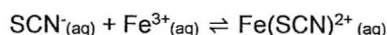


Chapitre 11 : Évolution spontanée et équilibre d'un système chimique

Activité expérimentale : Equilibre chimique



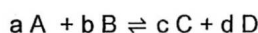
Afin d'améliorer les rendements obtenus lors de synthèses, les industries chimiques doivent être capable de déterminer si une réaction est totale ou non. Pour cette activité expérimentale, on étudiera la réaction des ions thiocyanate SCN^- avec les ions Fe^{3+} selon la réaction chimique suivante :



Le complexe $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ est coloré et était autrefois employé au cinéma en tant que faux sang.

Document 1 : réaction non totale

Lors d'une réaction chimique, si la quantité de matières des espèces ne varie plus et que tous les réactifs et produits coexistent, on dit que la réaction est **non totale**. La réaction s'écrit alors avec une flèche double \rightleftharpoons



L'état final est appelé **état d'équilibre chimique**.

Pour caractériser un système chimique dans un état donné, on utilise le quotient de réaction Q_r :

$$Q_r = \frac{\left(\frac{[C]}{c^0}\right)^c \times \left(\frac{[D]}{c^0}\right)^d}{\left(\frac{[A]}{c^0}\right)^a \times \left(\frac{[B]}{c^0}\right)^b}$$

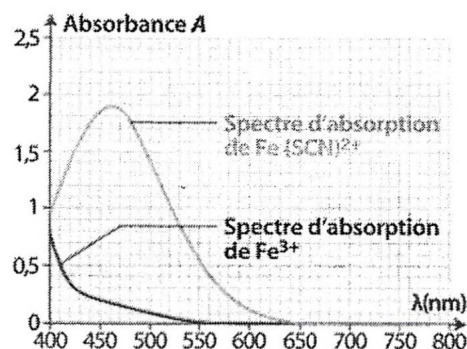
Avec $c^0 = 1 \text{ mol/L}$

Attention, si une espèce est le solvant ou sous forme solide, elle n'intervient pas dans le quotient de réaction Q_r !

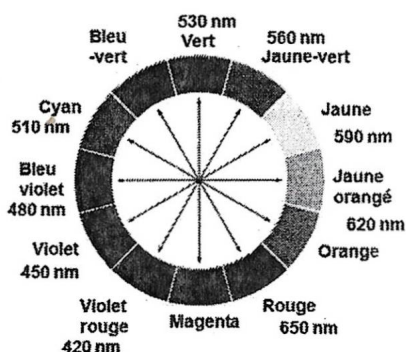
Document 2 : Spectres d'absorption

Une solution contenant les ions fer (III) $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$, ou les ions thiocyanates $\text{SCN}^-_{(\text{aq})}$ est incolore.

Les ions fer (III) $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ donnent une coloration jaune à la solution qui les contient.



Document 3 : Cercle chromatique



Matériel

- Solution de thiocyanate de potassium (K^+ ; SCN^-) à $0,10 \text{ mol/L}$ et $2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$
- Solution de nitrate de fer (Fe^{3+} ; 3 NO_3^-) à $0,10 \text{ mol/L}$ et $1 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$
- Acide nitrique à $0,10 \text{ mol/L}$
- 3 béchers de 150 mL
- Epprouvettes graduées de 5 et 50 mL
- Fiole jaugée de $50,0 \text{ mL}$
- Pipette + propipettes de $5,0$ et $10,0 \text{ mL}$
- Spectrophotomètre + ordinateur + manuel d'utilisation

I. Etude qualitative

- 1) Proposer une méthode expérimentale pour vérifier que la réaction étudiée est non totale.
- 2) Après validation, mettre en place le protocole expérimental. Conclure.

II. Etude quantitative

On se propose de réaliser 4 solutions S_1 , S_2 , S_3 et S_4 afin de déterminer plusieurs quotients de réaction.

Protocole :

- Dans une fiole jaugée de $50,0 \text{ mL}$, introduire le volume V_{Fe} de solution de nitrate de fer (de concentration $2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$). Y ajouter un volume V_{SCN} de solution de thiocyanate de potassium (de concentration $1 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$)
 - Compléter la fiole jusqu'au trait de jauge avec une solution d'acide nitrique de concentration $0,1 \text{ mol/L}$.
 - Mesurer l'absorbance de la solution préparée à la longueur d'onde $\lambda = 580 \text{ nm}$. Pour faire le blanc, vous mettez de l'eau distillée dans la cuve.
- 3) Justifier le choix de la longueur d'onde pour réaliser les mesures d'absorbance (doc 2).
 - 4) Mettre en place le protocole et ajouter les valeurs d'absorbance dans le tableau global.
 - 5) A l'aide de la loi de Beer Lambert, déterminer les valeurs de $[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]_{\text{eq}}$ à l'état d'équilibre chimique. Compléter le tableau global.

Données : Coefficient d'absorption molaire de l'espèce $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ à $\lambda = 580 \text{ nm}$: $\epsilon = 6,0 \times 10^3 \text{ L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ et largeur de la cuve : $l = 1 \text{ cm}$

- 6) A l'aide du tableau d'avancement, déterminer les concentrations finales en ion fer III $[Fe^{3+}]_{\text{éq}}$ et ion thiocyanate $[SCN^-]_{\text{éq}}$. Compléter le tableau global.

Equation chimique		$1 Fe^{3+}_{(aq)}$	+	$1 SCN^{-}_{(aq)}$	\rightleftharpoons	$FeSCN^{2+}_{(aq)}$
Etat initial	x = 0	αFe^{3+}		αSCN^{-}		0
Etat intermédiaire	x	$\alpha Fe^{3+} - \alpha$		$\alpha SCN^{-} - \alpha$		α
Etat final	x _f	$\alpha Fe^{3+} - \alpha_f$		$\alpha SCN^{-} - \alpha_f$		α_f

- 7) En déduire les valeurs de $Q_{r,\text{éq}}$ pour chaque mélange. Compléter le tableau global.

Tableau global :

Solution	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
V _{Fe} (mL)	5,0	5,0	10,0	10,0
V _{SCN} (mL)	5,0	10,0	5,0	10,0
Absorbance A	0,118	0,376	0,311	0,814
$[Fe(SCN)^{2+}]_{\text{éq}}$	$3,02 \times 10^{-5}$	$6,3 \times 10^{-5}$	$4,02 \times 10^{-5}$	$8,63 \times 10^{-5}$
$[Fe^{3+}]_{\text{éq}}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-1}$	$2,0 \times 10^{-1}$
$[SCN^-]_{\text{éq}}$	$1,97 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-1}$	$4,0 \times 10^{-1}$
$Q_{r,\text{éq}}$	$\frac{[FeSCN^{2+}]}{[Fe^{3+}][SCN^{-}]}$			

= 15

- 8) Lorsqu'on est à l'équilibre, le quotient de réaction $Q_{r,\text{éq}}$ est renommé constante d'équilibre K. Justifier le terme « constante » choisi pour définir cette grandeur.