

TP N°2 : COMMENT PEUT-ON VALIDER UNE TRANSFORMATION CHIMIQUE AVEC UNE MESURE DE PRESSION ?

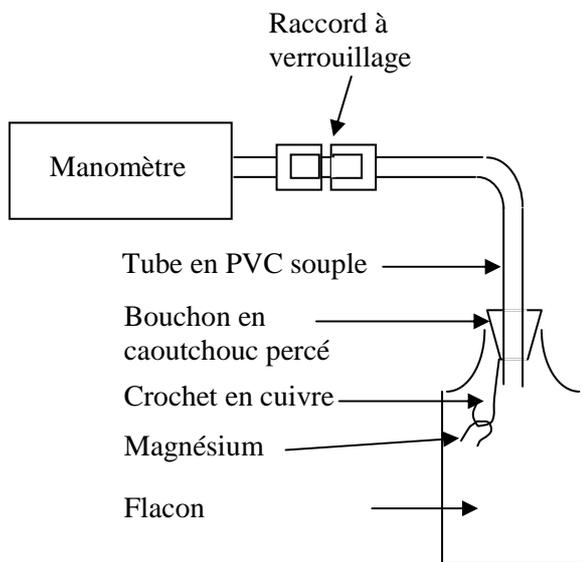
Présentation de la réaction étudiée :

On étudie l'action de l'acide chlorhydrique sur le magnésium.

Si une transformation chimique produisant un gaz a lieu dans une enceinte fermée contenant initialement de l'air à la pression atmosphérique, alors l'augmentation de pression est proportionnelle à la quantité de gaz formée à température et volume constants (pour des gaz parfaits).

Seul l'écart de pression est à prendre en compte. Cet écart de pression, Δp_r , est la pression partielle du gaz formé dans l'enceinte close au cours de la transformation chimique (elle est égale à la pression absolue diminuée de la pression atmosphérique). On peut donc écrire : $\Delta p_r \cdot V = n \cdot R \cdot T$, où n est la quantité de matière, en mol, du gaz formé. Cette dernière se calcule à partir des valeurs de Δp_r (en Pa), de V (en m^3), de T (en K) et en prenant $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Schéma de montage :



Protocole expérimental :

- Mesurer le volume total du flacon et des tubulures.
- Accrocher le tuyau au manomètre.
- Placer dans le flacon 10,0 mL d'acide chlorhydrique à $1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Utiliser des gants et des lunettes de protection.
- Prélever environ 3 cm de ruban de magnésium. Le décaper. Noter la valeur exacte de cette longueur.
- Mettre le flacon dans le bain thermostaté sur le bureau. Relever la température de l'eau.
- Suspendre le ruban de magnésium au crochet et boucher le flacon très fermement.
- Faire tomber le magnésium dans le flacon.
- Noter les pressions initiale et maximale atteintes. En déduire la surpression due au dihydrogène (pression partielle de $\text{H}_{2(g)}$, en Pa).

ATTENTION : le magnésium se recouvre rapidement d'une couche d'oxyde. Le décaper est indispensable pour ne pas fausser les résultats ; il peut être fait avec un tampon vaisselle, côté abrasif.

Exploitation :

- Déterminer la masse du ruban de magnésium.

On coupe un morceau de 20 cm. On le pèse.

$$\mu = m / l = (25 / 24) \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$$

1pt

$$l = 3,0 \text{ cm} \quad m = 3,0 \cdot 10^{-2} \cdot (25/24) = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ g}$$

- Calculer les quantités de matières des réactifs introduits.

Magnésium : $M_{Mg} = 24,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$n_{Mg} = m / M_{Mg} = 3,2 \cdot 10^{-2} / 24,3 = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

1pt

Ion hydrogène : $n = c \cdot v = 1,0 \times 10 \cdot 10^{-3} = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

- 3) Calculer la quantité de dihydrogène formée en tenant compte des volumes morts des tubulures (calculés à partir du diamètre des tubulures, par exemple) et du volume de la solution acide (volume prélevé à la pipette).

Différence de pression : $\Delta P(H_2) = 235 \text{ hPa} = 2,35 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ 1pt

1pt : volume des tubulures

$$n_{H_2} = \frac{\Delta P_{H_2} V}{RT} = \frac{2,35 \cdot 10^4 \times (136 - 10) \cdot 10^{-6}}{8,31 \times 293} = 1,22 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$
 1pt

- 4) Effectuer le tableau d'avancement de la réaction et vérifier avec vos valeurs expérimentales.

Equation de la réaction	$2 H^+_{(aq)} + Mg_{(s)} \rightarrow H_{2(g)} + Mg^{2+}_{(aq)}$				1pt
Quantité de matière dans l'état initial (mol)	n_1 $= 1,0 \cdot 10^{-2}$	n_2 $= 1,3 \cdot 10^{-3}$	0	0	1pt
Quantité de matière en cours de la transformation (mol)	$n_1 - 2 \cdot x$ $= 1,0 \cdot 10^{-2} - 2x$	$n_2 - x$ $= 1,3 \cdot 10^{-3} - x$	x	x^*	1pt
Quantité de matière dans l'état final (mol)	$n_1 - 2 \cdot n_2$ $= 7,4 \cdot 10^{-3}$	0	n_2 $= 1,3 \cdot 10^{-3}$	n_2^* $= 1,3 \cdot 10^{-3}$	1pt

* Ne se mesure pas dans les conditions de l'expérience.

1pt : pour la détermination du réactif limitant

Données : Solution d'acide chlorhydrique : $H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

En présence d'acide chlorhydrique, le magnésium réagit avec les ions hydrogène pour former du dihydrogène gazeux et des ions magnésium II (Mg^{2+}) en solution aqueuse.

Commentaires pour le prof :

En partant d'un solide et en obtenant un gaz, l'élève vérifie à partir des résultats expérimentaux que : $n(H_2, \text{final}) = n(Mg, \text{initial})$. Dans les conditions de l'expérience, le magnésium est toujours le réactif limitant.

Il est raisonnable de ne pas dépasser une pression partielle de dihydrogène de 0,5 bar, soit $5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$.

Le volume du flacon étant voisin de 100 ml, on en déduit la quantité maximale de dihydrogène dégagée : $n(H_2, \text{max}) \approx (5 \cdot 10^4 \cdot 100 \cdot 10^{-6}) / (8,32 \cdot 293) \approx 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$, soit une masse de 0,05 g environ.

La masse linéique du magnésium étant voisine de $1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$, la longueur maximale de ruban à utiliser est 5 cm. Si l'on souhaite faire réaliser par les différents groupes d'élèves des séries de mesures différentes, on peut leur distribuer des rubans de longueur : 1,0 cm ; 1,5 cm ; 2,0 cm... 5,0 cm.

On peut faire remarquer, en exercice, que si l'on utilise toujours 10,0 ml d'acide chlorhydrique, le magnésium est toujours le réactif limitant.

Matériel et produits :

- Manomètre de préférence relatif (sinon absolu).
- Pipette de 10,0 mL et pipeteur.
- Flacon en verre muni d'un bouchon de caoutchouc dans lequel passe un tube souple en PVC terminé par un raccord à verrouillage.
- Règle graduée et ciseaux.
- Bain thermostaté. Thermomètre.
- Lunettes de protection.
- Support, pince et noix.
- Acide chlorhydrique de concentration molaire $1,00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Baromètre permettant de connaître la pression atmosphérique.
- Ruban de magnésium parfaitement décapé dont on a mesuré la masse linéique.
- Eprouvette graduée.