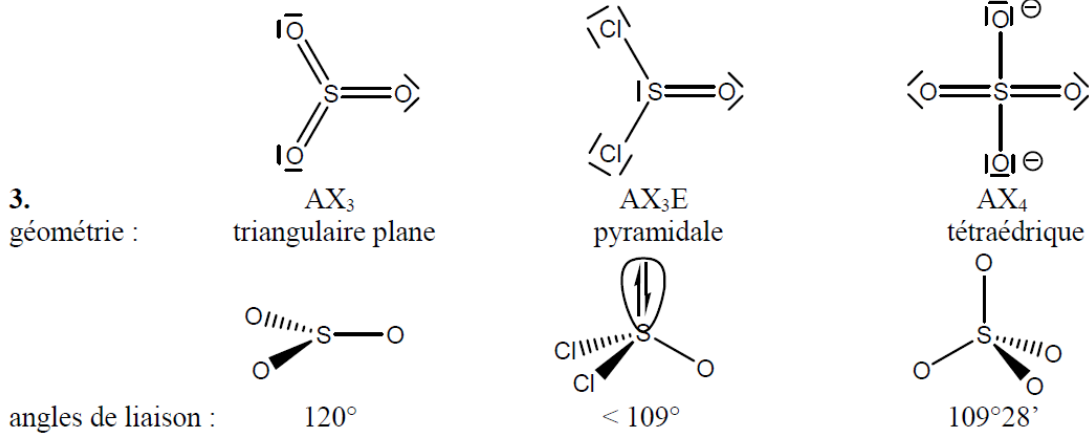


CORRIGE DU DM/DS DE CHIMIE

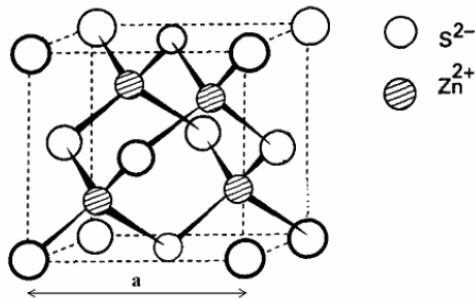
1. S : Z = 16  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

2. S et O possèdent 6 électrons de valence, Cl en possède 7.

SO<sub>3</sub> : 24 électrons de valence, soit 12 doublets ; SOCl<sub>2</sub> : 26 électrons de valence, soit 13 doublets ; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> : 32 électrons de valence, soit 16 doublets.



4. Coordinnence [4,4]



5. La population de la maille est de 4 ions Zn<sup>2+</sup> et de 4 ions S<sup>2-</sup>, d'où l'expression de la masse volumique :

$$\rho = \frac{4 \cdot [M(\text{Zn}) + M(\text{S})]}{N_A \cdot a^3}$$

6. La plus petite distance Zn<sup>2+</sup>/S<sup>2-</sup> est le quart de la diagonale du cube, soit :

$$a \frac{\sqrt{3}}{4} \approx 540 \frac{7/4}{4} = 236 \text{ pm.}$$

Or  $r(\text{Zn}^{2+}) + r(\text{S}^{2-}) = 258 \text{ pm} > 236 \text{ pm}$ .

Conclusion : le modèle ionique n'est pas correct pour ce cristal (liaison iono-covalente).

7. La première hypothèse permet de faire une étude cinétique à température constante, de manière à ce que  $k$  soit bien une constante au cours de l'expérience. Pour être valide, il faut travailler dans une enceinte thermostatée en ayant préalablement thermostaté les 2 solutions avant de les mélanger.

8. L'hypothèse de pH constant est réaliste si on utilise une solution tampon ou si la concentration initiale en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  est grande devant celle du TAA (au minimum 10 fois plus grande).

9. En intégrant la loi de vitesse (avec  $k$  et  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  constants), on obtient :

$$[\text{TAA}] = [\text{TAA}]_0 e^{-k[\text{H}_3\text{O}^+]t}$$

De plus, d'après la stoechiométrie de la réaction, on a à tout instant :

$$[\text{H}_2\text{S}] = [\text{TAA}]_0 - [\text{TAA}] = [\text{TAA}]_0 \left(1 - e^{-k[\text{H}_3\text{O}^+]t}\right)$$

et les expressions des 2 constantes d'acidité donnent  $[\text{S}^{2-}] = K_{a1}K_{a2} \frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}$ , soit :

$$\boxed{[\text{S}^{2-}] = K_{a1}K_{a2} \frac{[\text{TAA}]_0}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2} \left(1 - e^{-k[\text{H}_3\text{O}^+]t}\right)}$$

10. Pour  $t \rightarrow +\infty$ ,  $[S^{2-}]_{\infty} = K_{a1}K_{a2} \frac{[TAA]_0}{[H_3O^+]^2} = 1,5 \cdot 10^{-17} \text{ mol.L}^{-1}$ , d'où puisque  $\text{pH} = 1$ ,

$[S^{2-}] = 1,5 \cdot 10^{-17} (1 - e^{-k \cdot 10^{-1} t})$ . En prenant un point de la courbe dont les coordonnées permettront de faire des calculs simples, par exemple :  $t = 11 \text{ min}$ ,  $[S^{2-}] = 6 \cdot 10^{-18} \text{ mol.L}^{-1}$ , on calcule une valeur de  $k$  :

$$6 \cdot 10^{-18} = 1,5 \cdot 10^{-17} (1 - e^{-k \cdot 10^{-1} 11}), \quad \text{soit} \quad 4 \cdot 10^{-1} = 1 - e^{-11k} \quad \Leftrightarrow \quad e^{-11k} = 0,6 \quad \Leftrightarrow$$

$$-11k = \ln(0,6) = \ln 6 - \ln 10 \approx 1,8 - 2,3 = -0,5 \quad \Leftrightarrow \quad k = \frac{0,5}{1,1} \quad \Leftrightarrow \quad \underline{\underline{k = 0,45 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{min}^{-1}}}$$

11. A  $t = 3 \text{ min}$ , juste avant la précipitation :  $[S^{2-}] = 2 \cdot 10^{-18} \text{ mol.L}^{-1}$  (lecture sur le graphe).

Donc  $Q = [Zn^{2+}][S^{2-}] = 0,1 \cdot 2 \cdot 10^{-18}$ , soit  $Q = 2 \cdot 10^{-19}$ .

Comme  $K_S = 10^{-20}$ ,  $Q > K_S$  et  $\Delta_r G$  est positif, la réaction se fait dans le sens 2 (indirect) correspondant à la formation du précipité.

12. En supposant les réactions acido-basique (passage de  $H_2S$  à  $S^{2-}$ ) et la réaction de précipitation entre  $Zn^{2+}$  et  $S^{2-}$  instantanées (!), le temps nécessaire pour précipiter les  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  d'ions zinc correspond au temps nécessaire pour former  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  de  $H_2S$  par la réaction lente de décomposition du TAA.

$$\text{Or } [H_2S] = [TAA]_0 (1 - e^{-k[H_3O^+]t}), \quad \text{soit } t = -\frac{1}{k[H_3O^+]_0} \ln \left( 1 - \frac{[H_2S]}{[TAA]_0} \right).$$

$$\text{AN : } t = -\frac{1}{0,45 \cdot 10^{-1}} \ln \left( 1 - \frac{0,1}{0,2} \right) = -\frac{\ln(1/2)}{0,045} = -\frac{\ln 1 - \ln 2}{0,045} = -\frac{0 - 0,7}{0,045} \quad \underline{\underline{t = 15,6 \text{ min}}}$$

A)

$$13. CS_{2(l)} = CS_{2(g)} : \Delta_{\text{vap}} H^\circ = \Delta_f H^\circ_{CS_{2(g)}} - \Delta_f H^\circ_{CS_{2(l)}}$$

On donne la chaleur latente massique de vaporisation de  $CS_{2(l)}$ , ie  $L_{\text{vap}} = \frac{\Delta_{\text{vap}} H^\circ}{M_{CS_2}}$ . Donc,

$$\Delta_f H^\circ_{CS_{2(g)}} = \Delta_f H^\circ_{CS_{2(l)}} + M_{CS_2} \cdot L_{\text{vap}}$$

$$\text{AN : } \Delta_f H^\circ_{CS_{2(g)}} = 88 + 76,360 \cdot 10^{-3} = 115,4 \text{ kJ.mol}^{-1} \approx \underline{\underline{115 \text{ kJ.mol}^{-1}}}$$

14. L'atome de carbone possède 4 électrons de valence et l'atome de soufre 6. Donc  $CS_2$

possède 16 électrons de valence, soit 8 doublets. D'où le schéma de Lewis :  $\langle S \equiv C \equiv S \rangle$ .

$$CS_{2(g)} = C_{(g)} + 2S_{(g)} : \Delta_r H^\circ = 2D_{C=S} = \Delta_f H^\circ_{C_{(g)}} + 2\Delta_f H^\circ_{S_{(g)}} - \Delta_f H^\circ_{CS_{2(g)}}, \quad \text{soit :}$$

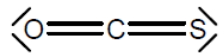
$$D_{C=S} = \frac{\Delta_f H^\circ_{C_{(g)}} + \Delta_f H^\circ_{S_{(g)}} - \Delta_f H^\circ_{CS_{2(g)}}}{2}$$

$$D_{C=S} = \frac{717}{2} + 277 - \frac{115}{2}, \quad \text{soit } D_{C=S} = \underline{\underline{578 \text{ kJ.mol}^{-1}}}$$

$$15. \text{ De manière analogue pour } CO_2 : D_{C=O} = \frac{\Delta_f H^\circ_{C_{(g)}} + \Delta_f H^\circ_{O_{(g)}} - \Delta_f H^\circ_{CO_{2(g)}}}{2}$$

$$D_{C=O} = \frac{717}{2} + 249 - \frac{-393}{2}, \quad \text{soit } D_{C=O} = \underline{\underline{804 \text{ kJ.mol}^{-1}}}$$

16. Le schéma de Lewis de OCS (16 électrons de valence, donc 8 doublets) est :



Etudions la réaction d'équation :  $\text{OCS}_{(g)} = \text{O}_{(g)} + \text{C}_{(g)} + \text{S}_{(g)}$ .

On a :  $\Delta_r H^\circ = D_{\text{C}=\text{O}} + D_{\text{C}=\text{S}} = \Delta_f H^\circ_{\text{O}_{(g)}} + \Delta_f H^\circ_{\text{C}_{(g)}} + \Delta_f H^\circ_{\text{S}_{(g)}} - \Delta_f H^\circ_{\text{OCS}_{(g)}}$ , d'où :

$$\Delta_f H^\circ_{\text{OCS}_{(g)}} = \Delta_f H^\circ_{\text{O}_{(g)}} + \Delta_f H^\circ_{\text{C}_{(g)}} + \Delta_f H^\circ_{\text{S}_{(g)}} - D_{\text{C}=\text{O}} - D_{\text{C}=\text{S}}$$

$$\Delta_f H^\circ_{\text{OCS}_{(g)}} = 249 + 717 + 277 - 804 - 578, \text{ soit } \underline{\Delta_f H^\circ_{\text{OCS}_{(g)}} = -139 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}}.$$

**B)**

17. Pour la réaction d'équation :  $2 \text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} = 2 \text{SO}_{3(g)}$

$$\Delta_r H^\circ = 2\Delta_f H^\circ_{\text{SO}_{3(g)}} - 2\Delta_f H^\circ_{\text{SO}_{2(g)}} - \Delta_f H^\circ_{\text{O}_{2(g)}}$$

$\Delta_r H^\circ = 2 \cdot (-396) - 2 \cdot (-297) - 0$ , soit  $\underline{\Delta_r H^\circ = -198 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}}$ . La réaction est exothermique.

$$\Delta_r S^\circ = 2S^\circ_{\text{SO}_{3(g)}} - 2S^\circ_{\text{SO}_{2(g)}} - S^\circ_{\text{O}_{2(g)}}$$

$\Delta_r S^\circ = 2 \cdot 257 - 2 \cdot 248 - 205$ , soit  $\underline{\Delta_r S^\circ = -187 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}}$ . Le signe négatif est cohérent avec

$\sum_{i \text{ gaz}} \nu_i < 0$  : quand la réaction évolue dans le sens direct, il y a diminution de la quantité de matière gazeuse, donc diminution du désordre.

18. Dans l'approximation d'Ellingham, on a :  $\Delta_r G^\circ(T) = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ$ , soit

$$\Delta_r G^\circ(T) = -198 \cdot 10^3 + 187T \text{ (en J}\cdot\text{mol}^{-1}\text{)}.$$

19.  $\ln K^\circ(T) = -\frac{\Delta_r G^\circ(T)}{RT}$ , soit  $\ln K^\circ(T) = \frac{198 \cdot 10^3}{8,31 \cdot T} - \frac{187}{8,31} \approx \frac{2,38 \cdot 10^4}{T} - 22,5$ .

20. Soit un état initial où l'équilibre chimique est réalisé : on a  $Q_{EI} = K^\circ(T)$ .

On perturbe le système, soit  $Q$  le nouveau quotient de réaction juste au moment de la

perturbation.  $Q = \frac{P_{\text{SO}_3}^2 P^\circ}{P_{\text{SO}_2}^2 P_{\text{O}_2}}$ , les pressions partielles étant calculées dans l'état étudié.

a) Etude d'une augmentation de  $T$  à  $P$  et composition constantes

Entre l'état initial et l'état perturbé, les pressions partielles n'ont pas changé, donc  $Q = Q_{EI}$ .

Soit  $T'$  la nouvelle température. D'après la formule de Van't Hoff :  $\frac{d \ln K^\circ}{dT} = \frac{\Delta_r H^\circ}{RT^2} < 0$

puisque la réaction est exothermique.

Donc  $K^\circ$  est une fonction décroissante de la température :  $K^\circ(T') < K^\circ(T)$ .

On a donc dans l'état perturbé :  $K^\circ(T') < Q$ . Le système évolue dans le sens inverse (de droite à gauche), *ie* dans le sens endothermique : on retrouve bien sûr la loi de Van't Hoff !

b) Etude d'une augmentation de  $P$  à  $T$  et composition constantes

La température étant inchangée, la constante d'équilibre dans l'état perturbé a même valeur

que dans l'état initial. Mais le quotient de réaction a changé :  $Q = \frac{P_{\text{SO}_3}^2 P^\circ}{P_{\text{SO}_2}^2 P_{\text{O}_2}} = \frac{n_{\text{SO}_3}^2 n_{\text{gaz}} P^\circ}{n_{\text{SO}_2}^2 n_{\text{O}_2} P}$ . Les

quantités de matière étant inchangées entre l'état initial et l'état perturbé, une augmentation de

$P$  entraîne une diminution du quotient. On a donc dans l'état perturbé  $Q < Q_{EI} = K^\circ$ . Le

système évolue donc dans le sens direct (de gauche à droite), *ie* dans le sens où  $\sum_{i \text{ gaz}} \nu_i < 0$  :

on retrouve bien sûr la loi de Le Châtelier.

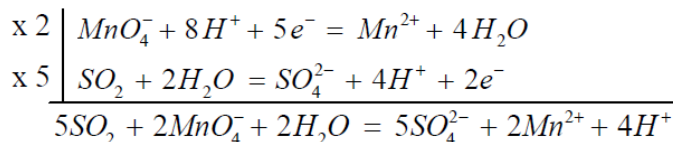
c) Etude d'une introduction de diazote (gaz inactif) à  $T$  et  $P$  constantes.

La température étant inchangée, la constante d'équilibre dans l'état perturbé a même valeur

que dans l'état initial. Le quotient  $Q = \frac{P_{SO_3}^2 P^\circ}{P_{SO_2}^2 P_{O_2}} = \frac{n_{SO_3}^2 n_{t\text{gaz}} P^\circ}{n_{SO_2}^2 n_{O_2} P}$  augmente entre l'état initial et

l'état perturbé puisque dans cette expression, seul  $n_{t\text{gaz}}$  varie et augmente. On a donc dans l'état perturbé  $Q > Q_{EI} = K^\circ$ . Le système évolue donc dans le sens indirect (de droite à gauche).

21.



Seul l'ion permanganate  $MnO_4^-$  est coloré (violet). Donc avant l'équivalence, la solution reste incolore puisque  $MnO_4^-$  est en défaut et réagit quantitativement. Après l'équivalence,  $MnO_4^-$  est en excès : la solution est de couleur violette.

L'équivalence est donc repérée par l'apparition de la couleur violette.

22. A l'équivalence, les 2 réactants ont été mélangés en proportions stœchiométriques, soit :

$$\frac{n_{SO_2}}{5} = \frac{n_{MnO_4^-}}{2} = \frac{C_1 V_1}{2}. \text{ D'où : } n_{SO_2} = \frac{5}{2} C_1 V_1, \text{ soit } n_{SO_2} = 2,5 \cdot (2,5 \cdot 10^{-3}) \cdot (12 \cdot 10^{-3}) = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol.}$$

Cette quantité est celle qui est contenue dans  $0,1 \text{ m}^3$  d'effluent gazeux, donc dans  $1 \text{ m}^3$ , il y en a 10 fois plus, soit  **$7,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$** , ce qui correspond à une masse de  $SO_2$  (de masse molaire  $64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) égale à  $7,5 \cdot 10^{-4} \cdot 64 = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ g}$ .

L'effluent a donc une teneur en  $SO_2$  de  $48000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ce qui est très supérieur à la norme : il faut donc le traiter !