Spécialité : Lampes à carbure de calcium

Bac S 2020 Métropole remplacement (ancien programme) · Exercice 4 **5 points** **Durée conseillée 55 min**

1 Établir l'équation de la réaction modélisant la production de l'acétylène dans une lampe.

Réactifs : le carbure de calcium solide $\mathrm{CaC_2}$ et l'eau liquide. Produits : l'acétylène gazeux $\mathrm{C_2H_2}$ et l'hydroxyde de calcium solide $\mathrm{Ca(OH)_2}$.

Les produits contiennent 4 atomes d'hydrogène et 2 atomes d'oxygène : il faut 2 molécules d'eau. Le calcium et le carbone sont alors déjà équilibrés.

$$\mathrm{CaC_2\,(s) + 2\,H_2O\,(l) \longrightarrow C_2H_2\,(g) + Ca(OH)_2\,(s)}$$

PIÈGE

Oublier le coefficient 2 devant $\mathrm{H_2O}$: toutes les masses calculées ensuite seraient fausses d'un facteur 2. Vérifier chaque élément (Ca, C, H, O) et indiquer les états physiques.

2 Montrer que la masse de carbure de calcium à introduire pour consommer les 200 mL d'eau de la cuve est d'environ 360 g. Problème : déterminer la masse minimale de carbure de calcium pour une sortie de quatre heures et le débit d'eau à régler, en gouttes par minute.

Données utiles $V_{\text{eau}} = 200$ mL ; $\rho = 1{,}0$ g · mL^{-1} ; $M(\text{H}_2\text{O}) = 18{,}0$ g · mol^{-1} ; $M(\text{CaC}_2) = 64{,}1$ g · mol^{-1} ; $V_m = 24{,}0$ L · mol^{-1} ; $V_{\text{goutte}} = 0{,}05$ mL ; consommation : 14 L d'acétylène par heure ; équation (Q1)

Question préliminaire

Quantité d'eau dans la cuve pleine : $n(\text{H}_2\text{O}) = \dfrac{\rho V_{\text{eau}}}{M(\text{H}_2\text{O})} = \dfrac{1{,}0 \times 200}{18{,}0} = 11{,}1$ mol.

D'après l'équation, une mole de CaC_2 réagit avec deux moles d'eau : $n(\text{CaC}_2) = \dfrac{n(\text{H}_2\text{O})}{2}$.

$$m(\text{CaC}_2) = \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{2} \times M(\text{CaC}_2) = \frac{11{,}1}{2} \times 64{,}1 = 356 \text{ g}$$

Soit $m(\text{CaC}_2) \approx 3{,}6 \times 10^2$ g : on retrouve bien environ 360 g.

Problème

Volume d'acétylène à produire. En $\Delta t = 4$ h, la lampe brûle $V(\text{C}_2\text{H}_2) = 4 \times 14 = 56$ L.

Quantité d'acétylène. $n(\text{C}_2\text{H}_2) = \dfrac{V(\text{C}_2\text{H}_2)}{V_m} = \dfrac{56}{24{,}0} = 2{,}33$ mol.

Masse minimale de carbure de calcium. D'après l'équation, $n(\text{CaC}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_2)$:

$$m_{\text{min}} = n(\text{C}_2\text{H}_2) \times M(\text{CaC}_2) = 2{,}33 \times 64{,}1 = 150 \text{ g}$$

Eau consommée. D'après l'équation, $n(\text{H}_2\text{O}) = 2\,n(\text{C}_2\text{H}_2) = 4{,}67$ mol, soit une masse $4{,}67 \times 18{,}0 = 84$ g et un volume $V = \dfrac{84}{1{,}0} = 84$ mL.

Ce volume est inférieur à 200 mL : le réservoir plein suffit pour toute la sortie.

Débit d'eau. Nombre de gouttes : $N = \dfrac{V}{V_{\text{goutte}}} = \dfrac{84}{0{,}05} = 1680$ gouttes, à répartir sur $4 \times 60 = 240$ min :

$$\frac{N}{\Delta t} = \frac{1680}{240} = 7 \text{ gouttes par minute}$$

Question préliminaire : $m(\text{CaC}_2) = 356$ g ≈ 360 g. Problème : $m_{\text{min}} \approx 1{,}5 \times 10^2$ g de carbure de calcium et un débit de 7 gouttes d'eau par minute.

PIÈGE
Utiliser le volume molaire V_m pour l'eau : il ne vaut que pour un gaz. Pour l'eau liquide, passer par la masse volumique puis la masse molaire. Autre erreur fréquente : oublier le facteur 2 entre l'eau et l'acétylène.

COMPRENDRE
La consommation (14 L par heure) n'a que deux chiffres significatifs : on annonce $1{,}5 \times 10^2$ g, et non 149,6 g. Le volume d'une goutte n'en a qu'un : 7 gouttes par minute est un ordre de grandeur de réglage.

MÉTHODE
Problème ouvert : partir de ce qui est imposé (le volume de gaz à brûler), remonter aux réactifs par l'équation, puis convertir (mol, g, mL, gouttes). Vérifier à la fin que la réserve d'eau suffit.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1.0 \times 200}{18.0} \approx 11.11111$$

$$\frac{\frac{1.0 \times 200}{18.0}}{2} \times 64.1 \approx 356.1111$$

$$\frac{56}{24.0} \approx 2.333333$$

$$\frac{56}{24.0} \times 64.1 \approx 149.5667$$

$$\frac{2 \times 56}{24.0} \times 18.0 \approx 84$$

$$\frac{84}{0.05} \approx 1680$$

$$\frac{1680}{240} \approx 7$$