

Questions préliminaires :

1. Quelle est la réaction, support du titrage, mise en œuvre pour déterminer la concentration de la solution de soude utilisée pour le traitement de la bauxite ?

On procède au titrage de la soude ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) par de l'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$). D'après les couples acide/base de l'eau, on comprend que la base HO^- réagit avec l'acide H_3O^+ suivant l'équation $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Remarque: La réaction support d'un titrage est totale d'où la simple flèche.

2. En déduire la concentration molaire de l'hydroxyde de sodium dans la solution de soude utilisée lors de la mise en œuvre du procédé Bayer.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques ainsi

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ versée}} = n_{\text{HO}^- \text{ initiale}}$$

À l'équivalence d'un titrage conductimétrique, il se produit un changement de pente.

On détermine le volume équivalent :

On trace une droite moyenne qui suit au mieux la décroissance de la conductivité, puis on trace une autre droite qui suit l'augmentation de la conductivité. Ces deux droites se coupent un point d'abscisse égale au volume équivalent $V_E = 12,2 \text{ mL}$.

Notons $c_A = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$ la concentration en ions oxonium, c_B la concentration en ions hydroxyde de la solution de soude diluée au dixième, $V_B = 5,0 \text{ mL}$ le volume de la solution de soude diluée.

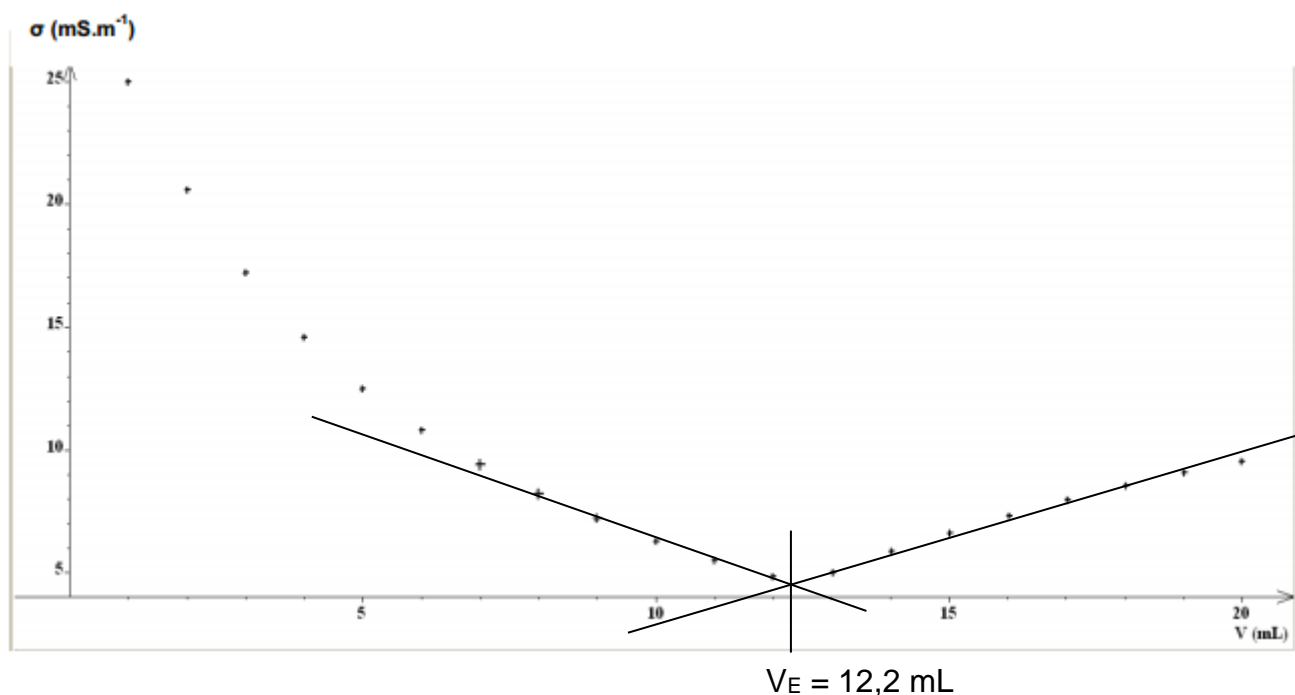
$$\text{On a } c_A \cdot V_E = c_B \cdot V_B, \text{ soit } c_B = \frac{c_A \cdot V_E}{V_B}$$

La solution de soude utilisée dans le procédé est dix fois plus concentrée, elle a pour concentration $c_0 = 10 \cdot c_B$.

$$c_0 = 10 \times \frac{0,50 \times 12,2}{5,0} = 12,2 \text{ mol.L}^{-1} = \mathbf{12 \text{ mol.L}^{-1}}$$
 en ne conservant que deux chiffres significatifs.

Remarques : la construction graphique n'est pas demandée puisque la courbe n'est pas en annexe à rendre avec la copie.

La détermination de l'équivalence n'est pas évidente car la première partie ne semble pas modélisable par une fonction affine.



Problème :

Pour une heure de traitement de bauxite en continu, quelle masse d'hydroxyde de sodium solide faut-il introduire dans le réacteur afin de maintenir la concentration de la soude constante ?

Les besoins en soude solide correspondent :

- à la soude nécessaire pour la réaction avec l'alumine,
- à la soude perdue dans les boues.

Déterminons ces masses de soude :

a) Pour la réaction :

Il faut introduire autant de quantité de matière de soude qu'il y a d'ions HO^- consommés.

En une heure, on a 10 kg de bauxite consommé ; or celle-ci contient 50% d'alumine Al_2O_3 .

On en déduit qu'une masse $m_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 10 \times \frac{50}{100} = 5,0$ kg d'alumine est consommée chaque heure.

D'après l'équation de la réaction, les quantités consommées sont reliées par la relation

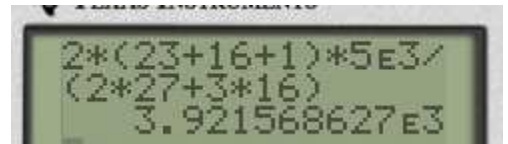
$$n_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{2}.$$

$$\frac{m_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{M_{\text{Al}_2\text{O}_3}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{2 \cdot M_{\text{NaOH}}}$$

$$m_{\text{NaOH}} = 2 \cdot M_{\text{NaOH}} \cdot \frac{m_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{M_{\text{Al}_2\text{O}_3}}$$

$$m_{\text{NaOH}} = 2 \times (23,0 + 16,0 + 1,0) \times \frac{5,0 \times 10^3}{2 \times 27,0 + 3 \times 16,0} = 3,9 \times 10^3 \text{ g}$$

Soit environ **3,9 kg** de NaOH solide à introduire par heure.



b) Pour les pertes :

Le débit volumique de soude utilisée est de 338 L.h^{-1} et on sait que 2,5% de la masse de soude utilisée pour le traitement de la bauxite est perdue.

Ainsi il faut déterminer le débit massique correspondant puis calculer la masse qui correspond à ces 2,5%.

On convertit le débit volumique en débit molaire :

$$q_M = q_V \cdot c_0 \quad \text{mol.h}^{-1} = (\text{L.h}^{-1}) \cdot (\text{mol.L}^{-1})$$

$$q_M = 338 \times 12,2 = 4123,6 \text{ mol.h}^{-1} \quad \text{calcul effectué avec } c_0 \text{ non arrondi}$$

$$\text{Puis en débit massique } q_m: q_m = q_M \cdot M_{\text{NaOH}} \quad \text{g.h}^{-1} = (\text{mol.h}^{-1}) \cdot (\text{g.mol}^{-1})$$

$$q_m = 4123,6 \times (23,0 + 16,0 + 1,0) = 4123,6 \times (40,0)$$

$$q_m = 1,65 \times 10^5 \text{ g.h}^{-1} = \mathbf{165 \text{ kg.h}^{-1}}$$

On raisonne pour une heure, ainsi une masse $m_u = 165$ kg de soude est utilisée.

$$\text{La masse perdue vaut } m_{\text{perdue}} = \frac{2,5}{100} \cdot m_u$$

$$m_{\text{perdue}} = \frac{2,5}{100} \times 165 = \mathbf{4,1 \text{ kg}}$$

Bilan :

Il faut introduire $m_{\text{NaOH}} + m_{\text{perdue}} = 3,9 + 4,1 = \mathbf{8,0 \text{ kg}}$ de NaOH par heure.

Regard critique :

On constate que la masse de soude injectée (165 kg) est largement supérieure à celle nécessaire à la réaction (3,9 kg). Cela est en accord avec la phrase « Un très large excès de solution de soude dans le réacteur permet de rendre cette réaction quasi-totale. ».

Par ailleurs, on comprend la nécessité de recycler la soude n'ayant pas réagi ($165 - 8 = 157 \text{ kg.h}^{-1}$).