

Colle N°4 – Semaine pronote N°6 : 06 au 10 Octobre 2025■ **Au programme des exercices**

→ **Chapitre CHIM1** : Systèmes chimiques, réaction chimique, constante d'équilibre thermodynamique et loi d'action de masse. Application à la détermination du sens d'évolution d'un système et à la recherche de son état final. Ruptures d'équilibre, formulation d'hypothèse sur le caractère très peu avancé ou quasi-total d'une réaction.

**Si les réactions avec solides peuvent être étudiées, les notions de solubilité ou de constante de solubilité sont hors-programme.**

**Les réactions acido-basiques n'ont pas encore été traitées (les  $K_a$ ,  $K_e$ , pH etc. ne sont pas encore définis)**

**Pas d'exercice avec des mélanges gazeux**

→ **Chapitre EM1 : Electrostatique** - Théorème de Gauss

**Seulement des exercices simples. Le potentiel électrostatique et les équations locales n'ont pas encore été vues**

■ **Questions de cours seules**

1. ♥ On mélange un volume  $V_1 = 10$  mL d'une solution de chlorure de sodium NaCl entièrement dissous pour donner des ions sodium  $\text{Na}^+$  et des ions chlorure  $\text{Cl}^-$ , de concentration  $c_1 = 0,10$  mol.L<sup>-1</sup> et un volume  $V_2 = 20$  mL d'une solution de chlorure de potassium KCl entièrement dissous pour donner des ions sodium  $\text{K}^+$  et des ions chlorure  $\text{Cl}^-$ , de concentration  $c_2 = 0,15$  mol.L<sup>-1</sup>. Calculer les concentrations dans le mélange.

2. ♥ Considérons la réaction totale suivante en milieu de pH tamponné ( $[\text{H}^+] = \text{cte}$ ) :



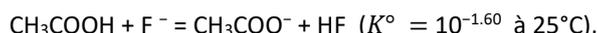
Dresser le tableau d'avancement et déterminer l'état final du système.

3. ♥ On dissout 30 mg de sulfate de sodium hydraté ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) dans de l'eau. Le volume de la solution est de 500 mL. Déterminer la quantité de matière en solution de sulfate de sodium puis les activités des ions  $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$  et  $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$  ainsi que l'activité de l'eau.

$$M(\text{Na}) = 23\text{g/mol} \quad M(\text{S}) = 32\text{g/mol} \quad M(\text{O}) = 16 \text{g/mol} \quad M(\text{H}) = 1 \text{g/mol}$$

4. Prévoir le sens d'évolution et la composition à l'équilibre des réactions suivantes :

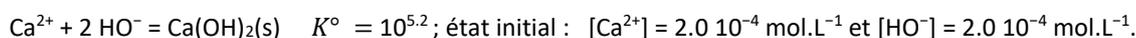
1) ♥ Réaction acido-basique entre l'acide éthanoïque et les ions fluorure :



a) ♥ Conditions initiales :  $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,10$  mol.L<sup>-1</sup>,  $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0$  mol.L<sup>-1</sup>,  $[\text{F}^-] = 0,1$  mol.L<sup>-1</sup> et  $[\text{HF}] = 0$  mol.L<sup>-1</sup>.

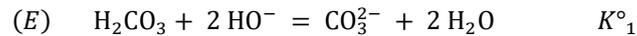
b) ♥ Conditions initiales :  $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,10$  mol.L<sup>-1</sup> =  $[\text{F}^-]$ ,  $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0,10$  mol.L<sup>-1</sup> et  $[\text{HF}] = 0,10$  mol.L<sup>-1</sup>.

2) Réaction de formation de l'hydroxyde de calcium  $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$  :



5. a- ♥ Indiquer comment obtenir la constante d'équilibre d'une réaction étant la combinaison linéaire de réactions de constantes d'équilibre connues. Traiter les cas particuliers d'une réaction inverse et d'une réaction dont on double les coefficients stœchiométriques.

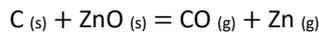
b- Exprimer la constante d'équilibre  $K^{\circ}_1$  de la réaction d'équation-bilan ci-dessous :



Données :

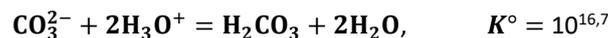
- (1)  $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ \quad K_{a1} = 10^{-6,3}$   
 (2)  $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+ \quad K_{a2} = 10^{-10,3}$   
 (3)  $2 \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HO}^- \quad K_e = 10^{-14}$

6. ☆ On considère la réaction



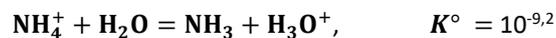
Elle a lieu dans un four initialement vide, de volume invariable  $V = 10 \text{ L}$ , porté à 1300 K, où la constante d'équilibre vaut  $K^{\circ} = 11,8$ . On apporte à l'état initial  $n_0$  mol de carbone graphite  $\text{C}_{(s)}$  et  $n_0$  mol d'oxyde de zinc. Déterminer la pression dans l'enceinte lorsque l'équilibre est atteint pour  $n_0$  variant de 0 à 1 mol et la représenter graphiquement. Préciser dans quel domaine l'équilibre est atteint et dans quel domaine il y a rupture d'équilibre.

7. ♥ On considère la réaction en phase aqueuse diluée des ions carbonates avec des ions oxonium :



La concentration initiale en ions carbonate est de  $10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  et celle en ions oxonium est de  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Déterminer la composition de la solution à l'équilibre.

8. ♥ On met en solution des ions ammonium à la concentration de  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Ils réagissent avec l'eau selon l'équation bilan :



Déterminer la composition de la solution à l'équilibre.

9. ♥ Déterminer par application du théorème de Gauss le champ gravitationnel créé en tout point de l'espace par un astre sphérique de rayon  $R$  et de masse volumique  $\rho_0 = \text{cte}$ .
10. ♥ Déterminer par application du théorème de Gauss le champ électrostatique créé en tout point de l'espace par un cylindre infini de rayon  $R$  uniformément chargé en volume, avec une densité volumique de charge  $\rho$ .
11. ♥ Déterminer par application du théorème de Gauss le champ électrostatique créé en tout point de l'espace par un plan infini uniformément chargé en surface, avec une densité surfacique de charge  $\sigma$ .

## ■ Questions de cours avec éléments de réponse

1. ❤ On mélange un volume  $V_1 = 10 \text{ mL}$  d'une solution de chlorure de sodium NaCl entièrement dissous pour donner des ions sodium  $\text{Na}^+$  et des ions chlorure  $\text{Cl}^-$ , de concentration  $c_1 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et un volume  $V_2 = 20 \text{ mL}$  d'une solution de chlorure de potassium KCl entièrement dissous pour donner des ions sodium  $\text{K}^+$  et des ions chlorure  $\text{Cl}^-$ , de concentration  $c_2 = 0,15 \text{ mol.L}^{-1}$ . Calculer les concentrations dans le mélange.

### Eléments de réponse :

Les concentrations correspondent par définition au nombre de mole du soluté considéré sur le volume total, soit ici :

$$[\text{Na}^+]_{\text{éq}} = \frac{n_{\text{Na}^+, \text{éq}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{c_1 V_1}{V_1 + V_2} = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L} \quad [\text{K}^+]_{\text{éq}} = \frac{n_{\text{K}^+, \text{éq}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{c_2 V_2}{V_1 + V_2} = 0,1 \text{ mol/L}$$

Les ions chlorure étant apportés par les deux solides :

$$[\text{Cl}^-]_{\text{éq}} = \frac{n_{\text{Cl}^-, \text{éq}}}{V_{\text{tot}}} = \frac{c_1 V_1 + c_2 V_2}{V_1 + V_2} = 1,33 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

2. ❤ Considérons la réaction totale suivante en milieu de pH tamponné ( $[\text{H}^+] = \text{cte}$ ) :



Dresser le tableau d'avancement et déterminer l'état final du système.

### Eléments de réponse :

	avancement (mol)	$\text{IO}_3^-$	+	$5\text{I}^-$	+	$6\text{H}^+$	=	$3\text{I}_2$	+	$3\text{H}_2\text{O}$
Etat initial	0	0,1		0,2		Cte		0		0
A t	$\xi$	$0,1 - \xi$		$0,2 - 5\xi$		Cte		$3\xi$		$3\xi$
A $t_{\infty}$ (état final)	$\xi_{\text{max}}$	$0,1 - \xi_{\text{max}}$		$0,2 - 5\xi_{\text{max}}$		Cte		$3\xi_{\text{max}}$		$3\xi_{\text{max}}$
	16	$0,1 - 0,04 = 0,06$		0		Cte		$3 \times 0,04 = 0,12$		$3 \times 0,04 = 0,12$

Si  $\text{IO}_3^-$  est l'espèce limitante, dans l'état final  $0,1 - \xi_{\text{max},1} = 0$  soit  $\xi_{\text{max},1} = 0,1 \text{ mol}$  ;

Si  $\text{I}^-$  est l'espèce limitante, dans l'état final  $0,2 - 5\xi_{\text{max},2} = 0$  soit  $\xi_{\text{max},2} = \frac{0,2}{5} \text{ mol} < \xi_{\text{max},1} = 0,1 \text{ mol}$  ;

C'est donc  $\text{I}^-$  qui est l'espèce limitante, avec  $\xi_{\text{max},2} = \frac{0,2}{5} \text{ mol} = 0,04 \text{ mol}$

3. ❤ On dissout 30 mg de sulfate de sodium hydraté ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$ ) dans de l'eau. Le volume de la solution est de 500 mL. Déterminer la quantité de matière en solution de sulfate de sodium puis les activités des ions  $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$  et  $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$  ainsi que l'activité de l'eau.

$$M(\text{Na}) = 23 \text{ g/mol} \quad M(\text{S}) = 32 \text{ g/mol} \quad M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol} \quad M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$$

### Eléments de réponse :

a)  $n = \frac{m}{M}$  avec  $M = 2M(\text{Na}) + M(\text{S}) + 14M(\text{O}) + 20M(\text{H}) = 2 \times 23 + 32 + 14 \times 16 + 20 \times 1 = 322 \text{ g/mol}$   
(ne pas oublier les 10 molécules d'eau !)

$$n = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{322} = 9,32 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

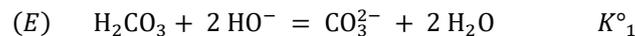
b) une mole de sulfate de sodium hydraté ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$ ) libère dans l'eau après dissolution une mole de sulfate et deux moles de sodium ; on a donc :

$$a_{\text{sulfate}} = \frac{c_{\text{sulf}}}{c^\circ} = \frac{n}{V c^\circ} = \frac{9,32 \cdot 10^{-5}}{0,5} = 1,86 \cdot 10^{-4} \quad a_{\text{Na}} = \frac{c_{\text{Na}}}{c^\circ} = \frac{2n}{V c^\circ} = \frac{2 \times 9,32 \cdot 10^{-5}}{0,5} = 3,73 \cdot 10^{-4}$$

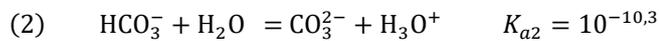
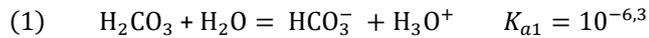
L'eau étant le solvant, son activité vaut 1.

4. a- ❤ Indiquer comment obtenir la constante d'équilibre d'une réaction étant la combinaison linéaire de réactions de constantes d'équilibre connues. Traiter les cas particuliers d'une réaction inverse et d'une réaction dont on double les coefficients stœchiométriques.

b- Exprimer la constante d'équilibre  $K^{\circ}_1$  de la réaction d'équation-bilan ci-dessous :



Données :



a- ❤ Si l'équation bilan (E) est une combinaison linéaire d'équations ( $E_j$ ) telle que  $(E) = \sum \alpha_j(E_j)$ , sa constante d'équilibre  $K^{\circ}$  s'exprime en fonction des constantes d'équilibre  $K^{\circ}_j$  relatives aux réactions d'équation ( $E_j$ ) selon :

$$K^{\circ} = \prod_j K^{\circ_j \alpha_j}$$

et en particulier :

pour une réaction inverse d'une réaction de constante  $K^{\circ}$  :  $(E') = -(E) \Rightarrow K^{\circ'} = (K^{\circ})^{-1} = \frac{1}{K^{\circ}}$

pour une réaction (E) :  $0 = \sum \nu_i B_i$  de constante  $K^{\circ}$  dont on double les  $\nu_i$  :  $(E') : 0 = \sum 2\nu_i B_i \Rightarrow K^{\circ'} = K^{\circ 2}$

**b- Méthode N°1** : Par combinaison linéaire :  $(E) = (1) + (2) - 2 \times (3)$  or

Ici, on a donc

$$K^{\circ}_1 = \frac{K_{a1} K_{a2}}{K_e^2} = 10^{11,4} = 2,5 \cdot 10^{11}$$

**Méthode N°2** : on peut retrouver cette relation en exploitant les L.A.M. pour retrouver  $K^{\circ}_1 = \frac{K_{a1} K_{a2}}{K_e^2}$

Avec L.A.M. :

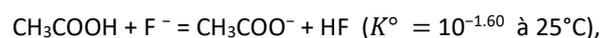
$$K^{\circ}_1 = \frac{a_{\text{éq}}(\text{CO}_3^{2-}) a_{\text{éq}}(\text{H}_2\text{O})^2}{a_{\text{éq}}(\text{H}_2\text{CO}_3) a_{\text{éq}}(\text{HO}^-)^2} \underset{\substack{\text{a}(\text{H}_2\text{O})=1 \\ \text{(solvant)}}}{=} \frac{a_{\text{éq}}(\text{CO}_3^{2-})}{a_{\text{éq}}(\text{H}_2\text{CO}_3) a_{\text{éq}}(\text{HO}^-)^2}$$

et

$$K_{a1} = \frac{a_{\text{éq}}(\text{HCO}_3^-) a_{\text{éq}}(\text{H}_3\text{O}^+)}{a_{\text{éq}}(\text{H}_2\text{CO}_3) \times 1} \quad K_{a2} = \frac{a_{\text{éq}}(\text{CO}_3^{2-}) a_{\text{éq}}(\text{H}_3\text{O}^+)}{a_{\text{éq}}(\text{HCO}_3^-) \times 1} \quad K_e = \frac{a_{\text{éq}}(\text{H}_3\text{O}^+) a_{\text{éq}}(\text{HO}^-)}{1}$$

5. Prévoir le sens d'évolution et la composition à l'équilibre des réactions suivantes :

1) ❤ Réaction acido-basique entre l'acide éthanóïque et les ions fluorure :



c) ❤ Conditions initiales :  $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0 \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $[\text{F}^-] = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  et  $[\text{HF}] = 0 \text{ mol.L}^{-1}$ .

d) ❤ Conditions initiales :  $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,10 \text{ mol.L}^{-1} = [\text{F}^-]$ ,  $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et  $[\text{HF}] = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .

2) Réaction de formation de l'hydroxyde de calcium  $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$  :

$\text{Ca}^{2+} + 2 \text{HO}^- = \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s}) \quad K^{\circ} = 10^{5,2}$ ; état initial :  $[\text{Ca}^{2+}] = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$  et  $[\text{HO}^-] = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ .

**Éléments de réponse :**

1) a) On a  $Q_0 = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_0 \cdot [\text{HF}]_0}{[\text{F}^-]_0 \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}]_0} = 0 < K^\circ$  : Evolution dans le sens direct

Bilan en concentrations	$\text{CH}_3\text{COOH}$	+	$\text{F}^-$	=	$\text{HF}$	+	$\text{CH}_3\text{COO}^-$
E.I.	$c_0$		$c_0$		0		0
E.F.	$c_0(1-\alpha)$		$c_0(1-\alpha)$		$c_0\alpha$		$c_0\alpha$

L.A.M. :  $K^\circ = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{éq}} \cdot [\text{HF}]_{\text{éq}}}{[\text{F}^-]_{\text{éq}} \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{éq}}} = \frac{(c_0\alpha)^2}{(c_0(1-\alpha))^2} = \left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right)^2$  d'où  $\alpha = \frac{\sqrt{K^\circ}}{1+\sqrt{K^\circ}} = 13,7\%$

b) On a  $Q_0 = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_0 \cdot [\text{HF}]_0}{[\text{F}^-]_0 \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}]_0} = 1 > K^\circ = 10^{-1,6}$

Evolution dans le sens indirect :

on peut par exemple considérer la réaction inverse de constante  $K^{o'} = \frac{1}{K^\circ} = 10^{+1,6}$

Bilan en concentrations	$\text{CH}_3\text{COO}^-$	+	$\text{HF}$	=	$\text{F}^-$	+	$\text{CH}_3\text{COOH}$
E.I.	$c_0$		$c_0$		$c_0$		$c_0$
E.F.	$c_0(1-\alpha)$		$c_0(1-\alpha)$		$c_0(1+\alpha)$		$c_0(1+\alpha)$

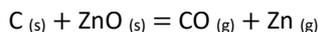
L.A.M. :  $K^{o'} = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{éq}} \cdot [\text{F}^-]_{\text{éq}}}{[\text{HF}]_{\text{éq}} \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{éq}}} = \frac{(c_0(1+\alpha))^2}{(c_0(1-\alpha))^2} = \left(\frac{1+\alpha}{1-\alpha}\right)^2$  d'où  $1+\alpha = \sqrt{K^{o'}}(1-\alpha)$  soit

$$\alpha = \frac{\sqrt{K^{o'}}-1}{1+\sqrt{K^{o'}}} = 72,6\%$$

2)  $Q_{r,0} = \frac{1}{[\text{Ca}^{2+}]_0 [\text{HO}^-]_0^2} = \frac{1}{2,10^{-4} \times 4,10^{-8}} = \frac{1}{8} 10^{12} > K^\circ = 10^{5,2}$  :

évolution dans le sens indirect, or en l'absence de produit dans l'état initial, absence de réaction : il ne se passe rien.

## 6. ☆ On considère la réaction



Elle a lieu dans un four initialement vide, de volume invariable  $V = 10 \text{ L}$ , porté à 1300 K, où la constante d'équilibre vaut  $K^\circ = 11,8$ . On apporte à l'état initial  $n_0$  mol de carbone graphite  $\text{C}_{(s)}$  et  $n_0$  mol d'oxyde de zinc. Déterminer la pression dans l'enceinte lorsque l'équilibre est atteint pour  $n_0$  variant de 0 à 1 mol et la représenter graphiquement. Préciser dans quel domaine l'équilibre est atteint et dans quel domaine il y a rupture d'équilibre.

### Éléments de réponse :

Tableau d'avancement de la réaction lorsque l'équilibre est atteint :

	Bilan en moles		$\text{C}_{(s)}$	+	$\text{ZnO}_{(s)}$	=	$\text{CO}_{(g)}$	+	$\text{Zn}_{(g)}$		$n_{\text{tot,gaz}}$
	E.I.		$n_0$		$n_0$		0		0		0
	E.F.		$n_0 - \xi_{\text{éq}}$		$n_0 - \xi_{\text{éq}}$		$\xi_{\text{éq}}$		$\xi_{\text{éq}}$		$2\xi_{\text{éq}}$

Si l'équilibre est atteint, d'après la L.A.M. :

$$K^\circ = 11,8 = \frac{a_{\text{CO,éq}} a_{\text{Zn,éq}}}{a_{\text{C,éq}} a_{\text{ZnO,éq}}} = \frac{P_{\text{CO,éq}} P_{\text{Zn,éq}}}{P^{\circ 2} \times 1 \times 1} = \frac{x_{\text{CO,éq}} x_{\text{Zn,éq}}}{P^{\circ 2}} P_{\text{éq}}^2 = \frac{n_{\text{CO,éq}} n_{\text{Zn,éq}}}{n_{\text{tot,gaz}}^2} \left(\frac{P_{\text{éq}}}{P^\circ}\right)^2 = \left(\frac{\xi_{\text{éq}}}{2\xi_{\text{éq}}} \frac{P_{\text{éq}}}{P^\circ}\right)^2 = \left(\frac{1}{2} \frac{P_{\text{éq}}}{P^\circ}\right)^2$$

Soit

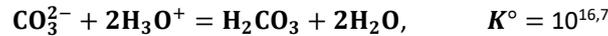
$$P_{\text{éq}} = 2\sqrt{K^\circ} P^\circ = 6,87 \text{ bar}$$

D'après l'équation d'état des gaz parfaits,  $P_{\text{éq}} V = n_{\text{tot,gaz}} RT = 2\xi_{\text{éq}} RT$  soit  $\xi_{\text{éq}} = \frac{P_{\text{éq}} V}{2RT} = 0,318 \text{ mol}$ .

Si  $n_0 > \xi_{\text{éq}}$  : à l'équilibre, le nombre de moles final  $n_0 - \xi_{\text{éq}}$  de C (s) et de ZnO (s) est non nul, l'équilibre est bien atteint, et la pression  $P_F$  régnant dans l'enceinte est  $P_F = P_{\text{éq}} = 6,87 \text{ bar} = \text{cte}$ .

$\forall n_0 < \xi_{\text{éq}}$ , il y a rupture d'équilibre, avec  $\xi_{\text{max}} = n_0$  et  $P_F V = n_{\text{tot,gaz}} RT = 2n_0 RT$  soit  $P_F = \frac{2n_0 RT}{V}$  : variation linéaire.

7. ♥ On considère la réaction en phase aqueuse diluée des ions carbonates avec des ions oxonium :



La concentration initiale en ions carbonate est de  $10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  et celle en ions oxonium est de  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Déterminer la composition de la solution à l'équilibre.

**Éléments de réponse :**

Absence de réactifs dans l'état initial,  $Q_r = 0$ , avancement dans le sens direct. Tableau d'avancement :

Bilan en mol /L	$\text{CO}_3^{2-}$	$+ 2\text{H}_3\text{O}^+$	$= \text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
E.I.	$10^{-3}$	$10^{-2}$	0 /
E.F.	$10^{-3} - x$	$10^{-2} - 2x$	$x$ /
E.F. approché	$\varepsilon$	$8 \cdot 10^{-3}$	$10^{-3}$ /

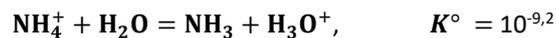
Avec  $K^\circ = 10^{16,7} \gg 1$ , on peut faire l'hypothèse d'une réaction quasi-totale, avec consommation complète du réactif limitant, soit ici  $x \approx 10^{-3} \text{ mol/L}$  et  $\varepsilon = 10^{-3} - x \ll 10^{-3} \text{ mol/L}$

A l'équilibre, d'après la L.A.M. :

$$K^\circ = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3] \times 1}{[\text{CO}_3^{2-}] \times [\text{H}_3\text{O}^+]^2} = \frac{x}{(10^{-3} - x)(10^{-2} - 2x)^2} \approx \frac{10^{-3}}{\varepsilon(8 \cdot 10^{-3})^2} = 10^{16,7}$$

Soit  $\varepsilon = \frac{10^{-13,7}}{64} = 3,1 \cdot 10^{-16} \text{ mol/L}$  : on a bien  $\varepsilon = 10^{-3} - x \ll 10^{-3} \text{ mol/L}$ , hypothèse validée.

8. ♥ On met en solution des ions ammonium à la concentration de  $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Ils réagissent avec l'eau selon l'équation bilan :



Déterminer la composition de la solution à l'équilibre.

**Éléments de réponse :**

Absence de réactifs dans l'état initial,  $Q_r = 0$ , avancement dans le sens direct. Tableau d'avancement :

Bilan en mol /L	$\text{NH}_4^+$	$+ \text{H}_2\text{O}$	$= \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$
E.I.	$10^{-2}$	/	0 0
E.F.	$10^{-2} - x$	/	$x$ $x$
E.F. approché	$10^{-2}$	/	$\varepsilon$ $\varepsilon$

Avec  $K^\circ = 10^{-9,2} \ll 1$ , on peut faire l'hypothèse d'une réaction très peu avancée, soit ici  $10^{-2} - x \approx 10^{-2} \text{ mol/L}$  et  $x = \varepsilon \ll 10^{-2} \text{ mol/L}$

A l'équilibre, d'après la L.A.M. :

$$K_s = \frac{[\text{NH}_3] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+] \times 1} = \frac{x^2}{(10^{-2} - x)} \approx \frac{\varepsilon^2}{10^{-2}} = 10^{-9,2}$$

Soit  $\varepsilon = 10^{-5,6} \text{ mol/L} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$

On a bien  $\varepsilon \ll 10^{-2} \text{ mol/L}$  hypothèse validée.

Pour les calculs de champ électrostatique ou gravitationnel, être particulièrement vigilant quant à la rigueur de la démarche !! étapes attendues :

- 1) Choix des coordonnées,

- 2) Choix du point  $M$  quelconque étudié : le représenter, faire apparaître les vecteurs de la base utilisée
- 3) étude des symétries et invariances de la distribution, conséquences sur le champ  $\vec{E}$  ou  $\vec{G}$  (principe de Curie et propriétés associées dans le cas de champ  $\vec{E}$  ou  $\vec{G}$  à citer à bon escient)
- 4) choix de la surface de Gauss (la définir soigneusement et vérifier qu'elle passe par le point  $M$ )
- 5) Calcul de la charge intérieure ou de la masse intérieure avec éventuelle disjonction des cas,
- 6) calcul du flux sortant à travers la surface de Gauss,
- 7) application du théorème de Gauss, la disjonction de cas sur la charge / masse intérieure se répercutant sur  $\vec{E}$  ou  $\vec{G}$
- 8) vérification de l'homogénéité du résultat attendu...

9. ❤ Déterminer par application du théorème de Gauss le champ gravitationnel créé en tout point de l'espace par un astre sphérique de rayon  $R$  et de masse volumique  $\rho_0 = cte$ .
10. ❤ Déterminer par application du théorème de Gauss le champ électrostatique créé en tout point de l'espace par un cylindre infini de rayon  $R$  uniformément chargé en volume, avec une densité volumique de charge  $\rho$ .
11. ❤ Déterminer par application du théorème de Gauss le champ électrostatique créé en tout point de l'espace par un plan infini uniformément chargé en surface, avec une densité surfacique de charge  $\sigma$ .

Distribution	Astre sphérique de masse volumique $\rho$	Cylindre infini chargé en volume ( $\rho$ )	Plan $x = 0$ infini chargé ( $\sigma$ )
Champ $\vec{G}$ ou $\vec{E}$	$r \leq R : \vec{G} = -4\pi\mathcal{G} \frac{\rho r}{3} \vec{e}_r$ $r \geq R : \vec{G} = -4\pi\mathcal{G} \frac{\rho R^3}{3 r^2} \vec{e}_r = -\mathcal{G} \frac{M_{tot}}{r^2} \vec{e}_r$	$r \leq R : \vec{E} = \frac{\rho r}{2 \varepsilon_0} \vec{e}_r$ $r \geq R : \vec{E} = \frac{\rho R^2}{2 \varepsilon_0 r} \vec{e}_r$	$x > 0 : \vec{E} = \frac{\sigma}{2 \varepsilon_0} \vec{e}_x$ $x < 0 : \vec{E} = -\frac{\sigma}{2 \varepsilon_0} \vec{e}_x$