

- **But du TP** : Mettre en évidence la présence de tous les réactifs dans l'état final d'un système siège d'une transformation non totale, par un nouvel ajout de réactif. Déterminer la valeur du quotient de réaction à l'état final d'un système et montrer son indépendance vis-à-vis de la composition initiale du système.

### I. Constante d'équilibre

- La présence d'ion thiocyanate  $\text{SCN}^-$  dans l'organisme révèle une intoxication à l'ion cyanure. L'ajout d'ion fer III dans un échantillon d'urine donne une teinte rouge si le test est positif. Cette transformation chimique est non totale car les réactifs et les produits coexistent alors que le système n'évolue plus : Le système est dans un état d'équilibre.
- Comment quantifier cet état d'équilibre ?



### Document 1 : Mélanges réactionnels

- On étudie 4 réactions entre l'ion ferrique  $\text{Fe}^{3+}$  et l'ion thiocyanate  $\text{SCN}^-$ . Il se forme l'ion thiocyanatofer  $\text{FeSCN}^{2+}$  de couleur rouge.
- Dans une fiole jaugée de volume  $V = 50,0 \text{ mL}$ , introduire :
  - A l'aide d'une pipette, la solution de nitrate de fer III ;
  - A l'aide de la burette graduée, la solution de thiocyanate de potassium ;
- Compléter jusqu'au trait de jauge avec la solution d'acide nitrique et homogénéiser ;
- Verser le mélange dans un bécher numéroté, puis mesurer son absorbance après avoir réalisé le « blanc » à  $\lambda = 580 \text{ nm}$ .

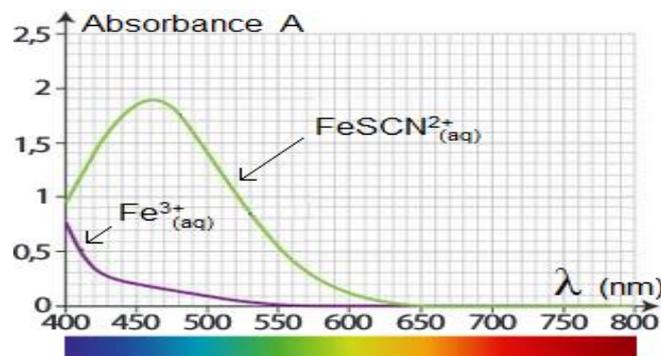
Mélange	①		②		③		④	
	V (mL)	$n (\times 10^{-5} \text{ mol})$ correspondante	V (mL)	$n (\times 10^{-5} \text{ mol})$ correspondante	V (mL)	$n (\times 10^{-5} \text{ mol})$ correspondante	V (mL)	$n (\times 10^{-5} \text{ mol})$ correspondante
$\text{Fe}^{3+}$	5,0	$n(\text{Fe}^{3+})_i =$	5,0	$n(\text{Fe}^{3+})_i =$	10,0	$n(\text{Fe}^{3+})_i =$	10,0	$n(\text{Fe}^{3+})_i =$
$\text{SCN}^-$	2,0	$n(\text{SCN}^-)_i =$	7,0	$n(\text{SCN}^-)_i =$	6,0	$n(\text{SCN}^-)_i =$	10,0	$n(\text{SCN}^-)_i =$
A								
$x_f (\mu\text{mol})$								
$Q_r$								

### Document 2 : Matériel

Spectrophotomètre + cuve	Pipette graduée 5,0 mL	Solution de thiocyanate de potassium $[\text{SCN}^-] = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
Béchers	Pipette jaugée 10,0 mL	Solution de nitrate de fer III $[\text{Fe}^{3+}] = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
Burette graduée	Fiole jaugée 50,0 mL	Solution d'acide nitrique à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$
Pissette eau distillée	Nitrate de fer III nonahydraté en poudre	

### Document 3 : Données

- Coefficient d'absorption molaire de l'ion  $\text{FeSCN}^{2+}_{(\text{aq})}$  à  $580 \text{ nm}$  :  $\epsilon_{580} = 850 \text{ L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$
- Largeur de la cuve :  $l = 1,0 \text{ cm}$
- Spectre d'absorption des ions colorés en solution aqueuse
- Constante d'équilibre de la réaction étudiée (à  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) :  $K = 10^{2,1}$



#### Document 4 : Quotient de réaction

- On considère une réaction d'équation :  $a A + b B \rightleftharpoons c C + d D$

- Le quotient de réaction  $Q_r$  est défini par :  $Q_r = \frac{\left(\frac{[C]}{c^0}\right)^c \times \left(\frac{[D]}{c^0}\right)^d}{\left(\frac{[A]}{c^0}\right)^a \times \left(\frac{[B]}{c^0}\right)^b}$

avec [A], [B], [C] et [D] : concentration des espèces dissoutes (mol.L<sup>-1</sup>) ;

$a, b, c$  et  $d$  : coefficients stœchiométriques ;

$c^0$  : concentration standard égale à 1 mol.L<sup>-1</sup>.

#### Questions préalables (S'approprier)

- Ecrire l'équation de la réaction étudiée.
- Justifier le choix de la longueur d'onde d'étude.

#### Protocole expérimental (Réaliser)

- Réaliser le protocole expérimental du **document 1**.

#### Exploitation (Analyser-Valider)

- À l'aide de la loi de *Beer-Lambert*, exprimer la concentration en quantité de matière [FeSCN<sup>2+</sup>] à l'état final.
- Que vaut l'avancement final  $x_f$  en fonction de [FeSCN<sup>2+</sup>] et du volume  $V$  ? Calculer sa valeur et compléter le tableau.
- Exprimer la concentration des trois espèces dans l'état final en fonction de  $x_f$ . Justifier que le système est siège d'un équilibre.
- Utiliser l'expression du quotient de réaction  $Q_r$  du **doc.4** pour vérifier qu'à l'équilibre :

$$Q_{r,\text{éq}} = \frac{V \times x_f \times c^0}{(n(\text{Fe}^{3+}) - x_f) \times (n(\text{SCN}^-)_i - x_f)}$$

- Calculer  $Q_{r,\text{éq}}$  pour chaque mélange réactionnel. Cette valeur, notée  $K$  dépend-elle de la composition initiale du système ?
- Calculer sa valeur moyenne, notée  $K_{\text{exp}}$ . Est-elle cohérente avec la valeur théorique ? Indiquer les éventuelles sources d'erreur.

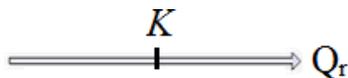
#### Problème (Raisonnement-Réaliser-Valider)

- On souhaite déterminer comment va évoluer le système chimique si on y ajoute l'un des réactifs.

- Proposer une démarche expérimentale pour répondre à cette problématique.

👉 **Faire vérifier la démarche par le professeur, puis la mettre en œuvre et conclure.** 👉

- La valeur du quotient de réaction  $Q_{r,i}$  dans l'état initial est-elle supérieure, égale ou inférieure à  $K$  ? Justifier qualitativement.
- Sur l'axe ci-dessous, placer  $Q_{r,i}$  et proposer un critère permettant de prévoir le sens d'évolution du système chimique.



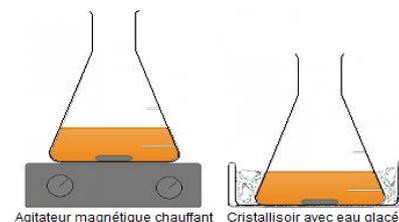
## II. Transformer du plomb en or ?

- Pendant des siècles, les alchimistes ont tenté la transmutation des métaux comme le plomb en or.
- Sans pierre philosophale, étudions l'équilibre de la réaction entre les ions plomb  $Pb^{2+}$  et iodure  $I^-$ .



### Document 5 : La pluie d'or du grand schtroumpf

- Avec l'éprouvette, *schtroumpfer* 5,0 mL de nitrate de plomb et 5,0 mL d'iodure de potassium dans l'erenmeyer ;
- Sous agitation et chauffage, *schtroumpfer* jusqu'à dissolution complète du précipité de  $PbI_{2(s)}$  ;
- Enfin, *Schtroumpfer* l'erenmeyer dans un bain d'eau glacée...



### Document 6 : Matériel

Plaque chauffante avec agitation magnétique + barreau aimanté	Cristallisateur + glaçons
Eprouvette graduée	Iodure de potassium $[I^-] = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
Erlenmeyer + bouchon	Nitrate de plomb $[Pb^{2+}] = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
Dispositif de filtration	

### Document 7 : Test de reconnaissance

Ion	$Pb^{2+}$	$I^-$
Réactif	Précipité jaune avec le chromate de potassium	Précipité blanc-jaunâtre avec le nitrate d'argent

### Protocole expérimental (Réaliser)

- 1) Réaliser le protocole décrit au **document 5**.

### Exploitation (Analyser)

- 2) Ecrire l'équation de la réaction de précipitation.
- 3) Calculer la valeur initiale du quotient de réaction  $Q_{r,i}$  et la comparer à la constante d'équilibre  $K = 1,6 \cdot 10^8$  (à 25 °C). Conclure.

### Problème (Raisonnement-Réaliser-Valider)

- 4) Elaborer un protocole expérimental pour vérifier la présence des deux réactifs dans l'état final de cette transformation.

👉 Faire vérifier le protocole par le professeur, puis le mettre en œuvre et conclure. 👈

- 5) Aux vues de vos observations, pourquoi peut-on dire que la constante d'équilibre dépend de la température ? Tenter d'expliquer les phénomènes observés. Sommes-nous devenus des alchimistes ?

Élèves :	Bureau :
<input type="checkbox"/> Spectrophotomètre + cuve	<input type="checkbox"/> 1 L solution de thiocyanate de potassium $[SCN^-] = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
<input type="checkbox"/> Plaque chauffante + agitation magnétique	<input type="checkbox"/> 1 L solution de nitrate de fer III $[Fe^{3+}] = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ (8,1 g de nitrate de fer nonahydraté dans 1 L de solution)
<input type="checkbox"/> Petit cristallisateur	<input type="checkbox"/> 4 L solution d'acide nitrique à 0,1 mol.L <sup>-1</sup>
<input type="checkbox"/> Erlenmeyer 100 mL	<input type="checkbox"/> 0,5 L solution d'iodure de potassium $[I^-] = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
<input type="checkbox"/> 6 béchers 100 mL	<input type="checkbox"/> 0,5 L solution de nitrate de plomb $[Pb^{2+}] = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
<input type="checkbox"/> 1 bécher 250 mL	<input type="checkbox"/> 0,5 L solution de chromate de potassium
<input type="checkbox"/> 1 burette graduée	<input type="checkbox"/> Nitrate de fer III nonahydraté solide
<input type="checkbox"/> 1 pipette jaugée 10,0 mL	<input type="checkbox"/> Glaçons
<input type="checkbox"/> 1 pipette graduée 5,0 mL	<input type="checkbox"/> Bidon de récupération des déchets
<input type="checkbox"/> 1 fiole jaugée 50,0 mL	
<input type="checkbox"/> 1 éprouvette graduée 10 mL	
<input type="checkbox"/> 1 petit entonnoir + support + filtre	
<input type="checkbox"/> Flacon avec nitrate d'argent	
<input type="checkbox"/> Pissette eau distillée	