

Série de TD N° 0 De Chimie Minérale - 2^{ème} Année Mines et Géologie

Exercice 1 :

Un morceau de fer de 20cm^3 pèse 152g. Calculez la masse volumique du fer en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ puis en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ et en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Exercice 2 :

Calculer la densité de l'éthanol sachant que sa masse volumique est : $\rho(\text{éthanol}) = 0,82 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$

Exercice 3 :

Un volume de 1 L d'alcool pèse 789 g. On peut affirmer que l'alcool est : plus dense que l'eau / ou moins dense que l'eau

Exercice 4 :

L'heptane est un solvant. Pour déterminer sa densité, on verse 0,050L d'heptane dans une éprouvette graduée, que l'on pèse sur une balance de précision ; la masse mesurée est de 94,35g. L'éprouvette graduée est pesée vide. On note alors une masse de 60,35g.

1) Calculer la masse volumique de l'heptane en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

2) Calculer la densité de l'heptane.

Exercice 5 :

Pour un mélange binaire de A et B, montrer que la fraction massique ω_A est reliée à la fraction molaire x_A par :

$$a) \quad \omega_A = \frac{x_A M_A}{x_A M_A + x_B M_B}$$

Exercice 6 :

La composition de l'air est souvent donnée en termes des deux principaux constituants seulement; dans le mélange gazeux, on a :



Déterminer la fraction massique de chacun des constituants et la masse molaire moyenne de l'air sachant que les masses molaires de l'oxygène et de l'azote sont, respectivement, 32 g/mol et 28 g/mol.

Exercice 7 :

Il est envisagé de griller une tonne de blende (minerai de sulfure de zinc) contenant 15% en masse de gangue avec de l'air en quantité stoechiométrique.

Calculer :

- La masse obtenue d'oxyde de Zinc ;
- Le volume de dioxyde de soufre qui se dégage pendant la réaction (mesuré à 27°C et 1006mbar)
- Le volume d'air (mesuré à 27°C et 1006mbar) nécessaire à l'oxydation sachant que celui-ci contient 21% d'oxygène en volume.

Exercice 8 :

Un four brûle 1t/h de soufre pur avec un taux d'excès d'air de 20% (excès molaire) calculé d'après la transformation intégrale en dioxyde de soufre. On admet que 95% du soufre est transformé en dioxyde de soufre et le reste en trioxyde de soufre.

Déterminer :

- La composition volumique centésimale et le débit-volume horaire du gaz sortant du brûleur (flux A) sachant que l'air est constitué de 21% de O_2 et de 79% de N_2 (% Volumique).
- Le taux de conversion, la sélectivité et le rendement de la combustion du soufre en SO_2 .

Corrigé

Exercices

Exercice 1 :

Réponse

- La masse volumique est donnée par :

$$\rho = m / V = 152 / 20 = 7,6 \text{ g.cm}^{-3}.$$

- En g.L^{-1} : $V = 20 \text{ cm}^3 = 0,020 \text{ L}$ donc : $\rho = 152 / 0,020 = 7600 \text{ g.L}^{-1}$.
- En kg.m^{-3} : $m = 152 \text{ g} = 0,152 \text{ kg}$ et $V = 20 \text{ cm}^3 = 2,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ donc :
 $\rho = 0,152 / 2,0 \times 10^{-5} = 7600 \text{ kg.m}^{-3}$.

- Exercice 2

- Réponse

- On sait que la masse volumique de l'eau en g.cm^{-3} est : $\rho(\text{eau}) = 1 \text{ g.cm}^{-3}$.
- On peut calculer la densité avec la formule : $d_{(\text{éthanol})} = (\rho_{(\text{éthanol})}) / (\rho_{(\text{eau})}) = 0,82 / 1 = 0,82$.
- Deuxième méthode : La densité s'exprime par le même nombre que la masse volumique en g.cm^{-3} .
Donc : $d = 0,82$.

Exercice 3 :

Réponse

1L d'eau pèse $m = 1000 \text{ g}$.

La densité de l'alcool est :

$$d = (m_{(\text{alcool})}) / (m_{(\text{eau})}) = 789 / 1000 = 0,789$$

Donc : $d_{(\text{alcool})} < d_{(\text{eau})}$ donc l'alcool est moins dense que l'eau.

Exercice 4

Réponse:

Masse de l'heptane : $m = 94,35 - 60,35 = 34 \text{ g}$.

On convertit le volume : $V = 0,050 \text{ L} = 50 \text{ mL} = 50 \text{ cm}^3$.

Masse volumique : $\rho = m / V = 34 / 50 = 0,68$.

Densité : $d = 0,68$.

Exercice 5

$$a) \omega_A = \frac{m_A}{m_A + m_B} = \frac{N_A M_A}{N_A M_A + N_B M_B} = \frac{x_A N \cdot M_A}{x_A N \cdot M_A + x_B N \cdot M_B} = \frac{x_A M_A}{x_A M_A + x_B M_B}$$

Exercice 6

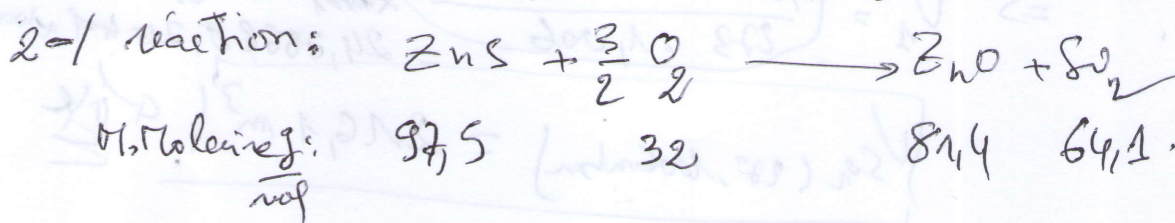
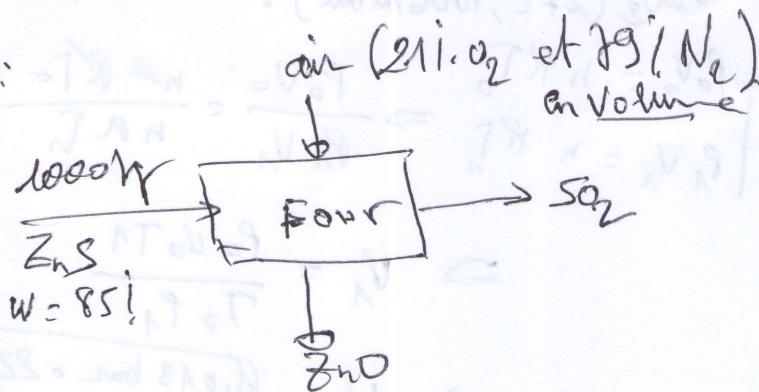
$$\omega_O = \frac{y_O M_O}{y_O M_O + y_N M_N} = \frac{0,21 \cdot 32}{(0,21 \cdot 32 + 0,79 \cdot 28)} = 0,23$$

$w_N + w_O = 1 \text{ ----} \rightarrow w_N = 1 - w_O = 1 - 0,23 = 0,77$

$$b) M = \frac{m}{N} = \frac{\sum m_i}{N} = \frac{\sum N_i M_i}{N} = \sum \frac{N_i M_i}{N} = \sum y_i M_i = y_O M_O + y_N M_N$$
$$= 0,21 \times 32 + 0,79 \times 28 = 28,84 \text{ g/mol}$$

Solution Exercice 07

1- / schéma du procédé :

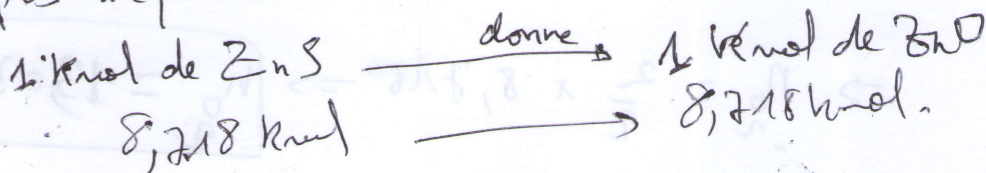


3- / Masse obtenue d'oxyde de zinc (ZnO).

* quantité de ZnS contenue dans le minerai

$$q = 1000 \times 0,85 = 850 \text{ kg} \Rightarrow n = \frac{m}{M} = \frac{850}{97,5} = 8,718 \text{ kmol.}$$

D'après l'équation de réaction;



* d'où le nbre de mole de ZnO :

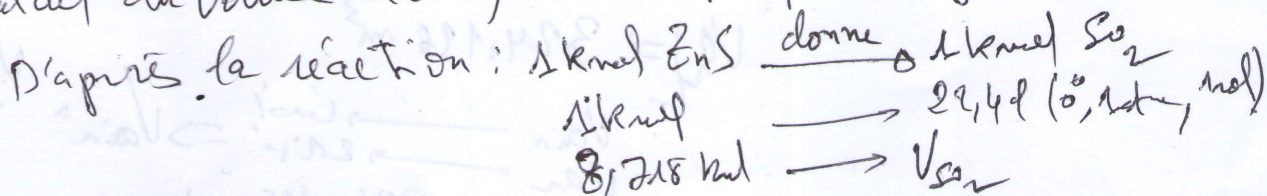
$$n_{\text{ZnO}} = 8,718 \text{ kmol.}$$

$$\Rightarrow m_{\text{ZnO}} = \frac{m_{\text{ZnO}}}{M_{\text{ZnO}}} \Rightarrow m_{\text{ZnO}} = n_{\text{ZnO}} \times M_{\text{ZnO}}$$

$$\Rightarrow m_{\text{ZnO}} = 8,718 \times 81,4 = 709,6 \text{ kg}$$

donc: $m_{\text{ZnO}} = 709,6 \text{ kg}$

4- / Calcul du volume de dioxyde de soufre qui se dégage.



$$\Rightarrow V_{\text{SO}_2}(\text{cc. nat}) = 22,4 \cdot 8,718$$

$$V_{\text{SO}_2} = 195,3 \text{ m}^3 / \text{CNPT}$$

Suite: $V_{SO_2} (27^\circ C, 1006 \text{ mbar}) ?$

$$\left. \begin{aligned} P_0 V_0 &= n R T_0 \\ P_1 V_1 &= n R T_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{P_0 V_0}{P_1 V_1} = \frac{n R T_0}{n R T_1} \Rightarrow \frac{P_0 V_0}{P_1 V_1} = \frac{T_0}{T_1} \Rightarrow \boxed{P_0 V_0 \times T_1 = T_0 P_1 V_1}$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{P_0 V_0 T_1}{T_0 P_1}$$

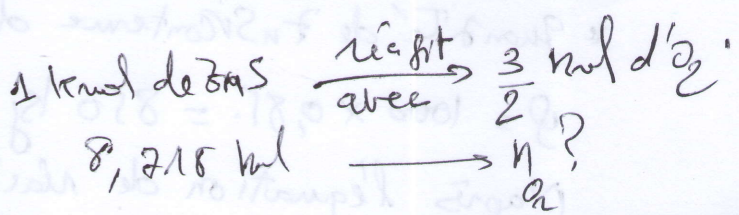
$$\Rightarrow V_1 = \frac{1,013 \text{ bar} \cdot 22,4 \ell \cdot 300}{273 \cdot 1,006} = 24,786 \ell = 24,786 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 24,786 \ell$$

24,786 l nouveau volume molaire

$$\boxed{V_{SO_2} (27^\circ C, 1006 \text{ mbar}) = 24,786 \ell} \quad \underline{\underline{4 \text{ pts}}}$$

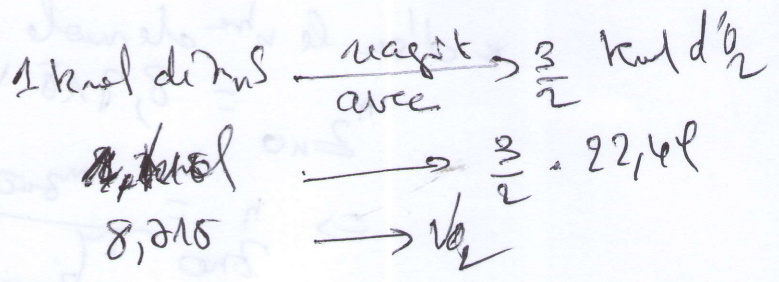
• Calcul du volume d'air nécessaire à l'oxydation.

* D'après la réaction:



$$\Rightarrow n_{O_2} = \frac{3}{2} \times 8,715 \Rightarrow \boxed{n_{O_2} = 13,0725 \text{ kmol de O}_2}$$

* d'après la réaction:



$$\Rightarrow V_{O_2} = \frac{3}{2} \times 8,715 \times 22,4 \ell \Rightarrow V_{O_2} = 2921,9 \text{ m}^3 \quad \underline{\underline{CMPT}}$$

$$V_{O_2} (27^\circ C, 1006 \text{ mbar}) \Rightarrow V_{O_2} = \frac{1,013 \times 224 \times 300}{1006 \cdot 273} \times 13,0725$$

$$V_{O_2} = 324,126 \text{ m}^3$$

$$\frac{V_{air}}{V_{O_2}} = \frac{21}{1} \Rightarrow V_{air} = \frac{V_{O_2} \times 21}{1}$$

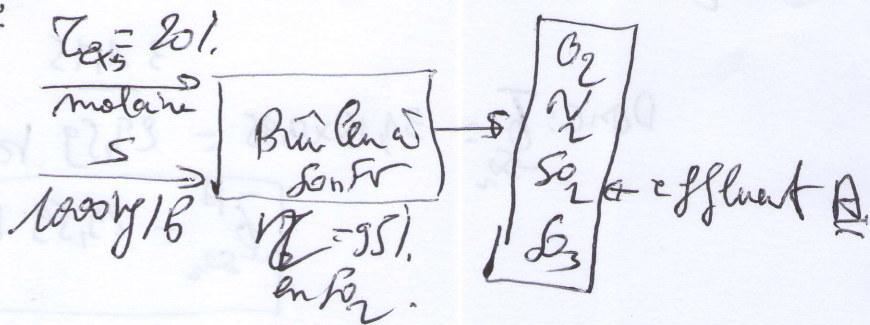
$$\Rightarrow V_{air} = \frac{324,126 \cdot 21}{1} = 6806,646 \text{ m}^3$$

$$\boxed{V_{air} = 6806,646 \text{ m}^3} \quad \underline{\underline{CMPT}}$$

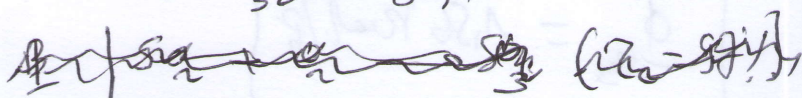
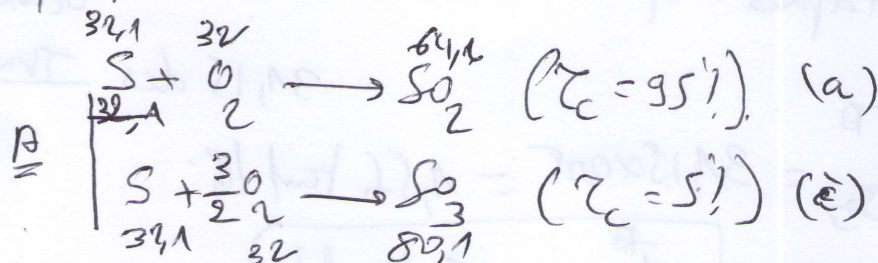
Solution Exercice 08 Série 02, chimie minérale.

* Un four brûle 1t/B de soufre pur.

schéma:



* Les équations de réaction:

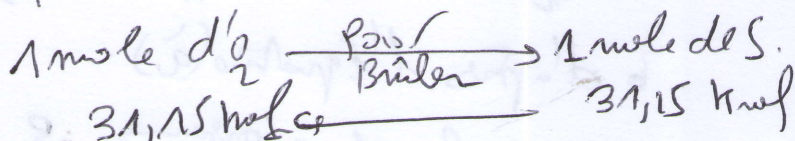


* Combustion du soufre (alimentation du brûleur en réactifs).

Le brûleur est alimenté avec 1000 kg/B de soufre (base de calcul).

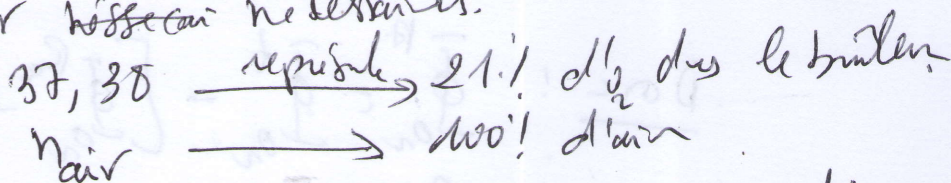
Donc: $1000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \frac{\text{En}}{\text{mole}} \rightarrow \frac{1000}{32,1} = 31,15 \text{ kmol/B de S.}$

D'après l'équation (a): il faut théoriquement:



Compte tenu de l'exès molaire de 20%, il est utilisé en réalité: $31,15 + 31,15 \times \frac{20}{100} = 31,15 + 6,23 = 37,38 \frac{\text{kmol de O}_2}{\text{h}}$

* Quantité d'air nécessaire nécessaires.



$$\Rightarrow \text{Nair} = \frac{100 \times 37,38}{21} = 178,0 \text{ kmol/B}$$

* Cette quantité d'air est composée de:
 - $178,0 \times 79 = 140,62 \text{ kmol/B de N}_2$ soit: $140,62 \times 28 = 3937,4 \text{ kg/B}$
 - $178,0 \times 21 = 37,38 \text{ kmol/B de O}_2$ soit: $37,38 \times 32 = 1196,24 \text{ kg/B}$

• CO_2 effluent du brûleur (Flux A).

- SO_2 : d'après l'équation (a): 1 mol des $\xrightarrow[\text{avec un } \tau_c = 95\%]{\text{donc}}$ 1 mol de SO_2

Donc: $\bar{\Phi}_{\text{SO}_2} = 31,15 \times 0,95 = 29,59 \text{ kmol/B.}$ 31,15 $\xrightarrow{\text{avec un } \tau_c = 95\%}$ 31,15 x 0,95 des

$\bar{\Phi}_{\text{SO}_2}^A = 29,59 \text{ kmol/B.}$

transféré en l'air

- SO_3 : d'après l'équation (a): 1 mol des $\xrightarrow[\text{avec } \tau_c = 0,05]{\text{donc}}$ 1 mol de SO_3

$\bar{\Phi}_{\text{SO}_3}^A = 31,15 \times 0,05 = 1,56 \text{ kmol/B.}$

$\bar{\Phi}_{\text{SO}_3}^A = 1,56 \text{ kmol/B.}$

- O_2 : d'après l'équation (a)

1 mole des $\xrightarrow[\tau_c = 95\%]{\text{consomme}}$ 1 mole des

$\bar{\Phi}_{\text{O}_2} = 31,15 \times 0,95 = 29,59 \text{ kmol/B.}$

• d'après l'équation (a).

1 mole des $\xrightarrow[\tau_c = 5\%]{\text{consomme}}$ $\frac{3}{2}$ mol de O_2

$\bar{\Phi}_{\text{O}_2}^A = 31,15 \times \frac{3}{2} \times 0,05 = 2,34 \text{ kmol/B.}$

Donc: $\bar{\Phi}_{\text{O}_2}^A = \bar{\Phi}_{\text{O}_2}^t - [\bar{\Phi}_{\text{O}_2}^{\text{Ra}} + \bar{\Phi}_{\text{O}_2}^{\text{Ra}'}]$

$\bar{\Phi}_{\text{O}_2}^A = 37,38 - [29,59 + 2,34]$

$\bar{\Phi}_{\text{O}_2}^A = 5,45 \text{ kmol/B.}$

$\bar{\Phi}_{\text{O}_2}^A = 14962 \text{ kmol/B.}$ (l'apote ne participe pas aux réactions)

Théorie

Taux de conversion représente la Fraction d'un réactif qui réagit lors d'une réaction chimique: $X_i = \frac{n_{i,0} - n_{i,t}}{n_{i,0}} \times 100$

état initial

Rep déterminé donné.

Rq, Il est important de ne pas confondre le Taux

de conversion avec le Rendement. Le Taux de conversion renseigne uniquement sur la proportion de réactif qui a disparu, mais pas sur la quantité de produit Formé qui, elle, dépend de la sélectivité.

Réactions en parallèle:

Deux ou plusieurs réactions se faire simultanément, de sorte qu'une partie des réactifs est convertie en sous-produits (produits secondaires) non souhaités.

La sélectivité $S_{j/i}$ représente la fraction du réactif limitant réagissant qui est transformé au produit j (et non aux autres produits qui peuvent être formés en parallèle)

$$S_{j/i} = \left| \frac{\nu_j}{\nu_i} \right| \cdot \frac{\frac{n_{j,t} - n_{j,0}}{S_j}}{\frac{n_{i,0} - n_{i,t}}{S_i}}$$

coefficients stoechiométriques

Mathématiquement le rendement chimique η du produit j formé dans un système d'expansion selon la forme:

$$\eta_j = X_i \cdot S = \left| \frac{\nu_j}{\nu_i} \right| \times \frac{n_{j,t} - n_{j,0}}{n_{i,0}} = \frac{n_{i,0} - n_{i,t}}{n_{i,0}} \times \frac{n_{j,t} - n_{j,0}}{n_{i,0} - n_{i,t}}$$