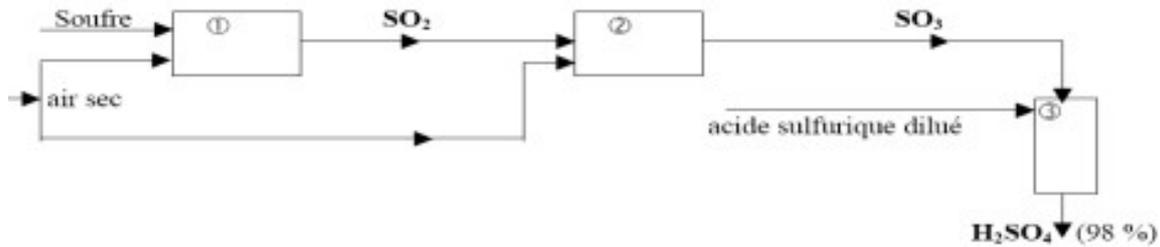


## Exercices chimie minérale industrielle

### Exercice 1

La figure suivante représente le schéma simplifié de la synthèse de l'acide sulfurique :



- 1) Que représente chaque compartiment (1), (2) et (3) ?
- 2) Écrire l'équation de la combustion du soufre dans le dioxygène.
- 3) Écrire la réaction mise en jeu au niveau de convertisseur. Montrer que la réaction de préparation du tri oxyde de soufre, dans le sens 1, est exothermique .
  - a) Quelle est l'influence d'une élévation de température sur le rendement de cet équilibre ?
  - b) Quelle est l'influence d'une élévation de température sur la vitesse de cette réaction ? Vos deux conclusions vont-elles dans le même sens ?

### Corrigé

- 1) (1) : four, (2) : Réacteurs à lit catalytique (convertisseur), (3) : Absorbant
- 2) Réaction de combustion : 
$$\text{S} (\ell) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{SO}_2 (\text{g})$$
- 3) Réaction de conversion : 
$$\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3$$
- 4) a) La réaction est favorisée dans le sens exothermique c'est-à-dire le sens de conversion de  $\text{SO}_2$  en  $\text{SO}_3$ .  
 b) La vitesse de réaction augmente et le taux de conversion de  $\text{SO}_2$  en  $\text{SO}_3$  augmente .

### Exercice 2

Énoncée On se propose de fabriquer l'acide sulfurique à partir de pyrite ( $\text{FeS}_2$ ) par le procédé dit de contact. Le grillage de pyrite est conduit dans un four avec un excès d'air. Le gaz sortant du four, après dépoussiérage et séchage est additionné d'un excès d'air pour atteindre la composition volumique ( $\text{SO}_2$  : 12%,  $\text{O}_2$  : 10% et  $\text{N}_2$  : 78%), puis réchauffé à  $425^\circ\text{C}$ . il entre alors dans un réacteur d'oxydation, fonctionnant à pression atmosphérique, constitué de 4 lits catalytiques (catalyseur : l'oxyde de vanadium  $\text{V}_2\text{O}_5$  avec promoteur). Après avoir traversé les 4 étages de catalyseur, 98% du  $\text{SO}_2$  présent sont converti en  $\text{SO}_3$ . Le  $\text{SO}_3$  formé est absorbé presque totalement dans un tour d'absorption par l'acide sulfurique pour donner l'oléum.

#### I. Obtention du dioxyde de soufre $\text{SO}_2$

- 1) Décrire brièvement le processus d'obtention de dioxyde de soufre SO<sub>2</sub> à partir de sulfures métalliques (la pyrite). Écrire la réaction mise en jeu.
- 2) Établir un schéma bloc du procédé de fabrication de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

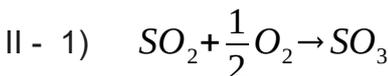
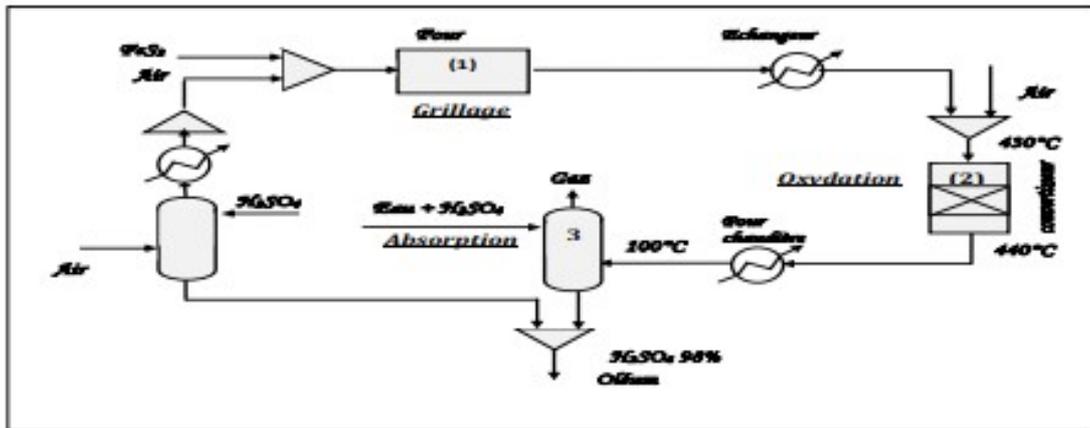
**II. conversion de SO<sub>2</sub> en SO<sub>3</sub>**

- 1) Écrire la réaction de conversion de SO<sub>2</sub> en SO<sub>3</sub>
- 2) Donner un schéma synoptique simple décrivant le parcours des gaz à travers le convertisseur.
- 3) La réaction d'oxydation de SO<sub>2</sub> en SO<sub>3</sub> est-elle favorisée à haute ou basse température ? Justifier.
- 4) Discuter l'influence d'une augmentation de pression sur cet équilibre

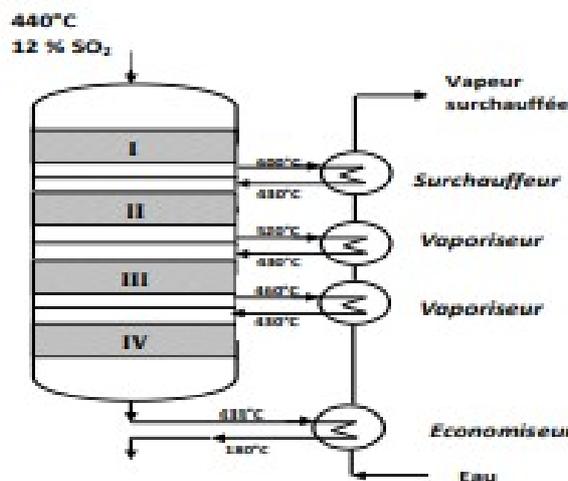
**Corrigé**

I- 1) par grillage de sulfures métalliques à une température entre 800°C et 1000°C, on obtient l'anhydride sulfureux SO<sub>2</sub>, selon la réaction suivante :  $4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 2FeO_2 + 8SO_2$

2) schéma de principe



2) schéma synoptique simple de parcours des gaz à travers le convertisseur



3) la réaction est favorisé a basse température puisque la réaction est exothermique (loi de Chatelier)

4) Si la pression augmente la réaction est favorisé dans le sens de diminution de nombre des moles gazeux (loi de modération) dans notre cas c'est le sens 1 sens de formation de  $\text{SO}_3$

### Exercice 3

On se propose de fabriqué un engrais solide portant comme indications : 10.8.17 à partir d'un mélange de trois engrais simple suivants :

- L'urée U :  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
- Le superphosphate(SSP) :  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- Le chlorure de potassium KCl

1) Préciser sous quelles formes se présentent les éléments N, P et K dans cet engrais

2) Déterminer les pourcentages massiques en azote, en phosphore et en potassium de cet engrais. En déduire les pourcentages massiques en d'anhydride phosphorique  $\text{P}_2\text{O}_5$  pour le superphosphate et d'oxyde de potassium  $\text{K}_2\text{O}$  pour le chlorure de potassium

3) Calculer la masse de chacun des engrais (U, SSP et MOP) par tonne d'engrais 10.8.17

On donne :

L'urée  $M=60 \text{ g.mol}^{-1}$

$\text{CaSO}_4$ :  $M=136 \text{ g.mol}^{-1}$

$\text{P}_2\text{O}_5$ :  $M=142 \text{ g.mol}^{-1}$

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2, \text{H}_2\text{O}$   $M=252 \text{ g.mol}^{-1}$

KCl:  $M=74 \text{ g.mol}^{-1}$

$\text{K}_2\text{O}$  :  $M=94 \text{ g.mol}^{-1}$

P :  $M=31 \text{ g.mol}^{-1}$

N :  $M=14 \text{ g.mol}^{-1}$

K :  $M=39 \text{ g.mol}^{-1}$

### Corrigé

1) N : sous forme de  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  , urée

P : sous forme de  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$

K : sous forme de  $\text{K}^+$

2) L'urée :  $\frac{2 \times 14}{60} \times 100 = 46,7 \%$  de N

Le SSP :  $\frac{2 \times 31}{252 + 4 + 156} \times 100 = 7,79\%$  de P soit 18 % de  $\text{P}_2\text{O}_5$

Le KCl :  $\frac{39}{74} \times 100 = 52,7\%$  de K soit 63,24% de  $\text{K}_2\text{O}$

3) On prend une base de calcul  $M=1\text{T}$  de 10.8.17

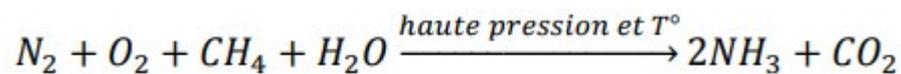
Soit  $\left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ kg de N} \\ 80 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5 \\ 170 \text{ kg de } \text{K}_2\text{O} \end{array} \right\}$  d'où  $\left\{ \begin{array}{l} \text{L'urée: } 46,7 \% \text{ de N} \\ \text{Le SSP: } 18 \% \text{ de } \text{P}_2\text{O}_5 \\ \text{Le KCl: } 63,24 \% \text{ de } \text{K}_2\text{O} \end{array} \right\}$

## Exercice 4

- 1) Qu'est-ce qu'un engrais ternaire ?
- 2) L'ammoniac  $NH_3$  est synthétisé en chauffant sous forte pression en présence d'un catalyseur un mélange stoechiométrique de diazote et de dihydrogène. Ecrire l'équation associée à la réaction correspondante.
- 3) L'élément azote peut être apporté à la plante sous forme d'ions ammonium, d'ions nitrate et d'urée. Donner leur formule.
- 4) L'ammoniac  $NH_3$  est la molécule de base de la préparation des engrais azotés. Par quel type de réaction passe-t-on de l'ammoniac à l'ion ammonium ?
- 5) Les « ammonitrates » sont les engrais les plus utilisés. Donner le nom et la formule du composé présent dans les ammonitrates.

### Corrigé

- 1) un engrais ternaire c'est un engrais qui contient trois éléments nutritifs NPK
- 2) Réaction de synthèse de



- 3) L'ion ammonium :  $NH_4^+$  ; L'ion nitrate :  $NO_3^-$  ; l'urée :  $CCO(NH_2)_2$
- 4) Réaction acido-basique
- 5)  $NH_4NO_3$  : nitrate d'ammonium