce qu'un équilibre chimique ?****Exercice p : 340 n° 10. Étudier un équilibre chimique**

Pour se défendre, les fourmis utilisent deux moyens : leurs mandibules, qui immobilisent l'ennemi, et la projection d'acide formique qui provoque des brûlures.

L'acide formique, ou acide méthanoïque, HCO_2H , donne lieu à un équilibre chimique avec l'eau. L'équation de la réaction associée à cet équilibre, est :



Le pH d'une solution d'acide formique de volume $V = 50,0$ mL et de concentration molaire apportée $C = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ vaut 3,5.

- Établir le tableau d'avancement de la réaction.
- Déterminer l'avancement maximal x_{max} .
- Calculer l'avancement final x_f de la réaction.
- Comparer x_f et x_{max} . Conclure.
- Calculer les quantités de matières des espèces chimiques dans l'état d'équilibre final.

Solution :**1. Tableau d'avancement de la réaction.**

	avancement	$\text{HCO}_2\text{H}_{(\text{aq})}$	$+ \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightleftharpoons$	$\text{HCO}_2^-_{(\text{aq})}$	$+ \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$
État initial	0	n_0	excès	0	0
État intermédiaire	x	$n_0 - x$	excès	x	x
État final réel (à l'équilibre)	x_f	$n_f(\text{HCO}_2\text{H}) = n_0 - x_f$	excès	$n_f(\text{HCO}_2^-) = x_f$	$n_f(\text{H}_3\text{O}^+) = x_f$
État final si la réaction était totale	x_{max}	$n_0 - x_{\text{max}}$	excès	x_{max}	x_{max}

Quantité n_0 d'acide méthanoïque dissous :

$$n_0 = C \cdot V \quad \text{A.N. : } n_0 = 1,0 \cdot 10^{-3} \times 50,0 \cdot 10^{-3} = \underline{5,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}$$

2. Avancement maximal x_{max} :

L'eau étant le solvant, le réactif limitant est forcément l'acide méthanoïque. Si la réaction est totale, le réactif limitant est entièrement consommé : $n_0 - x_{\text{max}} = 0$ soit $x_{\text{max}} = n_0 = \underline{5,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}$

3. Avancement final x_f de la réaction : D'après le tableau d'avancement, on a : $x_f = n_f(\text{H}_3\text{O}^+)$ soit $x_f = [\text{H}_3\text{O}^+]_f \cdot V$ or

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_f = 10^{-\text{pH}} \text{ donc } x_f = 10^{-\text{pH}} \cdot V \quad \text{A.N. : } x_f = 10^{-3,5} \times 50,0 \cdot 10^{-3} = \underline{1,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}$$

4. Comme $x_f < x_{\text{max}}$ la réaction entre l'acide méthanoïque et l'eau n'est pas totale, elle est limitée et conduit à un équilibre.

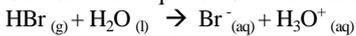
L'acide méthanoïque est donc un acide faible dans l'eau.

5. $n_f(\text{H}_3\text{O}^+) = n_f(\text{HCO}_2^-) = x_f = \underline{1,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}$

$$n_f(\text{HCO}_2\text{H}) = n_0 - x_f = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol} - 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol} = \underline{3,4 \times 10^{-5} \text{ mol}}$$

Exercice p : 340 n° 11. Montrer qu'une réaction est totale

Une solution aqueuse S d'acide bromhydrique est obtenue en faisant réagir du bromure d'hydrogène avec de l'eau, selon la réaction d'équation :



Le pH de la solution S, sa concentration molaire en soluté apporté et son volume valent respectivement :

$$\text{pH} = 2,6, C = 2,51 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ et } V = 50,0 \text{ mL.}$$

- Établir le tableau d'avancement de la réaction.
- Calculer l'avancement maximal x_{max} , puis l'avancement final x_f de la réaction.
- La réaction étudiée est-elle totale? Comment cela se traduit-il dans l'écriture de la réaction?

Solution :**11 1. Tableau d'avancement de la réaction.**

	avancement	$\text{HBr}_{(\text{g})}$	$+ \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow$	$\text{Br}^-_{(\text{aq})}$	$+ \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$
État initial	0	n_0	excès	0	0
État intermédiaire	x	$n_0 - x$	excès	x	x
État final réel (à l'équilibre)	x_f	$n_f(\text{HBr}) = n_0 - x_f$	excès	$n_f(\text{Br}^-) = x_f$	$n_f(\text{H}_3\text{O}^+) = x_f$
État final si la réaction était totale	x_{max}	$n_0 - x_{\text{max}}$	excès	x_{max}	x_{max}

La quantité n_0 d'acide bromhydrique dissous est : $n_0 = C \cdot V = 2,51 \cdot 10^{-3} \times 50,0 \cdot 10^{-3} = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

2. L'avancement maximal est atteint si le réactif limitant, l'acide bromhydrique, est entièrement consommé. On en déduit : si la réaction est totale : $n_0 - x_{\text{max}} = 0$ soit $n_0 = x_{\text{max}} = \underline{1,26 \cdot 10^{-4} \text{ mol}}$

Avancement final : lorsqu'on mesure le pH de la solution, l'avancement final x_f est atteint (les réactions acido-basiques sont instantanées). On a : $x_f = n_f(\text{H}_3\text{O}^+) = [\text{H}_3\text{O}^+]_f \cdot V$ or $[\text{H}_3\text{O}^+]_f = 10^{-\text{pH}}$ donc : $x_f = 10^{-\text{pH}} \cdot V$

$$\text{A.N. : } x_f = 10^{-2,6} \times 50,0 \cdot 10^{-3} = \underline{1,26 \cdot 10^{-4} \text{ mol}} \text{ (garder 2 chiffres significatifs pour la comparaison).}$$

3. Comme $x_f = x_{\text{max}}$, la réaction entre l'acide bromhydrique et l'eau est totale.

L'acide bromhydrique est donc un acide fort dans l'eau.

L'écriture de l'équation de la réaction se fait bien avec une flèche dans le sens direct. $\text{HBr}_{(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{Br}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$