Correction de la série 1

Exercice N°4 :

Une fonte : un alliage de fer riche en carbone (de 2 à 6% de carbone).

Le fer sous forme de ferrite (Fer_α) + C graphite } un mélange

On sait que : $\% \text{ massique} = \dfrac{\text{masse de soluté}}{\text{masse de solution}} \times 100$

$\% \text{ volumique} = \dfrac{\text{Volume de soluté}}{\text{Volume de solution}} \times 100$

Donc :

$\% V_{gra} = \dfrac{V_{gra}}{V_{gra} + V_{fer}} \times 100$: pourcentage volumique du graphite.

$\% M_{gra} = \dfrac{m_{gra}}{m_{gra} + m_{fer}} \times 100$: pourcentage massique du graphite.

D'après les données de l'exercice :

$\% M_{graphite} = 3.5\ \%$ et $\% M_{fer} = 100 - 3,5 = 96,5\ \%$

et : $\rho_{gra} = \dfrac{m_{gra}}{V_{gra}} = 2,3\ g/cm^3$; $\rho_{fer} = \dfrac{m_{fer}}{V_{fer}} = 7,9\ g/cm^3$

$\downarrow$

masse volumique du graphite.

$$\% V_{gra} = \frac{V_{gra}}{V_{gra} + V_{fer}} \times 100 = \frac{\frac{m_{gra}}{\rho_{gra}}}{\frac{m_{gra}}{\rho_{gra}} + \frac{m_{fer}}{\rho_{fer}}}$$

$$= \frac{m_{gra}}{m_{gra} + \left(\frac{\rho_{gra}}{\rho_{fer}}\right) m_{fer}} \times 100$$

$$= \frac{\% M_{gra}}{\% M_{gra} + \left(\frac{\rho_{gra}}{\rho_{fer}}\right) \times \% M_{fer}} \times 100$$

$$= \frac{3,5}{3,5 + \frac{2,3}{7,9} \times 96,5} \times 100 \simeq \boxed{11,1\ \%}$$

Exercice 5 :

1) ⊕ Le mélange coke + minerai de fer (Fe_2O_3) est enfourné par le gueulard, en haut.

⊕ Au cours de la descente, les températures rencontrées sont de plus en plus élevées, ce qui favorise certaines réactions chimiques.

⊕ La plupart d'entre elles libèrent de la chaleur, à commencer par la combustion du coke avec O_2.

$$C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$$

$$CO_2(g) + C(s) \longrightarrow 2\,CO(g)$$

$$2\,C(s) + O_2(g) \longrightarrow 2\,CO(g)$$

⊕ C'est CO qui va, en descendant dans le haut fourneau, réduire les oxydes de fer qu'il rencontre.

⊕ Près du gueulard, vers 500°C :

$$3\,Fe_2O_3 + CO \longrightarrow 2\,Fe_3O_4 + CO_2$$

(réduction de l'hématite en magnétite)

⊕ Au milieu de la cuve, entre 600 et 900°C :

$$Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3\,FeO + CO_2$$

(réduction de la magnétite en wüstite)

⊕ Vers 1000°C :

$$FeO + CO \longrightarrow CO_2 + Fe$$

(réduction de la wüstite en Fer)

⊕ À ces températures, le fer peut se combiner avec le carbone pour donner des cristaux de cémentite Fe_3C dont le mélange avec le fer constitue la fonte recueillie à la sortie du creuset.

$$3\,Fe + 2\,CO \longrightarrow Fe_3C + CO_2$$

② Equation bilan de la rx :

① D'après l'énoncé : $2\,Fe_2O_3 + 3\,C \longrightarrow 4\,Fe + 3\,CO_2$

3

⊕ En plus du pourcentage du carbone (2 à 6 %), la fonte provenant du haut fourneau contient des impuretés comme le phosphore, le soufre et le silicium.

⊕ L'acier s'obtient en éliminant la plus grande partie de ces impuretés.

⊕ Pour cela, on envoie un violent courant de dioxygène (O_2) dans la fonte liquide à une température de 1200° C.

⊕ Le carbone et les impuretés brûlent. l'opération se passe dans un grand récipient appelé convertisseur.

⊕ La chaleur dégagée par ces combustions porte la fonte à 1600°C, il s'en échappe des fumées qui emporte hors du convertisseur une partie des oxydes formées.

⊕ élimination du soufre : $S + O_2 \longrightarrow SO_2$

⊕ Le phosphore et le silicium brûlent pour former des oxydes P_4O_{10} et SiO_2. Ces oxydes sont liquides et on les élimine en ajoutant de la chaux pour former les "Scories" qui surnagent sur le métal en fusion et sont alors eliminés.

$$4P + 5\,O_2 \longrightarrow P_4O_{10}$$

$$Si + O_2 \longrightarrow SiO_2$$

4) On a :

$$2Fe_2O_3 + 3C \longrightarrow 4Fe + 3CO_2.$$

$$n_C = \frac{30 \cdot 10^3}{12} = 2500 \text{ mol}.$$

$$n_{Fe_2O_3} = \frac{\frac{20}{100} \times 10^3 \times 10^3}{160} = 1250 \text{ mol}$$

(teneur massique en Fe_2O_3 dans le minerai est 20%)

D'après l'équation bilan de la rx, avec 2500 mol de Carbone, il faudrait : $\frac{n_C}{3} = \frac{n_{Fe_2O_3}}{2}$.

$$\Rightarrow n_{Fe_2O_3} = \frac{2}{3} \times 2500 = 1670 \text{ mol}.$$

$\Rightarrow$ Il n'y a pas assez de Fe_2O_3 $\Rightarrow$ c'est le carbone qui est en excès.

5) D'après la rx globale :

$$n(Fe) = 2\, n(Fe_2O_3) = 2{,}5 \cdot 10^3 \text{ mol}.$$

$$\rightarrow m(Fe) = n \cdot M = 2{,}5 \cdot 10^3 \times 56 = \boxed{140 \text{ kg}}$$

6) $n_{CO_2} = 3/2\, n(Fe_2O_3) = 1{,}875 \cdot 10^3$ mol.

$$V_{CO_2} = n \cdot V_m = 1875 \times 25 = 45 \cdot 10^3 \text{ l} = 45 \text{ m}^3$$

Exercice N°6 :

1) L'électrolyse est une décomposition chimique de certains substances sous l'effet d'un courant électrique.

Dans ce cas, c'est le procédé qui permet de séparer l'aluminium de l'oxygène contenu dans l'alumine Al_2O_3.

- L'électrolyse est réalisée dans des cuves.
- La cuve est composée d'une cathode (au fond, charge négative) et d'une anode en carbone (au dessus, charge positive).
- On dépose dans la cuve, de l'alumine avec un solvant en fusion, la cryolite (Na_3AlF_6).
- Ce mélange appelé bain est maintenu à une température constante de 960°C.
- On plonge l'anode dans le bain et on fait circuler entre l'anode et la cathode un courant électrique de forte intensité.
- Ce courant provoque la séparation de l'aluminium (Al^{3+}) et de l'oxygène (O^{2-}) contenu dans l'alumine.
- L'oxygène est alors entraîné vers le carbone de l'anode (pour s'évacuer sous forme de CO_2) alors que l'aluminium va être repoussé au fond de la cuve.

⊕ On récupère ensuite de l'aluminium liquide au fond de la cuve.

⊕ L'Al liquide est collecté regulièrement dans des poches par système de pompage.

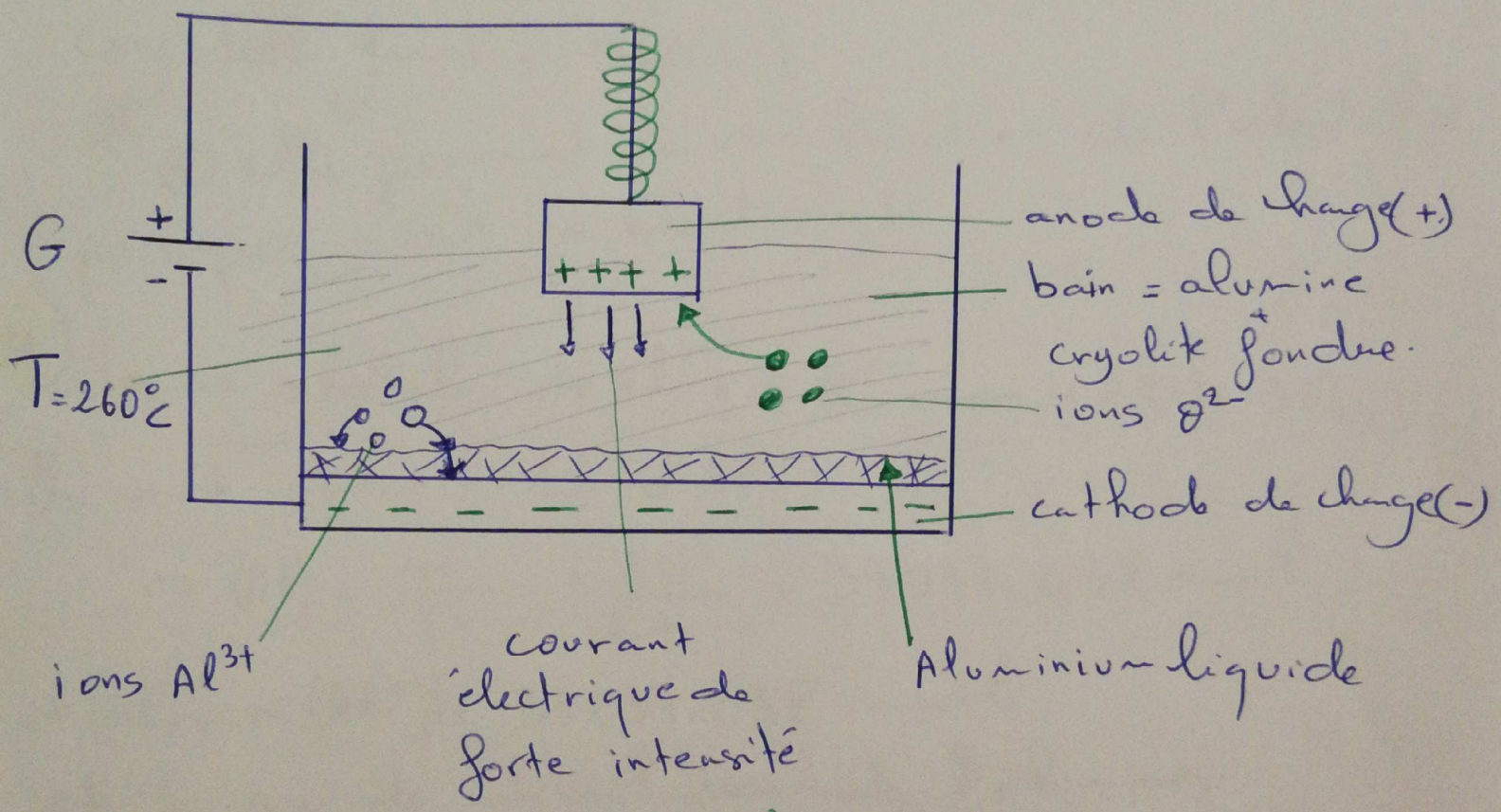

schéma de l'électrolyse

2) ⊕ Al_2O_3 est fondu donc passe à l'état liquide.

$$Al_2O_3 \longrightarrow 2Al^{3+} + 3O^{2-}$$

⊕ Al^{3-} sont attirés vers la cathode (-) :

$$Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al.$$

⊕ O^{2-} sont attirés vers l'anode (+) :

$$2O^{2-} \longrightarrow O_2 + 4e^-$$

Equation bilan :

$$Al^{3+} + 3e^- \longrightarrow Al \quad \times 4$$
$$2O^{2-} \longrightarrow O_2 + 4e^- \quad \times 3$$
$$4Al^{3+} + 6O^{2-} \longrightarrow 4\,Al_{(s)} + 3O_{2(g)}$$

3) La cryolite est un minéral employé come solvant de l'alumine pour deux raisons :

⊕ elle permet d'abaisser la température de fusion de l'alumine (l'alumine pur fond à 2050°C alors que le mélange alumine + cryolite fond à 960°C)

⊕ elle permet la réalisation de l'electrolyse puisque c'est un électrolyte.

4) La rx globale : $4\,Al^{3+} + 6\,O^{2-} \longrightarrow 4\,Al(s) + 3\,O_2(g)$

On veut obtenir 1 t d'Al :

$$n(Al) = \frac{m}{M} = \frac{10^6}{27} = 37037{,}038 \text{ mol.}$$

$$n(Al) = n(Al^{3+}) = 37037{,}038 \text{ mol.}$$

et la rx de dissolution de l'alumine :

$$Al_2O_3(s) \longrightarrow 2\,Al^{3+} + 3\,O^{2-}$$

$$n(Al_2O_3) = \frac{n(Al^{3+})}{2} = 18518{,}52 \text{ mol.}$$

$$\Rightarrow m(Al_2O_3) = n \cdot M = 1888889 \text{ g soit } 1{,}9 \text{ t de } Al_2O_3$$

5) À l'anode : $C + O_2 \longrightarrow CO_2$

$n(O_2) = n(C)$

et d'après la rx globale :

$$4\,Al^{3+} + 6\,O^{2-} \longrightarrow 4\,Al_{(s)} + 3\,O_{2(g)}$$

On a :

$$n(O_2) = \frac{3}{4}\,n(Al) = \frac{3}{4} \cdot \frac{10^6}{27} = 27778 \text{ mol.}$$

$$\Rightarrow n_c = \frac{m_c}{M_c} \Rightarrow m_c = n \cdot M = 333333 \text{ g}$$
$$\simeq 333 \text{ Kg.}$$

cette valeur est légèrement inferieure mais comparable à la valeur réelle (400 Kg/t d'Al).

6) On sait que $1\,Kwh = 3600000\,J$

donc $E = 15 \cdot 10^3\,Kwh$
$= 15 \cdot 10^3 \times 3600000$
$= 5.4 \cdot 10^{10}\,J$

On sait aussi que : $I = \frac{Q}{\Delta t} \longrightarrow \Delta t = \frac{Q}{I}$

avec $I = 100\,KA$.

Q : quantité d'électricité qui transite dans l'électrolyte

D'après la rx : 4 moles d'Al^{3+} se transforment en 4 moles d'Al en échangeant 12 moles d'électrons

$\Rightarrow$ Pour produire 1 mole d'Al, $\frac{12}{4} = 3$ moles d'e^- seront échangés.

Donc pour produire 1t d'Al, c'est-à-dire

$\frac{10^6}{27} = 37037$ mol d'Al :

$37037 \times 3 = 111111$ d'é seront échangés.

chaque mole d'é porte une charge égale à $N_A \cdot e$

$\Rightarrow Q = 6{,}02 \cdot 10^{23} \times 1{,}6 \cdot 10^{-19} \times 111111$

$= 1{,}1 \cdot 10^{10}$ C.

soit : $\Delta t = \frac{Q}{I} = \frac{1{,}1 \cdot 10^{10}}{100 \cdot 10^3} = 107022$ s

$= \boxed{29{,}7 \text{ h.}}$

7) l'Al liquide a une densité de 2,35 alors que celle de la cryolite est de 2,2 donc l'Al fondu va se déposer au fond des cuves.