



## Exemple de correction Exercices

« Suivi et modélisation de l'évolution d'un système chimique »

**11 a.**  $\text{Ag}^+$  (aq) et  $\text{H}^+$  (aq) sont les oxydants ;  $\text{H}_2$  (g) et  $\text{Ag}$  (s) sont les réducteurs des couples oxydant/réducteur :

$\text{Ag}^+$  (aq)/ $\text{Ag}$  (s) et  $\text{H}^+$  (aq)/ $\text{H}_2$  (g).

**b.**  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  (aq) et  $\text{Cu}^{2+}$  (aq) sont les oxydants ;  $\text{Cu}$  (s) et  $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) sont les réducteurs des couples oxydant/réducteur :  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  (aq)/ $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) et  $\text{Cu}^{2+}$  (aq)/ $\text{Cu}$  (s).

**c.**  $\text{Au}^{3+}$  (aq) et  $\text{Fe}^{3+}$  (aq) sont les oxydants ;  $\text{Au}$  (s) et  $\text{Fe}^{2+}$  (aq) sont les réducteurs des couples oxydant/réducteur :

$\text{Au}^{3+}$  (aq)/ $\text{Au}$  (s) et  $\text{Fe}^{3+}$  (aq)/ $\text{Fe}^{2+}$  (aq).

**16 1. a.**  $\text{I}_2$  (aq) +  $2 \text{e}^- = 2 \text{I}^-$  (aq)

et  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  (aq) =  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$  (aq) +  $2 \text{H}^+$  (aq) +  $2 \text{e}^-$  .

**b.**  $\text{I}_2$  (aq) +  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  (aq) →  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$  (aq) +  $2 \text{H}^+$  (aq) +  $2 \text{I}^-$  (aq).

**2. a.**  $2 \text{I}^-$  (aq) =  $\text{I}_2$  (aq) +  $2 \text{e}^-$

et  $\text{H}_2\text{O}_2$  (aq) +  $2 \text{H}^+$  (aq) +  $2 \text{e}^- = 2 \text{H}_2\text{O}$  (ℓ).

**b.**  $\text{H}_2\text{O}_2$  (aq) +  $2 \text{H}^+$  (aq) +  $2 \text{I}^-$  (aq) →  $\text{I}_2$  (aq) +  $2 \text{H}_2\text{O}$  (ℓ).

### Exo 17 :

1- Calcul des quantités initiales  $n_{\text{F}_2}^i$  et  $n_{\text{Fe}}^i$  :

-  $\text{F}_2$  est un gaz donc

$$n_{\text{F}_2}^i = \frac{V_{\text{F}_2}^i}{V_m} = \frac{6,0}{24} = 0,25 \text{ mol}$$

- Fe est solide donc

$$n_{\text{Fe}}^i = \frac{m_{\text{Fe}}^i}{M_{\text{Fe}}} = \frac{22,3}{55,8} = 0,40 \text{ mol}$$

2- Tableau d'avancement

Équation de la transformation		$\text{F}_2(\text{g})$	+ $\text{Fe}$ (s)	→	$2\text{F}^-$ (aq)	+ $\text{Fe}^{2+}$ (aq)
Etat Initial (mol)	$x = 0$	$n_{\text{F}_2}^i$	$n_{\text{Fe}}^i$		0	0
en cours	x	$n(\text{F}_2) = n^i(\text{F}_2) - x$	$n(\text{Fe}) = n^i(\text{Fe}) - x_{\text{max}}$		$n(\text{F}^-) = 2x$	$n(\text{Fe}^{2+}) = x$
Etat Final (mol)	$x_f = x_{\text{max}}$	$n^f(\text{F}_2) = n^i(\text{F}_2) - x_{\text{max}}$	$n^f(\text{Fe}) = n^i(\text{Fe}) - x_{\text{max}}$		$n^f(\text{F}^-) = 2x_{\text{max}}$	$n^f(\text{Fe}^{2+}) = x_{\text{max}}$

La réaction étant totale, l'état final est obtenu lorsque l'un au moins des réactifs est épuisé.  $n^i(\dots) = 0$  mol

### Recherche de $x_{\text{max}}$

$$\text{et/ou} \begin{cases} n^f(\text{F}_2) = n^i(\text{F}_2) - x_{\text{max}} = 0 \\ n^f(\text{Fe}) = n^i(\text{Fe}) - x_{\text{max}} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_{\text{max}} = n^i(\text{F}_2) \\ x_{\text{max}} = n^i(\text{Fe}) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_{\text{max}} = 0,25 \text{ mol} \\ x_{\text{max}} = 0,40 \text{ mol} \end{cases}$$

La transformation s'arrêtera (état final) lorsque l'avancement x aura atteint la valeur  $x_f = x_{\text{max}} = 0,25 \text{ mol}$

Le réactif limitant est le difluor  $\text{F}_2$

Le réactif en excès est le fer Fe

3- L'état final consiste à calculer les quantités finales des réactifs et des produits :

$n^f(\text{F}_2) = 0$ mol (réactif limitant)	$n^f(\text{F}^-) = 2x_{\text{max}} = 2 \times 0,25 = 0,50$ mol
$n^f(\text{Fe}) = n^i(\text{Fe}) - x_{\text{max}} = 0,40 - 0,25 = 0,15$ mol	$n^f(\text{Fe}^{2+}) = x_{\text{max}} = 0,25$ mol

### Exo 18 :

1- Calcul des quantités initiales  $n^i(\text{H}_2\text{O}_2)$  et  $n^i(\text{I}^-)$

-  $\text{H}_2\text{O}_2$  est en solution donc

$$[\text{H}_2\text{O}_2]_i = \frac{m^i(\text{H}_2\text{O}_2)}{V_1}$$

$$\Leftrightarrow m^i(\text{H}_2\text{O}_2) = [\text{H}_2\text{O}_2]_i \times V_1$$

$$\Leftrightarrow m^i(\text{H}_2\text{O}_2) = 15 \times 20 \cdot 10^{-3} = 0,30 \text{ g}$$

$$\text{or } n^i(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{m^i(\text{H}_2\text{O}_2)}{M_{\text{H}_2\text{O}_2}} = \frac{m^i(\text{H}_2\text{O}_2)}{2M_{\text{H}} + 2M_{\text{O}}} = \frac{0,30}{2 \times 1,0 + 2 \times 16}$$

$$\Leftrightarrow n^i(\text{H}_2\text{O}_2) = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

-  $\text{I}^-$  est en solution

$$c = [\text{I}^-]_i = \frac{n^i(\text{I}^-)}{V_2}$$

$$\Leftrightarrow n^i(\text{I}^-) = [\text{I}^-]_i \times V_2$$

$$\Leftrightarrow n^i(\text{I}^-) = 1,0 \times 20 \cdot 10^{-3}$$

$$\Leftrightarrow n^i(\text{I}^-) = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

## 2- Tableau d'avancement

Équation de la transformation		$2\text{I}^-$	+	$\text{H}_2\text{O}_2$	$\rightarrow$	$\text{I}_2$	+	$2\text{HO}^-$
Etat Initial (mol)	$x = 0$	$n_{\text{I}^-}^i$		$n_{\text{H}_2\text{O}_2}^i$		0		0
en cours	$x$	$n(\text{I}^-) = n^i(\text{I}^-) - 2x$		$n(\text{H}_2\text{O}_2) = n^i(\text{H}_2\text{O}_2) - x$		$n(\text{I}_2) = x$		$n(\text{HO}^-) = 2x$
Etat Final (mol)	$x_f = x_{\text{max}}$	$n^f(\text{I}^-) = n^i(\text{I}^-) - 2x_{\text{max}}$		$n^f(\text{H}_2\text{O}_2) = n^i(\text{H}_2\text{O}_2) - x_{\text{max}}$		$n^f(\text{I}_2) = x_{\text{max}}$		$n^f(\text{HO}^-) = 2x_{\text{max}}$

La réaction étant totale, l'état final est obtenu lorsque l'un au moins des réactifs est épuisé.  $n^f(\dots) = 0$  mol

### Recherche de $x_{\text{max}}$

$$\text{et/ou} \begin{cases} n^f(\text{I}^-) = n^i(\text{I}^-) - 2x_{\text{max}} = 0 \\ n^f(\text{H}_2\text{O}_2) = n^i(\text{H}_2\text{O}_2) - x_{\text{max}} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_{\text{max}} = n^i(\text{I}^-)/2 \\ x_{\text{max}} = n^i(\text{H}_2\text{O}_2) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_{\text{max}} = 2,0 \cdot 10^{-2} / 2 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \\ x_{\text{max}} = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \end{cases}$$

La transformation s'arrêtera (état final) lorsque l'avancement  $x$  aura atteint la valeur  $x_f = x_{\text{max}} = 8,8 \cdot 10^{-3}$  mol

Le réactif limitant est  $\text{H}_2\text{O}_2$

Le réactif en excès est  $\text{I}^-$

### 3- L'état final consiste à calculer les quantités finales des réactifs et des produits :

$n^f(\text{H}_2\text{O}_2) = 0$ mol (réactif limitant)	$n^f(\text{I}_2) = x_{\text{max}} = 8,8 \cdot 10^{-3}$ mol
$n^f(\text{I}^-) = n^i(\text{I}^-) - 2x_{\text{max}} = 2,0 \cdot 10^{-2} - 2 \times 8,8 \cdot 10^{-3}$	$n^f(\text{HO}^-) = 2x_{\text{max}} = 2 \times 8,8 \cdot 10^{-3} = 1,8 \cdot 10^{-2}$ mol
$n^f(\text{I}^-) = 2,4 \cdot 10^{-3}$ mol	

### Exo 20 :

#### 1- Tableau d'avancement

Équation de la transformation		$\text{Mg}(s)$	+	$\text{Zn}^{2+}(aq)$	$\rightarrow$	$\text{Mg}^{2+}(aq)$	+	$\text{Zn}(s)$
Etat Initial (mol)	$x = 0$	$n_{\text{Mg}}^i$		$n_{\text{Zn}^{2+}}^i$		0		0
en cours	$x$	$n(\text{Mg}) = n^i(\text{Mg}) - x$		$n(\text{Zn}^{2+}) = n^i(\text{Zn}^{2+}) - x$		$n(\text{Mg}^{2+}) = x$		$n(\text{Zn}) = x$
Etat Final (mol)	$x_f = x_{\text{max}}$	$n^f(\text{Mg}) = n^i(\text{Mg}) - x_{\text{max}}$		$n^f(\text{Zn}^{2+}) = n^i(\text{Zn}^{2+}) - x_{\text{max}}$		$n^f(\text{Mg}^{2+}) = x_{\text{max}}$		$n^f(\text{Zn}) = x_{\text{max}}$

#### 2- La réaction est totale,

et l'on veut consommer entièrement le magnésium Mg donc:  $n^f(\text{Mg}) = n^i(\text{Mg}) - x_{\text{max}} = 0$  mol

Or on souhaite calculer la quantité de  $\text{Zn}^{2+}$  nécessaire pour consommer tout le magnésium. ce qui veut dire que la quantité finale  $n^f(\text{Zn}^{2+}) = n^i(\text{Zn}^{2+}) - x_{\text{max}}$  sera nulle aussi.

**Les réactifs sont donc introduits dans les proportions stœchiométriques. Les quantités finales des réactifs sont nulles. « La valeur de  $x_{\text{max}}$  est la même »**

$$\downarrow \text{et} \begin{cases} n^f(\text{Mg}) = n^i(\text{Mg}) - x_{\text{max}} = 0 \\ n^f(\text{Zn}^{2+}) = n^i(\text{Zn}^{2+}) - x_{\text{max}} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_{\text{max}} = n^i(\text{Mg}) \\ x_{\text{max}} = n^i(\text{Zn}^{2+}) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_{\text{max}} = n^i(\text{Mg}) = n^i(\text{Zn}^{2+}) \end{cases}$$

donc  $n^i(\text{Zn}^{2+}) = n^i(\text{Mg})$

$$\Leftrightarrow [\text{Zn}^{2+}]_i \times V = \frac{n^i(\text{Mg})}{M_{\text{Mg}}}$$

$$\Leftrightarrow V = \frac{n^i(\text{Mg})}{M_{\text{Mg}} \times [\text{Zn}^{2+}]_i} = \frac{7,3}{24,3 \times 5,0 \cdot 10^{-2}} = 6,0 \text{ L}$$

## Correction Extrait DS année précédente Exercice

1-

	Nom	Couples Oxydant / réducteur	Demi- Equations électroniques d'oxydo-réduction	Même nombre d'électrons transférés
l'oxydant	ion iodate $\text{IO}_3^-$	$\text{IO}_3^- / \text{I}_2$	$2\text{IO}_3^- + 10e^- + 12\text{H}^+ = \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	$\times \dots$
le réducteur	$\text{H}_2\text{O}_2$	$\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}_2$	$\text{H}_2\text{O}_2 = \text{O}_2 + 2e^- + 2\text{H}^+$	$\times 5$
Equation bilan de la réaction :			$2\text{IO}_3^- + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + 5\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	

2-

Equation chimique		$2\text{IO}_3^- + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + 5\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$					
Etat initial	$x = 0$	$n^i(\text{IO}_3^-)$	$n^i(\text{H}_2\text{O}_2)$	Excès	0	0	Excès
Etat intermédiaire	$x$	$n^i(\text{IO}_3^-) = n^i(\text{IO}_3^-) - 2x$	$n^i(\text{H}_2\text{O}_2) = n^i(\text{H}_2\text{O}_2) - 5x$		$n(\text{I}_2) = x$	$n(\text{O}_2) = 5x$	
Etat final	$x_f = x_{\max}$	$n^f(\text{IO}_3^-) = n^i(\text{IO}_3^-) - 2x_{\max}$	$n^f(\text{H}_2\text{O}_2) = n^i(\text{H}_2\text{O}_2) - 5x_{\max}$		$n^f(\text{I}_2) = x_{\max}$	$n^f(\text{O}_2) = 5x_{\max}$	

3- Calcul des quantités initiales des réactifs :  $n^i(\text{IO}_3^-)$  et  $n^i(\text{H}_2\text{O}_2)$

-  $\text{H}_2\text{O}_2$  est en solution donc

$$c_A = [\text{H}_2\text{O}_2]_i = \frac{n^i(\text{H}_2\text{O}_2)}{V_A}$$

$$\Leftrightarrow n^i(\text{H}_2\text{O}_2) = [\text{H}_2\text{O}_2]_i \times V_A$$

$$\Leftrightarrow n^i(\text{H}_2\text{O}_2) = 11,6 \times 10,0 \cdot 10^{-3} = 1,16 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

-  $\text{IO}_3^-$  est en solution

$$c_B = [\text{IO}_3^-]_i = \frac{n^i(\text{IO}_3^-)}{V_B}$$

$$\Leftrightarrow n^i(\text{IO}_3^-) = [\text{IO}_3^-]_i \times V_B$$

$$\Leftrightarrow n^i(\text{IO}_3^-) = 1,00 \times 40 \cdot 10^{-3}$$

$$\Leftrightarrow n^i(\text{IO}_3^-) = 4,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

4- La réaction étant totale, l'état final est obtenu lorsque l'un au moins des réactifs est épuisé.  $n^f(\dots) = 0 \text{ mol}$

Recherche de  $x_{\max}$

$$\text{et/ou} \begin{cases} n^f(\text{IO}_3^-) = n^i(\text{IO}_3^-) - 2x_{\max} = 0 \\ n^f(\text{H}_2\text{O}_2) = n^i(\text{H}_2\text{O}_2) - 5x_{\max} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_{\max} = n^i(\text{IO}_3^-) / 2 \\ x_{\max} = n^i(\text{H}_2\text{O}_2) / 5 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_{\max} = 4,00 \cdot 10^{-2} / 2 = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \\ x_{\max} = 1,16 \cdot 10^{-1} / 5 = 2,32 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \end{cases}$$

La transformation s'arrêtera (état final) lorsque l'avancement  $x$  aura atteint la valeur  $x_f = x_{\max} = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

Le réactif limitant est  $\text{IO}_3^-$

Le réactif en excès est  $\text{H}_2\text{O}_2$

5- L'état final consiste à calculer les quantités finales des réactifs et des produits :

$n^f(\text{IO}_3^-) = 0 \text{ mol}$ (réactif limitant)	$n^f(\text{I}_2) = x_{\max} = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
$n^f(\text{H}_2\text{O}_2) = n^i(\text{H}_2\text{O}_2) - 5x_{\max} = 1,16 \cdot 10^{-1} - 5 \times 2,00 \cdot 10^{-2}$	$n^f(\text{O}_2) = 5x_{\max} = 5 \times 2,00 \cdot 10^{-2} = 1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$
$n^f(\text{H}_2\text{O}_2) = 1,16 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	

6- Attention, 2 volumes ont été mélangés donc le volume total est  $V_{\text{tot}} = V_A + V_B = 50 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

$$[\text{H}_2\text{O}_2]_f = \frac{n^f(\text{H}_2\text{O}_2)}{V_{\text{tot}}} = \frac{1,16 \cdot 10^{-1}}{50 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Leftrightarrow [\text{H}_2\text{O}_2]_f = 2,32 \text{ mol/L}$$

$$[\text{IO}_3^-]_f = 0 \text{ mol réactif limitant}$$

$$[\text{I}_2]_f = \frac{n^f(\text{I}_2)}{V_{\text{tot}}} = \frac{2,00 \cdot 10^{-2}}{50 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Leftrightarrow [\text{I}_2]_f = 0,400 \text{ mol/L}$$

7- Calcul de la masse  $m_{\text{I}_2}^f$  de diiode obtenue.

$$n^f(\text{I}_2) = \frac{m^f(\text{I}_2)}{M_{\text{I}_2}} = \frac{m^f(\text{I}_2)}{2M_{\text{I}}}$$

$$\Leftrightarrow m^f(\text{I}_2) = n^f(\text{I}_2) \times 2M_{\text{I}} = 2,00 \cdot 10^{-2} \times 2 \times 127 = 5,08 \text{ g}$$

## Exercice résolu EN AUTONOMIE

### 25 Composition de l'état final d'un système



L'oxyde de manganèse  $MnO_2(s)$  sert à fabriquer des céramiques de couleur noire. On place  $m = 40$  mg d'oxyde de manganèse  $MnO_2(s)$  et  $V_2 = 40$  mL de sulfate de fer (II)  $(Fe^{2+}(aq) + 5 O_4^{2-}(aq))$  de concentration en quantité de matière  $c_2 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$  en milieu acide dans un bécher.

Données : couples oxydant/réducteur :

$MnO_2(s)/Mn^{2+}(aq)$ ,  $Fe^{3+}(aq)/Fe^{2+}(aq)$ . Masses molaires atomiques :  $M_O = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $M_{Mn} = 54,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

- Déterminer la quantité de matière de chaque réactif.
- Déterminer les demi-équations électroniques d'oxydoréduction, et l'équation modélisant la transformation.
- Réaliser un tableau d'avancement pour déterminer l'avancement final. On précisera le réactif limitant.
- En déduire la composition de l'état final du système.

#### LES CLÉS DE L'ÉNONCÉ

- Le milieu est acide, c'est-à-dire qu'il contient des ions  $H^+(aq)$ .
- L'oxydant du premier couple possède des atomes d'oxygène.

#### LES QUESTIONS À LA LOUPE

- Déterminer** : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- Réaliser** : mettre en œuvre les étapes d'une démarche.
- En déduire** : intégrer le résultat obtenu à la question précédente pour répondre.

### Correction exercice résolu :

1- Calcul des quantités initiales des réactifs :  $n^i(Fe^{2+})$  et  $n^i(MnO_2)$

-  $MnO_2$  est solide donc

$$n_{MnO_2}^i = \frac{m_{MnO_2}^i}{M_{MnO_2}} = \frac{m_{MnO_2}^i}{M_{Mn} + 2M_O} = \frac{40 \cdot 10^{-3}}{54,9 + 2 \times 16,0}$$

$$\Leftrightarrow n_{MnO_2}^i = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

- les ions  $Fe^{2+}$  sont en solution

$$c_2 = [Fe^{2+}]_i = \frac{n^i(Fe^{2+})}{V_B}$$

$$\Leftrightarrow n^i(Fe^{2+}) = [Fe^{2+}]_i \times V_B$$

$$\Leftrightarrow n^i(Fe^{2+}) = 1,0 \cdot 10^{-2} \times 40 \cdot 10^{-3}$$

$$\Leftrightarrow n^i(Fe^{2+}) = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

2-

	Nom	Couples Oxydant / réducteur	Demi- Equations électroniques d'oxydo-réduction	Même nombre d'électrons transférés
l'oxydant	$MnO_2$	$MnO_2/Mn^{2+}$	$MnO_2 + 2e^- + 4H^+ = Mn^{2+} + 2H_2O$	$\times \dots$
le réducteur	$Fe^{2+}$	$Fe^{3+}/Fe^{2+}$	$Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$	$\times 2$
Equation bilan de la réaction :			$MnO_2 + 2Fe^{2+} + 4H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 2Fe^{3+} + 2H_2O$	

3-

Equation chimique		$MnO_2 + 2Fe^{2+} + 4H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 2Fe^{3+} + 2H_2O$					
Etat initial	$x = 0$	$n^i(MnO_2)$	$n^i(Fe^{2+})$	Excès	0	0	Excès
Etat intermédiaire	$x$	$n(MnO_2) = n^i(MnO_2) - x$	$n(Fe^{2+}) = n^i(Fe^{2+}) - 2x$		$n(Mn^{2+}) = x$	$n(Fe^{3+}) = 2x$	
Etat final	$x_f = x_{max}$	$n^f(MnO_2) = n^i(MnO_2) - x_{max}$	$n^f(Fe^{2+}) = n^i(Fe^{2+}) - 2x_{max}$		$n^f(Mn^{2+}) = x_{max}$	$n^f(Fe^{3+}) = 2x_{max}$	

4- La réaction étant totale, l'état final est obtenu lorsque l'un au moins des réactifs est épuisé.  $n^f(\dots) = 0 \text{ mol}$

Recherche de  $x_{max}$

$$\text{et/ou} \begin{cases} n^f(MnO_2) = n^i(MnO_2) - x_{max} = 0 \\ n^f(Fe^{2+}) = n^i(Fe^{2+}) - 2x_{max} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_{max} = n^i(MnO_2) \\ x_{max} = n^i(Fe^{2+})/2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_{max} = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \\ x_{max} = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 2 = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \end{cases}$$

La transformation s'arrêtera (état final) lorsque l'avancement  $x$  aura atteint la valeur  $x_f = x_{max} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$  (On prend la plus petite valeur des deux)

Le réactif limitant est  $Fe^{2+}$

Le réactif en excès est  $MnO_2$

5- L'état final consiste à calculer les quantités finales des réactifs et des produits :

$n^f(Fe^{2+}) = 0 \text{ mol}$ (réactif limitant)	$n^f(Mn^{2+}) = x_{max} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
$n^f(MnO_2) = n^i(MnO_2) - x_{max} = 4,6 \cdot 10^{-4} - 2,0 \cdot 10^{-4}$	$n^f(Fe^{3+}) = 2x_{max} = 2 \times 2,0 \cdot 10^{-4} = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
$n^f(MnO_2) = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$	