

2- Grandeurs physiques liées aux quantités de matière

C- Applications au suivi d'une réaction chimique

Application 1: Le zinc réagit avec l'acide chlorhydrique pour donner un dégagement gazeux de dihydrogène et des ions $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}$ en solution aqueuse. On fait réagir un volume $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ d'acide chlorhydrique de concentration $C_1 = 5,00 \text{ mol.L}^{-1}$ avec une masse $m = 0,11 \text{ g}$ de zinc solide. Faire un bilan de matière et calculer le volume V de dihydrogène obtenu.

On précise que les ions chlorure sont des ions spectateurs et que dans les conditions de l'expérience, le volume molaire $V_m = 24,3 \text{ L.mol}^{-1}$ et la masse molaire du zinc $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$.

Les différentes étapes de résolution :

1. Écrire l'équation de la réaction.
2. Donner l'état initial du système et calculer les quantités de matière des différents réactifs.
3. Dresser un tableau d'avancement de la réaction.
4. Déterminer la valeur de x_{max}
5. Faire le bilan de matière et calculer le volume de dihydrogène obtenu

Équation de la réaction : $\text{Zn}_{(\text{s})} + 2 \text{H}^{+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{H}_{2(\text{g})}$

- État initial et quantité de matière : $n_i(\text{H}^{+}) = C_1 \cdot V_1$

$$n_i(\text{H}^{+}) = 5,00 \times 20,0 \times 10^{-3}$$

$$n_i(\text{H}^{+}) = 0,10 \text{ mol.}$$

$$n_i(\text{Zn}) = m / M(\text{Zn})$$

$$n_i(\text{Zn}) = 0,11 / 65,4$$

$$n_i(\text{Zn}) = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

- Tableau d'avancement de la réaction.

Équation		$\text{Zn}_{(s)} + 2 \text{H}^{+}_{(aq)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$				
État u système	Avancement	mol	mol		mol	mol
État initial (mol)	$x = 0$	$n_i(\text{Zn}) = 1,7 \times 10^{-3}$	$n_i(\text{H}^{+}) = 0,10$		0	0
Au cours de la Transformation	x	$1,7 \times 10^{-3} - x$	$0,10 - 2x$		x	x
État final (mol)	$x = x_{\max}$	$1,7 \times 10^{-3} - x_{\max}$	$0,10 - 2x_{\max}$		$x_{\max}$	$x_{\max}$

Pour compléter le tableau, il faut déterminer la valeur de $x_{\max}$. On peut calculer les deux valeurs de $x_{\max}$ en résolvant les deux équations suivantes :

$$1,7 \times 10^{-3} - x_{\max 1} = 0 \quad \text{et} \quad 0,10 - 2x_{\max 2} = 0$$

$$x_{\max 1} = 1,7 \times 10^{-3} \text{ mol} \quad \text{et} \quad x_{\max 2} = 0,050 \text{ mol}$$

La valeur retenue pour $x_{\max}$ est la plus faible des deux valeurs :

$$x_{\max} = x_{\max 1} = 1,7 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Maintenant, on peut compléter le tableau et donner l'état final du système.

Équation		$\text{Zn}_{(s)}$	$+ 2 \text{H}^{+}_{(aq)}$	$\rightarrow$	$\text{Zn}^{2+}_{(aq)}$	$+ \text{H}_{2(g)}$
État u système	Avancement	mol	mol		mol	mol
État initial (mol)	$x = 0$	$n_i(\text{Zn}) = 1,7 \times 10^{-3}$	$n_i(\text{H}^{+}) = 0,10$		0	0
Au cours de la transformation	x	$1,7 \times 10^{-3} - x$	$0,10 - 2x$		x	x
État final (mol)	$x = x_{\max}$	$1,7 \times 10^{-3} - x_{\max}$	$0,10 - 2x_{\max}$		$x_{\max}$	$x_{\max}$

Le zinc métal est le réactif limitant. La réaction s'arrête lorsqu'il est totalement consommé.

Volume de dihydrogène obtenu en fin de réaction :

$$V = x_{\max} \cdot V_m$$

$$V = 1,7 \times 10^{-3} \times 24,3$$

$$V \approx 4,1 \times 10^{-2} \text{ L}$$

$$V \approx 41 \text{ mL}$$