

EXERCICE : Validation d'une équation chimique par mesure de pression

Un flacon d'un volume de 1,204 L fermement bouché contient un volume $V_1 = 300$ mL d'une solution d'hypochlorite de sodium (eau de Javel) de concentration molaire $c_1 = 0,30$ mol.L⁻¹. Il est placé sur un agitateur magnétique. Ce flacon est relié à un capteur qui permet de suivre l'évolution de la pression du gaz qu'il contient.

Une seringue permet d'introduire $V_2 = 4,0$ mL d'ammoniaque de concentration molaire $c_2 = 10$ mol.L⁻¹ dans le flacon. La seringue est bloquée par un dispositif évitant tout risque de reflux du piston.

La réaction modélisant la transformation chimique entre l'ammoniaque et les ions hypochlorite s'écrit :



La transformation a lieu à température constante $\theta = 27^\circ\text{C}$.

La pression du gaz dans le flacon vaut dans l'état initial $P_i = 1,00 \times 10^5$ Pa

Après quelques minutes la pression n'évolue plus et vaut $P_f = 1,55 \times 10^5$ Pa.

On considère qu'au cours de la transformation les gaz peuvent occuper un volume $V = 900$ mL dans le flacon.

1. Indiquer les expressions littérales et les calculs des quantités de matière n_1 et n_2 de chaque réactif dont les valeurs figurent dans le tableau d'avancement.
2. Compléter la ligne « En cours de transformation » du tableau.
3. Déterminer la valeur de l'avancement maximal x_{max} en justifiant clairement sur la copie. Compléter la ligne « État final » du tableau (expressions littérales et valeurs numériques).
4. D'après le tableau d'avancement quelle quantité de matière de diazote gazeux $n_{\text{N}_2, \text{théo}}$ doit théoriquement se former ?
5. Confrontation entre le modèle théorique et les mesures de pression.

5.1. Calculer la variation de pression ΔP au cours de la transformation chimique.

5.2. En utilisant la loi des gaz parfaits : $\Delta P \cdot V = n_{\text{gazEXP}} \cdot R \cdot T$, exprimer littéralement n_{gazEXP} la quantité de matière de gaz produite au cours de la transformation.

5.3. Calculer n_{gazEXP}

Aide aux calculs :

$$0,55 \times 10^5 = 5,5 \times 10^4$$

$$3 \times 5,5 = 16,5$$

$$16,5 / 8,3 = 2,0$$

5.4. L'équation chimique est-elle validée?

Données: R constante des gaz parfaits $R = 8,3 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

$0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

équation chimique		$3 \text{ClO}^-_{(\text{aq})} + 2 \text{NH}_3_{(\text{aq})} \rightarrow \text{N}_2_{(\text{g})} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 3 \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$				
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)				
État initial	$x = 0$	$n_1 = 9,0 \times 10^{-2}$	$n_2 = 4,0 \times 10^{-2}$	0		0
En cours de transformation	x					
État final	$x_{max} =$					

AIDE TS CHIMIE CORRECTION séance 0 **CALCULATRICE INTERDITE**
EXERCICE : (...../ 8 pts) Validation d'une équation chimique par mesure de pression

1. Quantité de matière n_1 d'ions hypochlorite ClO^- :

0,25

$$n_1 = c_1 \cdot V_1$$

0,25

$$n_1 = 0,30 \times 0,300 = 9,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Quantité de matière n_2 d'ammoniaque NH_3 :

0,25

$$n_2 = c_2 \cdot V_2$$

0,25

$$n_2 = 10 \times 4,0 \times 10^{-3} = 40 \times 10^{-3} = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

équation chimique		$3 \text{ClO}^-_{(\text{aq})} + 2 \text{NH}_3_{(\text{aq})} \rightarrow \text{N}_2_{(\text{g})} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 3 \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$				
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)				
État initial	$x = 0$	$n_1 = 9,0 \times 10^{-2}$	$n_2 = 4,0 \times 10^{-2}$	0		0
2. En cours de transformation	x 1 pt	$n_1 - 3x =$ $9,0 \times 10^{-2} - 3x$	$n_2 - 2x =$ $4,0 \times 10^{-2} - 2x$	x		$3x$
État final	$x_{\text{max}} =$ 1,5 pt $2,0 \times 10^{-2}$	$n_1 - 3x_{\text{max}} =$ $9,0 \times 10^{-2} -$ $3 \times 2,0 \times 10^{-2} =$ $3,0 \times 10^{-2}$	$n_2 - 2x_{\text{max}} =$ $4,0 \times 10^{-2} -$ $2 \times 2,0 \times 10^{-2} =$ 0	$x_{\text{max}} =$ $2,0 \times 10^{-2}$		$3x_{\text{max}} =$ $6,0 \times 10^{-2}$

3. Détermination de l'avancement maximal x_{max} :

0,25

Si ClO^- est le réactif limitant, il est totalement consommé soit $n_1 - 3x_{\text{max}} = 0$. Donc $x_{\text{max}} = \frac{n_1}{3}$.

0,25

$$x_{\text{max}} = \frac{9,0 \times 10^{-2}}{3} = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

0,25

Si NH_3 est le réactif limitant alors $n_2 - 2x_{\text{max}} = 0$, soit $x_{\text{max}} = \frac{n_2}{2}$.

0,25

$$x_{\text{max}} = \frac{4,0 \times 10^{-2}}{2} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

0,5 Le réactif limitant est celui qui conduit à l'avancement maximal le plus faible, il s'agit de l'ammoniaque et $x_{\text{max}} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

0,5 4. D'après le tableau d'avancement, $n_{\text{N}_2, \text{théo}} = x_{\text{max}}$ donc $n_{\text{N}_2, \text{théo}} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

5. Confrontation entre le modèle théorique et les mesures de pression.

0,25

5.1. $\Delta P = P_f - P_i$

0,25

$$\Delta P = 1,55 \times 10^5 - 1,00 \times 10^5 = 0,55 \times 10^5 \text{ Pa}$$

0,5

5.2. D'après la loi des gaz parfaits $\Delta P \cdot V = n_{\text{gazEXP}} \cdot R \cdot T$, donc $n_{\text{gazEXP}} = \frac{\Delta P \cdot V}{R \cdot T}$

0,25

5.3. Attention aux unités : V en m^3 , T en K

0,25

0,5

$$n_{\text{gazEXP}} = \frac{5,5 \times 10^4 \times 900 \times 10^{-6}}{8,3 \times 300} = \frac{5,5 \times 900 \times 10^{-2}}{8,3 \times 300} = \frac{5,5 \times 3,00 \times 10^{-2}}{8,3} = \frac{16,5 \times 10^{-2}}{8,3} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

0,5

5.4. D'après le tableau d'avancement $n_{\text{N}_2, \text{théo}} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ et d'après l'expérience $n_{\text{gazEXP}} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$. Le diazote étant la seule espèce gazeuse, les résultats expérimentaux sont en accord avec l'équation chimique, celle-ci est validée.