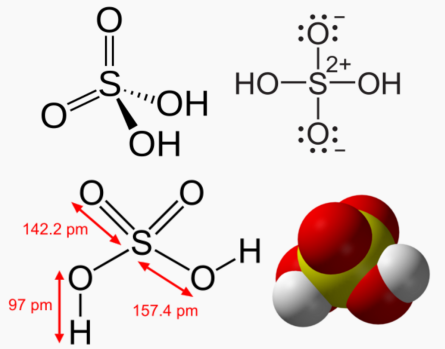
Devoir maison du chapitre : 4.1 Thermodynamique d'un système siège d'une réaction chimique (partie 2)

Partie : 4 Transformation chimique de la matière

D'ici au 20 novembre 2026
Conseil : faites-le dans la semaine qui suit la fin du chapitre

Étude d'une étape de la synthèse de l'acide sulfurique



Structure de l'acide sulfurique

Les pièces métalliques exposées aux différents processus de fabrication développe souvent une couche de rouille ou de tartre. Ces impuretés affectent la qualité du produit final. Afin d'éliminer ces imperfections de surface les pièces sont décapées suite à leur fabrication.

L'acide sulfurique est très souvent utilisé pour décaper des métaux (parfois en combinaison avec de l'acide nitrique, du sulfate ferrique...).



https://www.youtube.com/watch?v=d1HE7oaSBK8
Bain de décapage pour métaux

Il est obtenu industriellement par hydratation du trioxyde de soufre SO_3 obtenu par oxydation de SO_2, lui-même issu du traitement du soufre. On considère la réaction, à l'équilibre thermodynamique, d'équation :

$$SO_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} = SO_{3(g)}$$

Le taux de conversion α de cette réaction est défini par :

$$\alpha = \frac{n_{SO_3}}{n_{SO_3}+n_{SO_2}}$$

1 Choix de la température – Approche théorique

Dans la suite de cette partie, on se place dans l'approximation d'Ellingham, c'est-à-dire que les variations de l'enthalpie standard de réaction et de l'entropie standard de réaction avec la température sont supposées négligeables.

1. Montrer que la constante d'équilibre K de la réaction vérifie la loi $\ln K = k_1 + \frac{k_2}{T}$ où T est la température du milieu exprimée en kelvin.
2. Préciser les valeurs numériques de k_1 et k_2.
3. Avec l'expression de $\ln K$ quel choix de température faut-il faire pour favoriser la réaction. Commenter à l'aide d'une loi de modération.

2 Choix de la composition du système – Approche théorique

4. A l'aide d'un tableau d'avancement et de l'expression du quotient de réaction à l'équilibre, exprimer le taux de conversion α en fonction de la pression partielle en dioxygène du milieu P_{O_2}, de la constante d'équilibre de la réaction K et de la pression standard P°.
5. Avec l'expression obtenue faut-il ajouter ou enlever du dioxygène pour augmenter le taux de conversion ?
   Commenter à l'aide d'une loi de modération.

Pour déterminer s'il est préférable de travailler en présence de dioxygène pur ou d'air, on considère un système à l'équilibre auquel on ajoute une quantité $\mathrm{d}n_{N_2}$ de diazote, tous les autres paramètres étant inchangés. Le système se retrouve alors dans un état hors équilibre caractérisé par un quotient de réaction Q_r.

6. Exprimer Q_r en fonction de la pression totale P, de P°, des quantités de matière à l'équilibre n_{SO_2}, n_{SO_3}, $n_{tot.gaz} = n_{SO_2} + n_{O_2} + n_{SO_3}$ et de $\mathrm{d}n_{N_2}$.
7. Le quotient de réaction augmente-t-il ou diminue-t-il, si l'on ajoute du diazote ? En déduire le sens de la réaction suite à l'ajout de diazote à T et P fixés. En déduire s'il faut utiliser de l'air ou du dioxygène pur.
   Commenter à l'aide d'une loi de modération.

Données numériques

Divers

— Constante des gazs parfaits : $R = 8,314$ J.mol^{-1}.K^{-1}

— Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02.10^23$ mol^{-1}

— L'air est considéré comme un mélange gazeux dont les fractions molaires sont 20% de O_2 et 80% de N_2

— Masse volumique de l'eau liquide $\rho = 1,0.10^3$ kg.m^{-3}

Extrait du tableau périodique

Numéro atomique	1	6	8	16	17
Symbole	H	C	O	S	Cl
Masse molaire atomique (g.mol^{-1})	1	12	16	32	35

Grandeurs thermodynamiques à 298 K

	$S_{(\alpha)}$	$O_{2(g)}$	$N_{2(g)}$	$SO_{2(g)}$	$SO_{3(g)}$
$\Delta_f H^\circ$ (kJ.mol^{-1})	0	0	0	-297	-396
S_m° (J.mol^{-1}.K^{-1})	31,8	205	192	248	257