

SÉQUENCE 4

DÉCOUVRIR / APPRENDRE

Partie 1 : Comment prévoir le sens de l'évolution spontanée d'un système chimique ?

Activité 2 : Dans quel sens ?

Durée conseillée : 1 h 30

Objectifs :

- Déterminer le sens d'évolution spontanée d'un système.
- Déterminer un taux d'avancement final à partir de données sur la composition de l'état final et le lien au caractère total ou non total de la transformation.

Dans cette activité, vous allez étudier une transformation s'appuyant sur une réaction d'oxydoréduction. Des résultats d'expériences vous seront présentés et devront être analysés.

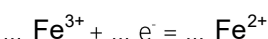
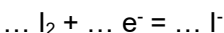
1. Écriture de l'équation chimique associée à une transformation chimique

Une transformation chimique met en jeu deux couples oxydant-réducteur : $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$ et I_2 / I^- .

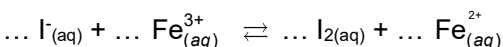
1. Cocher la bonne case à chaque fois.

	oxydant	réducteur
Le diiode I_2 est un		
L'ion iodure I^- est un		
L'ion fer (III) Fe^{3+} est un		
L'ion fer (II) Fe^{2+} est un		

2. Ajuster les demi-équations électroniques suivantes.



3. Ajuster l'équation d'oxydo-réduction associée à la transformation mise en jeu lors du mélange d'ions iodure I^- avec des ions fer (III) Fe^{3+} .



2. Expression d'une constante d'équilibre d'une transformation non totale

Lorsque les réactifs et/ou les produits sont présents dès le début dans le milieu réactionnel, la transformation peut être non totale et dans ce cas un équilibre s'installe (coexistence des réactions dans les sens direct et opposé).

Pour une équation du type : $\mathbf{a A + b B \rightleftharpoons c C + d D}$, la constante d'équilibre $K(T)$ a pour expression :

$$K(T) = \frac{[\text{C}]_{\text{eq}}^c \times [\text{D}]_{\text{eq}}^d}{[\text{A}]_{\text{eq}}^a \times [\text{B}]_{\text{eq}}^b} \quad K(T) \text{ n'a jamais d'unité}$$

$[\text{X}]$ est la concentration molaire de l'espèce chimique X à l'état d'équilibre (eq), exprimée en mol.L^{-1} .

La valeur de la constante d'équilibre $K(T)$ peut varier, comme le suggère son écriture, en fonction de la température T du milieu réactionnel. Cette constante peut aussi s'écrire plus simplement K . Elle ne dépend que des nombres stœchiométriques (entiers les plus petits possible) et des concentrations molaires des espèces chimiques présentes, à l'exception du solvant et des solides pour lesquels on remplace celles-ci par la valeur 1.

4. Quelle est l'expression de la constante d'équilibre associée au mélange initial d'ions iodure I^- et d'ions fer (III) Fe^{3+} ? Cocher l'unique bonne réponse.

$K = \frac{[I^-]_{eq} \times [Fe^{3+}]_{eq}}{[I_2]_{eq} \times [Fe^{2+}]_{eq}}$	
$K = \frac{[I^-]_{eq}^2 \times [Fe^{3+}]_{eq}^2}{[I_2]_{eq} \times [Fe^{2+}]_{eq}^2}$	
$K = \frac{[I_2]_{eq} \times [Fe^{2+}]_{eq}}{[I^-]_{eq} \times [Fe^{3+}]_{eq}}$	
$K = \frac{[I_2]_{eq} \times [Fe^{2+}]_{eq}^2}{[I^-]_{eq}^2 \times [Fe^{3+}]_{eq}^2}$	

5. En déduire l'expression de la constante d'équilibre K' à 20 °C de la réaction dans le sens opposé, celle du diiode I_2 avec les ions fer (II) Fe^{2+} . Cocher l'unique bonne réponse.

$K' = K$	
$K' = -K$	
$K' = 1 / K$	

3. Sens direct ou opposé ?

Pour prévoir le sens d'évolution d'un système chimique, il faut calculer le quotient de réaction Q_r à un instant t , sachant que pour une équation du type : $a A + b B \rightleftharpoons c C + d D$, le quotient de réaction Q_r a pour expression :

$$Q_r = \frac{[C]^c \times [D]^d}{[A]^a \times [B]^b} \quad Q_r \text{ n'a jamais d'unité}$$

$[X]$ est la concentration molaire de l'espèce chimique X à **l'instant t** , exprimée en **mol.L⁻¹**.

Il ne dépend que des nombres stœchiométriques (entiers les plus petits possible) et des concentrations molaires des espèces chimiques présentes, à l'exception du solvant et des solides pour lesquels on remplace celles-ci par la valeur 1.

À l'état initial, réalisons le mélange de 5,0 mL des quatre solutions aqueuses suivantes :

- solution **S₁** de diiode I_2 à $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$; $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- solution **S₂** d'ions iodure I^- à ;
- solution **S₃** d'ions fer(II) Fe^{2+} à $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$;
- Solution **S₄** d'ions fer(III) Fe^{3+} à $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

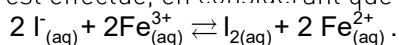
6. Pour chaque espèce chimique, cocher la valeur de la quantité de matière versée à l'état initial.

Espèce chimique	Quantité de matière à l'état initial (mol)									
	$5,0 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-4}$	$5,0 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-2}$	0,20	0,50	2,0	5,0
I ⁻										
Fe ³⁺										
I ₂										
Fe ²⁺										

7. En déduire les concentrations molaires de chaque espèce chimique versée à l'état initial dans le volume total de 20,0 mL.

Espèce chimique	Concentration molaire à l'état initial (mol.L ⁻¹)									
	$1,0 \times 10^{-7}$	$2,5 \times 10^{-7}$	$1,0 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-3}$
I ⁻										
Fe ³⁺										
I ₂										
Fe ²⁺										

8. Calculer la valeur du quotient de réaction Q_r à l'instant initial dès que le mélange des quatre solutions est effectué, en considérant que la transformation chimique a lieu dans le sens direct de l'équation.



Cocher la valeur de ce quotient de réaction parmi les valeurs proposées ci-dessous.

$Q_r = 2,5 \times 10^{-2}$	
$Q_r = 0,10$	
$Q_r = 10$	
$Q_r = 40$	

Pour prévoir le sens d'évolution d'un système chimique, il faut comparer Q_r à $K(T)$ sachant que Q_r doit tendre vers $K(T)$ au cours de la transformation chimique.

Dans le cas présent, la valeur de $K(T)$ est largement supérieure à la valeur initiale du quotient de réaction.

9. Pour chaque proposition ci-dessous, cocher VRAI ou FAUX.

	VRAI	FAUX
Q_r doit diminuer dans le cas présent.		
Q_r demeure constant au cours de cette transformation chimique.		
Q_r doit augmenter dans le cas présent.		
$K(T)$ doit diminuer dans le cas présent.		
$K(T)$ demeure constant au cours de cette transformation chimique.		
$K(T)$ doit augmenter dans le cas présent.		

10. Pour que le quotient de réaction Q_r suive cette évolution, choisir l'une des trois propositions ci-dessous.

Cette transformation chimique a lieu dans le sens direct.	
Cette transformation chimique a lieu dans le sens opposé.	
Cette transformation chimique est dès l'état initial à l'équilibre.	

4. Tableau d'avancement et taux d'avancement final

Revenons sur la transformation chimique précédente et établissons dans un premier temps son tableau d'avancement **en considérant la transformation chimique entre les ions iodure I⁻ et fer (III) Fe³⁺ comme totale**. Nous conservons les mêmes quantités de matière initiales par rapport au paragraphe précédent.

Équation chimique		$2 \text{I}^-_{(\text{aq})} + 2 \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{I}_{2(\text{aq})} + 2 \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	$x = 0$				
État en cours de transformation	$0 < x < x_{\text{max}}$				
État final	$x = x_{\text{max}}$				

11. En utilisant les quantités de matière déterminées à la question 6, comment compléteriez-vous la ligne concernant l'état initial ? Cocher la proposition juste.

Équation chimique		$2 \text{I}_{(\text{aq})}^- + 2\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+} \rightleftharpoons \text{I}_{2(\text{aq})} + 2 \text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$				Proposition retenue
État du système	Avancement (mol)	Quantité de matière (mol)				
État initial	x = 0	5,0×10 ⁻⁵	5,0×10 ⁻⁵	5,0×10 ⁻⁶	5,0×10 ⁻⁵	
		2×5,0×10 ⁻⁵	2×5,0×10 ⁻⁵	5,0×10 ⁻⁶	2×5,0×10 ⁻⁵	

12. Compléter la ligne « état en cours de transformation » en cochant la proposition juste.

Équation chimique		$2 \text{I}_{(\text{aq})}^- + 2\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+} \rightleftharpoons \text{I}_{2(\text{aq})} + 2 \text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$				Proposition retenue
État du système	Avancement (mol)	Quantité de matière (mol)				
État en cours de transformation	$0 < x < x_{\text{max}}$	$5,0 \times 10^{-5} - x$	$5,0 \times 10^{-5} - x$	$5,0 \times 10^{-6} - x$	$5,0 \times 10^{-5} - x$	
		$5,0 \times 10^{-5} + x$	$5,0 \times 10^{-5} + x$	$5,0 \times 10^{-6} + x$	$5,0 \times 10^{-5} + x$	
		$5,0 \times 10^{-5} - 2 x$	$5,0 \times 10^{-5} - 2 x$	$5,0 \times 10^{-6} + x$	$5,0 \times 10^{-5} + 2 x$	
		$5,0 \times 10^{-5} + 2 x$	$5,0 \times 10^{-5} + 2 x$	$5,0 \times 10^{-6} - x$	$5,0 \times 10^{-5} - 2 x$	

13. Après avoir déterminé la valeur de $x_{\max}$, compléter la dernière ligne de ce tableau d'avancement à l'état final lorsque $x = x_{\max}$.

Équation chimique		$2 \text{I}_{(\text{aq})}^- + 2\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+} \rightleftharpoons \text{I}_{2(\text{aq})} + 2 \text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$				Proposition retenue
État du système	Avancement (mol)	Quantité de matière (mol)				
État initial	$x = x_{\text{max}}$					

En réalité, l'avancement final x_f à la fin de cette transformation chimique vaut $1,9 \times 10^{-5} \text{ mol}$.

Donc cette réaction est non totale car $x_f < x_{\max}$.

14. Compléter la ligne « état final » lorsque $x_f = 1,9 \times 10^{-5} \text{ mol}$ avec à chaque fois **deux chiffres significatifs**.

Équation chimique		$2 \text{I}_{(\text{aq})}^- + 2\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+} \rightleftharpoons \text{I}_{2(\text{aq})} + 2 \text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État final	$\mathbf{x = x_f}$				

15. Calculer la valeur du taux d'avancement final τ , sachant que $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$. Donner sa valeur à l'unité près,

en l'exprimant en %.

$\tau =$		%
----------	--	---

16. Cocher pour chaque ligne la bonne réponse.

	$\tau = 0 \%$	$0 \% < \tau < 100 \%$	$\tau = 100 \%$
Une transformation chimique est totale lorsque			
Une transformation chimique est non totale lorsque			