

2 Aluminothermie

Énoncé

L'aluminothermie est un procédé qui utilise la réaction entre l'oxyde de fer Fe_2O_3 et l'aluminium pour former du fer. Celui-ci permet, par exemple, de souder des rails (**Fig. 2**).

Il se forme également de l'oxyde d'aluminium Al_2O_3 .

- Écrire l'équation représentant la réaction chimique entre l'aluminium et l'oxyde de fer.
- Établir un tableau d'avancement en notant les quantités de matière initiales des réactifs $n_i(\text{Al})$ et $n_i(\text{Fe}_2\text{O}_3)$, quantités dont l'exercice se propose de déterminer les valeurs.
- Déterminer l'avancement maximal x_{max} si la masse de fer à produire est de 50 kg.
- Quelle masse d'oxyde de fer a été utilisée pour produire 50 kg de fer dans l'hypothèse où les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques ?
- Répondre à la même question pour l'aluminium.



Fig. 2 Production de fer pour souder un rail.

Conseils pour comprendre l'énoncé

- Se reporter au paragraphe B2 du cours p. 110 sur la construction du tableau d'avancement.
- d. et e. Utiliser la relation entre la masse m , la quantité de matière n et la masse molaire M de cette espèce chimique.

Résolution

a. L'équation chimique est : $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{Fe}$

b. Tableau d'avancement :

Équation chimique		Fe_2O_3	+	2Al	\rightarrow	Al_2O_3	+	2Fe
État initial	$x = 0$	$n_i(\text{Fe}_2\text{O}_3)$		$n_i(\text{Al})$		0		0
État final	x_{max}	$n_i(\text{Fe}_2\text{O}_3) - x_{\text{max}}$		$n_i(\text{Al}) - 2 x_{\text{max}}$		x_{max}		$2 x_{\text{max}}$

c. L'avancement maximal est lié à la quantité de matière de fer à produire, notée $n_f(\text{Fe})$.
En utilisant la dernière ligne du tableau d'avancement :

$$n_f(\text{Fe}) = 2 x_{\text{max}} \text{ d'où } x_{\text{max}} = \frac{n_f(\text{Fe})}{2}.$$

La quantité de matière de fer $n_f(\text{Fe})$ à produire est :

$$n_f(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})}$$

avec $m(\text{Fe}) = 50 \text{ kg}$ soit $5,0 \times 10^4 \text{ g}$ et $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$$n_f(\text{Fe}) = \frac{5,0 \cdot 10^4}{55,8} = 9,0 \times 10^2 \text{ mol d'où } x_{\text{max}} = \frac{9,0 \cdot 10^2}{2} = 4,5 \times 10^2 \text{ mol.}$$

d. La masse initiale d'oxyde de fer est $m_i(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n_i(\text{Fe}_2\text{O}_3) \times M(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ où la quantité de matière initiale d'oxyde de fer est $n_i(\text{Fe}_2\text{O}_3)$.

Cette quantité apparaît dans le tableau d'avancement.

Les réactifs étant introduits dans les proportions stœchiométriques, l'oxyde de fer a disparu à l'état final (l'aluminium aussi).

$$n_i(\text{Fe}_2\text{O}_3) - x_{\text{max}} = 0 \text{ soit } n_i(\text{Fe}_2\text{O}_3) = x_{\text{max}} = 4,5 \times 10^2 \text{ mol}$$

$$\text{et } m_i(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 4,5 \times 10^2 \times (2 \times 55,8 + 3 \times 16,0) = 7,2 \times 10^4 \text{ g} = 72 \text{ kg.}$$

e. La masse initiale d'aluminium est : $m_i(\text{Al}) = n_i(\text{Al}) \times M(\text{Al})$ où la quantité de matière initiale est $n_i(\text{Al})$: $n_i(\text{Al}) - 2 x_{\text{max}} = 0$

$$\text{soit } n_i(\text{Al}) = 2 x_{\text{max}} = 2 \times 4,5 \times 10^2 = 9,0 \times 10^2 \text{ mol}$$

$$\text{et } m_i(\text{Al}) = 9,0 \times 10^2 \times 27,0 = 2,4 \times 10^4 \text{ g} = 24 \text{ kg.}$$

Conseils pour rédiger les réponses

- Attention à ne pas oublier les nombres stœchiométriques.
- L'avancement maximal s'exprime en moles, il faut donc commencer par faire le lien entre la masse de fer et la quantité de matière de fer à produire.
- d. et e. Le tableau d'avancement fait apparaître l'expression des quantités de matière à l'état final. Il faut utiliser l'hypothèse qu'à l'état final, les réactifs ont disparu, leurs quantités de matière sont donc nulles, ce qui permet de trouver une relation entre les quantités de matière initiales et x_{max} .