

TP: Etude d'une réaction chimique grâce à la variation de pression

I) Principe

On fait réagir du magnésium en ruban avec de l'acide chlorhydrique dans un erlenmeyer fermé. Grâce à la mesure de variation de pression entre l'état initial et l'état final :

- Déterminer l'avancement d'une réaction qui a lieu à volume constant.
- Déterminer la masse initiale de réactif utilisé.
- Déterminer la composition finale du milieu réactionnel.

II) Protocole expérimental

1) Préparation :

- Prélever 10,0 mL d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_a = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$, à l'aide d'une pipette jaugée munie d'un pipeteur
- L'introduire dans un erlenmeyer à col rôdé de contenance 150 mL.
- Préparer un bain thermostaté : il suffit de remplir un cristallisoir afin qu'on puisse y refroidir le milieu réactionnel, contenu dans l'erlenmeyer.
- Découper un morceau de magnésium de 4 cm et mesurer avec précision sa longueur ($l = \dots\dots\dots\text{cm}$).
- Plier le morceau de magnésium et placer le sur le support en cuivre du bouchon, de façon à le faire tomber au moment opportun dans l'acide.
- Pencher l'erlenmeyer pour le fermer hermétiquement avec le bouchon **sans faire tomber le morceau de magnésium** et adapter le pressiomètre à l'extrémité du tube plastique.
- Mesurer la pression de l'air initialement présent dans l'erlenmeyer ($P_{\text{air}} = \dots\dots\dots$)

2) Réaction :

- Faire tomber le magnésium dans l'acide et laisser la réaction chimique s'effectuer tout en maintenant l'erlenmeyer dans le cristallisoir d'eau.
- Lorsque la réaction chimique est terminée, attendre quelques minutes afin que le système chimique final soit en équilibre thermique avec l'eau du cristallisoir.
- Mesurer la température de l'eau du cristallisoir, on supposera que le gaz contenu dans l'erlenmeyer est à cette même température ($\theta = \dots\dots\dots^\circ\text{C}$).
- Mesurer la pression finale du mélange gazeux contenu dans l'erlenmeyer ($P_{\text{mélange}} = \dots\dots\dots$).

3) Mesure du volume total 'erlenmeyer + tube effilé

- Déboucher l'erlenmeyer et vider son contenu dans un flacon de récupération.
- Démontez avec beaucoup de précaution le pressiomètre.
- Remplir d'eau l'erlenmeyer, le fermer à l'aide du bouchon ce qui permet de remplir le tuyau avec de l'eau.
- Verser ensuite cette eau dans une éprouvette graduée, et déterminer le volume total "erlenmeyer + tube effilé" ($V_{\text{total}} = \dots\dots\dots$)

4) Tests : mise en évidence des ions présents en fin de réaction

Introduire 1 mL de la solution finale dans deux tubes à essais puis ajouter :

- ◆ dans le tube N°1 : environ 0,5 mL d'une solution de nitrate d'argent.
- ◆ dans le tube N°2 : 1 à 2 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire 1 mol.L⁻¹.

Vérifier la valeur du pH de la solution finale avec un papier pH.

Conclure : quels sont les ions présents dans l'erenmeyer en fin de réaction ?

III) Exploitation des mesures

- A partir du volume total V_{total} , en déduire le volume occupé par le mélange gazeux en fin de réaction, en tenant compte du volume d'acide introduit. ($V_{\text{mélange}} = \dots\dots\dots$).
- Sachant que la pression du gaz dihydrogène formé correspond à la variation de pression entre l'état final et l'état initial, la déterminer en fin de réaction.
- Déterminer la quantité de matière de dihydrogène formé
- Dresser un tableau d'avancement de la réaction.
- D'après les observations faites durant l'expérience, indiquer le réactif limitant. Calculer la valeur de l'avancement maximal (x_{max}) de la réaction.
- Calculer la masse m_0 de magnésium introduite au départ.
- Déterminer la masse linéique (masse d'un mètre) du magnésium en ruban. Vérifier votre résultat à l'aide des indications se trouvant sur l'étiquette d'un rouleau de magnésium.
- Calculer la quantité de matière de tous les ions présents en solution, en fin de réaction. Vérifier l'électroneutralité de cette solution.
- En déduire la concentration de chacun des ions de cette solution finale (ATTENTION : nouvelle notation)

CORRECTION TP

VALEURS EXPERIMENTALES : $P_{\text{air}} = 992 \text{ hPa}$ $\theta = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ $P_{\text{mélange}} = 1259 \text{ hPa}$ $V_{\text{tot}} = 186 \text{ mL}$

MISE EN EVIDENCE DES IONS PRESENTS EN FIN DE REACTION :

Test 1 : Après ajout d'une solution de nitrate d'argent, on observe la formation d'un précipité blanc qui noircit à la lumière caractéristique de la présence d'ions chlorures (Cl^-).

Test 2 : Après ajout d'une solution de soude, on observe la formation d'un précipité blanc caractéristique de la présence d'ions magnésium (II) (Mg^{2+}).

Test pH : Le pH est acide ce qui indique la présence d'ions hydrogène (H^+).

Conclusion : A la fin de la réaction, les ions présents dans l'erlenmeyer sont :

- les ions Cl^- qui n'ont pas réagi (ions spectateurs)
- les ions Mg^{2+} ont été formés au cours de la réaction.
- Les ions H^+ , ils n'ont pas tous été consommés au cours de la réaction, l'acide chlorhydrique a été introduit en excès. Le réactif limitant est le magnésium car il a totalement été consommé à la fin de réaction.

EXPLOITATION DES MESURES :

	Mg	2H^+	Mg^{2+}	H_2
	+	\rightarrow	+	
E.I.	n°_{Mg}	$n^\circ_{\text{H}^+} = C_a \cdot V_a = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$		
E.F.	$n^\circ_{\text{Mg}} - x_{\text{max}}$	$n^\circ_{\text{H}^+} - 2x_{\text{max}}$	x_{max}	x_{max}
Bilan de matière	0 mol	$6,20 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	$1,90 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	$1,90 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

Calcul de la quantité de matière de dihydrogène formé:

$/(R \cdot T)$

$$n_{\text{H}_2} = (P_{\text{H}_2} \cdot V_{\text{H}_2})$$

$$P_{\text{H}_2} = P_{\text{mélange}} - P_{\text{air}} = 1259 - 992 \text{ hPa} = 267 \text{ hPa} = 2,67 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$V_{\text{H}_2} = V_{\text{tot}} - V_a = 186 - 10,0 = 176 \text{ mL} = 1,76 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$T = \theta + 273 = 24 + 273 = 297 \text{ K}$$

$$n_{\text{H}_2} = (2,67 \cdot 10^4 \times 1,76 \cdot 10^{-4}) / (8,31 \times 297) = 1,90 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = x_{\text{max}}$$

Calcul de la quantité de matière d'ions hydrogène présents en fin de réaction:

$$n_{\text{H}^+} = n^\circ_{\text{H}^+} - 2x_{\text{max}} = 1,0 \cdot 10^{-2} - (2 \times 1,90 \cdot 10^{-3}) = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Calcul de la masse du morceau de ruban de magnésium:

$$\text{A l'état final, tout le magnésium a disparu} \Rightarrow n^\circ_{\text{Mg}} - x_{\text{max}} = 0 \Rightarrow n^\circ_{\text{Mg}} = x_{\text{max}} = 1,90 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m_{\text{Mg}} = n^\circ_{\text{Mg}} \times M_{\text{Mg}} = 1,90 \cdot 10^{-3} \times 24,3 = 4,62 \cdot 10^{-2} \text{ g} \quad \text{pour une longueur de ruban de 4 cm.}$$

Calcul de la masse linéique du ruban de magnésium:

$$\text{Pour 1 m de ruban : } m_{\text{linéique}} = 4,62 \cdot 10^{-2} / 4,0 \cdot 10^{-2} = 1,155 \text{ g}$$

Vérification : Sur la boîte du ruban de magnésium: 24 m de ruban pèsent environ 25 g \Rightarrow 1m pèse 1,04 g.

Concentration des ions présents en fin de réaction :

$$[\text{Cl}^-]_f = [\text{Cl}^-]_i = C_a = 1,0 \text{ mol.L}^{-1} \quad (\text{les ions chlorures n'ont pas réagit})$$

$$[\text{H}^+]_f = n_{\text{H}^+} / V = 6,20 \cdot 10^{-3} / 1,00 \cdot 10^{-2} = 6,2 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{Mg}^{2+}]_f = n_{\text{Mg}^{2+}} / V = 1,9 \cdot 10^{-3} / 1,00 \cdot 10^{-2} = 1,9 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$