

EXERCICE 2: ÉVOLUTION DE LA RÉACTION DE L'AMMONIAC AVEC L'EAU

1^{ère} partie: Détermination du quotient de réaction par pHmétrie:1) Solution mère: S₀

$$C_0 = 10,9 \text{ mol.L}^{-1}$$

V₀ à préleverSolution fille: S₁

$$C_1 = C_0 / 10$$

$$V_1 = 50,0 \text{ mL}$$

Au cours d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve soit $n_0 = n_1$, donc $C_0 \cdot V_0 = C_1 \cdot V_1$

$$\text{alors } C_0 \cdot V_0 = \frac{C_0}{10} \cdot V_1$$

$$V_0 = \frac{V_1}{10} \quad V_0 = \frac{50,0}{10} = 5,0 \text{ mL à prélever.}$$

2) Mode opératoire:

On place de la solution S₀ dans un becher. A l'aide d'une pipette jaugée, on prélève V₀ = 5,0 mL de S₀.On verse ce prélèvement dans une fiole jaugée de volume V₁ = 50,0 mL. On ajoute de l'eau distilléejusqu'au tiers de la fiole. On bouche, on agite. On poursuit l'ajout d'eau jusqu'au trait de jauge. On agite à nouveau. La solution fille S₁ est prête.3) $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}] \cdot [\text{HO}^-_{(aq)}]$ et $[\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}] = 10^{-\text{pH}}$

$$K_e = 10^{-\text{pH}} \times [\text{HO}^-_{(aq)}]$$

$$[\text{HO}^-_{(aq)}] = \frac{K_e}{10^{-\text{pH}}}$$

$$[\text{HO}^-_{(aq)}]_{(S1)} = \frac{1,00 \times 10^{-14}}{10^{-11,62}} = 4,17 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{cette valeur non arrondie est stockée en mémoire}$$

$$\text{soit } [\text{HO}^-_{(aq)}]_{(S1)} = 4,2 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

4) Tableau d'avancement exprimé en moles pour un volume V'₁ = 1,0 L.

État	Avancement	NH _{3(aq)} + H ₂ O _(l) =	HO ⁻ _(aq) +	NH ₄ ⁺ _(aq)	
initial	0	$n_1 = C_1 \cdot V'_1 = \frac{C_0}{10} \cdot V'_1$ $n_1 = 1,09$	excès	0	
intermédiaire	x	1,09 - x		x	
final	$x_f = 4,2 \times 10^{-3}$	1,09 - x _f		$x_f = [\text{HO}^-_{(aq)}]_{(S1)} \cdot V'_1$ $x_f = 4,2 \times 10^{-3}$	$x_f = 4,2 \times 10^{-3}$
maximal	$x_{\text{max}} = 1,09$	1,09 - x _{max} = 0		$x_{\text{max}} = 1,09$	$x_{\text{max}} = 1,09$

$$5) \tau_1 = \frac{x_f}{x_{\text{max}}}$$

$$\tau_1 = \frac{4,2 \times 10^{-3}}{1,09} = 0,38 \% \quad \text{La transformation est très limitée.}$$

$$6) Q_{r,1} = \frac{[\text{HO}^-_{(aq)}]_f \cdot [\text{NH}_4^+_{(aq)}]_f}{[\text{NH}_3(aq)]_f}$$

$$\text{remarque } Q_{r,1} = \frac{[\text{HO}^-_{(aq)}]_{(S1)} \cdot [\text{NH}_4^+_{(aq)}]_{(S1)}}{[\text{NH}_3(aq)]_{(S1)}}$$

$$Q_{r,1} = \frac{\frac{x_f}{V'_1} \cdot \frac{x_f}{V'_1}}{\frac{n_1 - x_f}{V'_1}} \quad \text{on remplace } V'_1 \text{ par } 1,0$$

$$Q_{r,1} = \frac{x_f^2}{n_1 - x_f}$$

$$Q_{r,1} = \frac{(4,2 \times 10^{-3})^2}{(1,09 - 4,2 \times 10^{-3})} = 1,6 \times 10^{-5} \approx Q_{r,\text{éq}}$$

calcul effectué avec la valeur non arrondie de x_fLe quotient de réaction a atteint la valeur de Q_{r,éq} aux incertitudes de mesure près. Le système chimique est dans l'état d'équilibre.

2^{ème} partie: Détermination du taux d'avancement de la réaction de l'ammoniac sur l'eau par conductimétrie

A) 1) Solution mère S₁

$$C_1 = C_0/10$$

V prélevé

Si on considère que les quantités de matière des espèces en solution n'ont pas changé,

$$[\text{HO}^-]_{(\text{aq})}(\text{hyp}) = [\text{HO}^-]_{(\text{aq})}(\text{S}_1) / 100$$

$$[\text{NH}_4^+]_{(\text{aq})}(\text{hyp}) = [\text{NH}_4^+]_{(\text{aq})}(\text{S}_1) / 100$$

$$[\text{NH}_3(\text{aq})]_{(\text{hyp})} = [\text{NH}_3(\text{aq})]_{(\text{S}_1)}/100$$

Solution fille S₂

$$C_2 = C_1 / 100 = C_0 / 1000$$

$$V \text{ préparé} = 1000 \times V_{\text{prélevé}}$$

$$\text{A)2) } Q_{r,\text{hyp}} = \frac{[\text{HO}^-]_{(\text{aq})}(\text{hyp}) \cdot [\text{NH}_4^+]_{(\text{aq})}(\text{hyp})}{[\text{NH}_3(\text{aq})]_{(\text{hyp})}} = \frac{\frac{[\text{HO}^-]_{(\text{aq})}(\text{S}_1)}{100} \cdot \frac{[\text{NH}_4^+]_{(\text{aq})}(\text{S}_1)}{100}}{\frac{[\text{NH}_3(\text{aq})]_{(\text{S}_1)}}{100}} = \frac{[\text{HO}^-]_{(\text{aq})}(\text{S}_1) \cdot [\text{NH}_4^+]_{(\text{aq})}(\text{S}_1)}{100 \cdot [\text{NH}_3(\text{aq})]_{(\text{S}_1)}}$$

$$Q_{r,\text{hyp}} = Q_{r,1} / 100$$

$$\text{A)3) } Q_{r,\text{hyp}} = \frac{1,6 \times 10^{-5}}{100} = 1,6 \times 10^{-7}$$

$Q_{r,\text{hyp}} < Q_{r,\text{éq}}$, d'après le critère d'évolution spontanée alors la **réaction en sens direct prédomine** par rapport à celle en sens inverse.

En raison de la dilution, l'équilibre est déplacé dans le sens de la formation des produits.

L'hypothèse n'est pas vérifiée, puisque les quantités de matière de produits vont augmenter et celle des réactifs diminuer.

B) Conductimétrie:

$$1) \sigma = 0,114 \text{ mS.cm}^{-1} = 0,114 \times 10^{-3} \text{ S.cm}^{-1} = 0,114 \times 10^{-3} \times 100 \text{ S.m}^{-1}$$

$$\text{soit } \sigma = 1,14 \times 10^{-2} \text{ S.m}^{-1}$$

$$2) \sigma = \lambda^\circ(\text{HO}^-) \cdot [\text{HO}^-]_{(\text{S}_2)} + \lambda^\circ(\text{NH}_4^+) \cdot [\text{NH}_4^+]_{(\text{S}_2)}$$

3) D'après l'équation de la transformation, on a $[\text{HO}^-]_{(\text{S}_2)} = [\text{NH}_4^+]_{(\text{S}_2)}$.

$$\sigma = (\lambda^\circ(\text{HO}^-) + \lambda^\circ(\text{NH}_4^+)) \cdot [\text{HO}^-]_{(\text{S}_2)}$$

$$\text{soit } [\text{HO}^-]_{(\text{S}_2)} = \frac{\sigma}{\lambda^\circ(\text{HO}^-) + \lambda^\circ(\text{NH}_4^+)}$$

$$[\text{HO}^-]_{(\text{S}_2)} = \frac{11,4 \times 10^{-3}}{(19,9 + 7,34) \times 10^{-3}} = \frac{11,4}{27,24} = 0,419 \text{ mol.m}^{-3}$$

$$[\text{HO}^-]_{(\text{S}_2)} = 0,419 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \quad \text{soit } [\text{HO}^-]_{(\text{S}_2)} = 4,2 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

4) On raisonne sur un volume $V_2 = 1,0 \text{ L}$ de solution S₂, avec $C_2 = C_0/1000 = 1,09 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

État	Avancement en mol	$\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) =$	$\text{HO}^-_{(\text{aq})} +$	$\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}$
initial	0	$n_1 = C_2 \times V_2$ $n_1 = 1,09 \times 10^{-2}$	0	0
intermédiaire	x	$1,09 \times 10^{-2} - x$	x	x
final	$x_f = 4,2 \times 10^{-4}$	$1,09 \times 10^{-2} - x_f$	$x_f = [\text{HO}^-]_{(\text{aq})}(\text{S}_2) \times V_2$ $x_f = 4,2 \times 10^{-4}$	$x_f = 4,2 \times 10^{-4}$
maximal	$x_{\text{max}} = 1,09 \times 10^{-2}$	$1,09 \times 10^{-2} - x_{\text{max}}$ $= 0$	$x_{\text{max}} = 1,09 \times 10^{-2}$	$x_{\text{max}} = 1,09 \times 10^{-2}$

$$\tau_2 = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} \quad \text{soit } \tau_2 = \frac{4,2 \times 10^{-4}}{1,09 \times 10^{-2}} = 3,8 \%$$

5) $\tau_2 > \tau_1$ donc la dilution joue un rôle sur le taux d'avancement de la réaction de l'ammoniac sur l'eau. La dilution augmente le taux d'avancement. L'hypothèse émise dans la partie 1 est à nouveau infirmée.