

# Chapitre 4b

## Réaction chimique et dosage

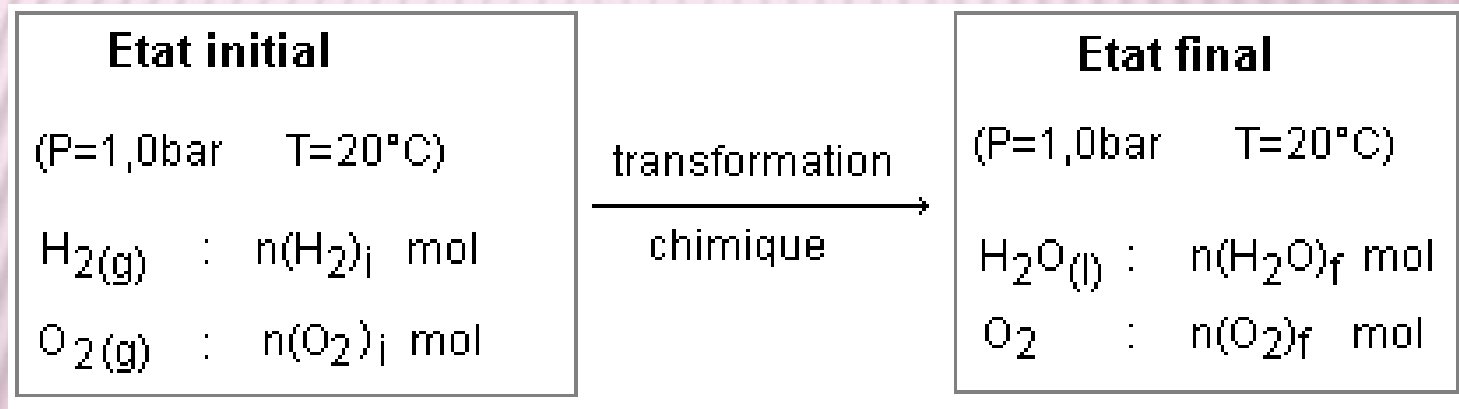


**Décrire l'évolution  
d'un système  
chimique**

# Le système chimique rappel de 2°

Décrire un système chimique, c'est présenter :

- la nature et l'état physique des espèces : (s), (l), (g) ou (aq)
- leurs quantités de matière
- les conditions de température et de pression notées P et T



# La réaction chimique rappel de 2°

La transformation observable qui se produit au cours d'une réaction chimique peut être modélisée par une équation de réaction qui respecte les lois de conservations des éléments et des charges.





# Évolution du système



Voici une réaction lente au cours de laquelle il se forme une molécule colorée jaune, le diiode.

Il est visible que sa quantité et donc sa **quantité de matière** augmente progressivement dans le bécher en regardant la solution devenir jaune de plus en plus foncé.

À partir de cette observation, il devient possible de définir un **avancement de la réaction**, noté **x** et s'exprimant, comme la quantité de matière, en **mol**.

**Comment faire ?**

# Exprimer les quantités de matière des réactifs en fonction de $x$

La quantité initiale du réactif est donnée par les données de l'énoncé :  $n_i(R)$

Un réactif est une espèce chimique dont la quantité  $n(R)$  diminue au fur et à mesure que l'avancement de la réaction augmente.

**Quantité de réactif = quantité initiale – quantité consommée**

Expression mathématique :  $n(R) = n_i(R) - n_c(R)$

Il est possible d'en déduire que la quantité de réactif consommé  $n_c(R)$  est **proportionnelle** à l'avancement  $x$ .

**Mais quel est ce coefficient de proportionnalité ?**

# Exprimer les quantités de matière des réactifs en fonction de x

Prenons un exemple simple :  $2 \text{H}_2(\text{g}) + 1 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
et observons les **coefficients stœchiométriques** des réactifs de l'équation.

Ils expriment que  $\text{H}_2$  disparaît deux fois plus vite que  $\text{O}_2$  car le coefficient du premier est **2** tandis que celui du second est **1**.

Pour un avancement  $x = 1$  mol, il a disparu **2** x **1** moles de  $\text{H}_2$  et **1** x **1** mole de  $\text{O}_2$

Expressions mathématiques :

$$n_c(\text{H}_2) = 2 \times x = 2x$$

$$n_c(\text{O}_2) = 1 \times x = x$$



# Exprimer les quantités de matière des réactifs en fonction de x

Expressions mathématiques :

$$n_c(\text{H}_2) = 2 \times x = 2x$$

$$n_c(\text{O}_2) = 1 \times x = x$$

Adaptons l'expression mathématique de  $n(\text{R})$  à chaque cas.

$n(\text{R}) = n_i(\text{R}) - n_c(\text{R})$  va devenir :

$$n(\text{H}_2) = n_i(\text{H}_2) - n_c(\text{H}_2) = n_i(\text{H}_2) - 2x$$

$$n(\text{O}_2) = n_i(\text{O}_2) - n_c(\text{O}_2) = n_i(\text{O}_2) - x$$

**La quantité de matière d'un réactif s'exprime en fonction :**

- de sa quantité de matière initiale ;
- du produit de son coefficient stœchiométrique par l'avancement de la réaction.

# Exprimer les quantités de matière des produits en fonction de $x$

La quantité initiale du produit est nulle au début de la réaction :

$$n_i(P) = 0$$

Un produit est une espèce chimique dont la quantité  $n(P)$  augmente au fur et à mesure que l'avancement de la réaction augmente.

**Quantité de produit = quantité initiale + quantité formée**

Expression mathématique :  $n(P) = n_i(P) + n_{fo}(P) = n_{fo}(P)$

Il est possible d'en déduire que la quantité de produit formé  $n_{fo}(P)$  est **proportionnelle** à l'avancement  $x$ .

**Mais quel est ce coefficient de proportionnalité ?**

# Exprimer les quantités de matière des produits en fonction de x

Reprenons l'exemple simple :  $2 \text{H}_2(\text{g}) + 1 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
et observons le **coefficient stœchiométrique** du produit de l'équation.

Il exprime qu'il se forme **autant** d'  $\text{H}_2\text{O}$  qu'il disparaît de  $\text{H}_2$  et **deux fois plus** d'  $\text{H}_2\text{O}$  qu'il disparaît de  $\text{O}_2$  car, dans le 1<sup>er</sup> cas, les coefficients sont égaux (**2** et **2**) tandis que, dans le second, **2** est le double de **1**.

Pour un avancement  $x = 1$  mol, il s'est formé **2** x **1** moles de  $\text{H}_2\text{O}$  (pour **2** x **1** moles de  $\text{H}_2$  et **1** x **1** mole de  $\text{O}_2$  consommées)

Expression mathématique :

$$n_{\text{fo}}(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times x = 2x$$

# Exprimer les quantités de matière des produits en fonction de x

Expressions mathématiques :

$$n_{f_0}(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times x = 2x$$

Adaptons l'expression mathématique de  $n(\text{R})$  à chaque cas.

$n(\text{P}) = n_i(\text{P}) - n_{f_0}(\text{P})$  va devenir :

$$n(\text{H}_2\text{O}) = n_i(\text{H}_2\text{O}) + n_{f_0}(\text{H}_2\text{O}) = 2x \quad \text{car } n_i(\text{H}_2\text{O}) = 0$$

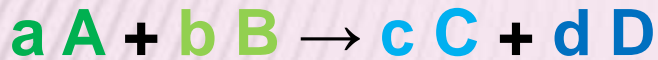
**La quantité de matière d'un produit s'exprime en fonction du produit de son coefficient stœchiométrique par l'avancement de la réaction.**



# Généralisons

# Exprimer les quantités de matière en fonction de x

Voici l'équation quelconque d'une réaction chimique :



**Activité 1** : Exprimez les quantités de matière des réactifs et produits en fonction de l'avancement.

**$n(R)$  = quantité initiale – quantité consommée**

$$n(A) = n_i(A) - ax$$

$$n(B) = n_i(B) - bx$$

**$n(P)$  = quantité initiale + quantité formée = quantité formée**

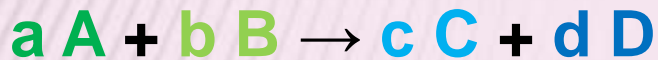
$$n(C) = n_i(C) + cx = cx$$

$$n(D) = n_i(D) + dx = dx$$

$$\text{car } n_i(C) = n_i(D) = 0$$

# Construire un tableau d'avancement

# État initial E.I.



Il définit les quantités initiales des réactifs et des produits :

$$n_i(\mathbf{A})$$

$$n_i(\mathbf{B})$$

$$n_i(\mathbf{C}) = 0$$

$$n_i(\mathbf{D}) = 0$$

À cet instant, la réaction n'a pas commencé et l'avancement de la réaction est nul :  **$x = 0 \text{ mol}$**

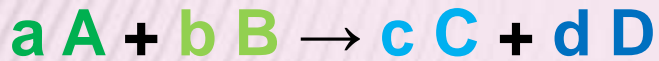
Commençons à compléter le tableau d'avancement :



# Compléter un tableau d'avancement

Équation		$a A + b B \rightarrow c C + d D$			
État du système	Avancement de la réaction	$n(A)$	$n(B)$	$n(C)$	$n(D)$
E.I.	$x = 0$	$n_i(A)$	$n_i(B)$	$n_i(C) = 0$	$n_i(D) = 0$
E.C.T.					
E.F.					

# En cours de transformation E.C.T



Nous nous plaçons à un instant quelconque de l'avancement  $x$ .

$$n(A) = n_i(A) - ax$$

$$n(B) = n_i(B) - bx$$

$$n(C) = n_i(C) + cx = cx$$

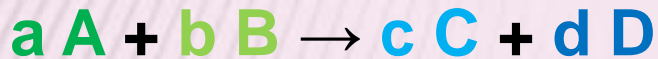
$$n(D) = n_i(D) + dx = dx$$

Poursuivons le remplissage du tableau d'avancement

# Compléter un tableau d'avancement

Équation		$a A + b B \rightarrow c C + d D$			
État du système	Avancement de la réaction	$n(A)$	$n(B)$	$n(C)$	$n(D)$
E.I.	$x = 0$	$n_i(A)$	$n_i(B)$	$n_i(C) = 0$	$n_i(D) = 0$
E.C.T.	$x$	$n_i(A) - ax$	$n_i(B) - bx$	$n_i(C) + cx$ $= cx$	$n_i(D) + dx$ $= dx$
E.F.					

# État final E.F.



Nous nous plaçons à l'instant où la **réaction s'arrête**. L'avancement de la réaction prend la valeur de  $x_{\max}$  et chaque quantité de matière devient finale et s'exprime en fonction de  $x_{\max}$ .

$$n_f(A) = n_i(A) - ax_{\max}$$

$$n_f(B) = n_i(B) - bx_{\max}$$

$$n_f(C) = n_i(C) + cx_{\max} = cx_{\max}$$

$$n_f(D) = n_i(D) + dx_{\max} = dx_{\max}$$

Terminons le remplissage du tableau d'avancement

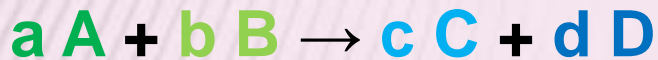


# Compléter un tableau d'avancement

Équation		$a A + b B \rightarrow c C + d D$			
État du système	Avancement de la réaction	$n(A)$	$n(B)$	$n(C)$	$n(D)$
E.I.	$x = 0$	$n_i(A)$	$n_i(B)$	$n_i(C) = 0$	$n_i(D) = 0$
E.C.T.	$x$	$n(A) =$ $n_i(A) - ax$	$n(B) =$ $n_i(B) - bx$	$n(C) =$ $n_i(C) + cx$ $= cx$	$n(D) =$ $n_i(D) + dx$ $= dx$
E.F.	$x_{\max}$	$n_f(A) =$ $n_i(A) - ax_{\max}$	$n_f(B) =$ $n_i(B) - bx_{\max}$	$n_f(C) =$ $n_i(C) + cx_{\max}$ $= cx_{\max}$	$n_f(D) =$ $n_i(D) + dx_{\max}$ $= dx_{\max}$

**Définir l'état final**

# Quand une réaction s'arrête-t-elle ?



Il suffit que l'un ou l'autre des réactifs (ou les deux en même temps) ait complètement disparu.

Cela signifie donc que leur **quantité finale est nulle** :

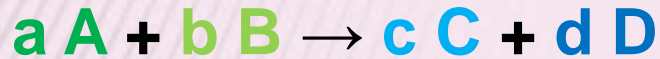
$$n_f(A) = n_i(A) - a x_{\max} = 0$$

et/ou

$$n_f(B) = n_i(B) - b x_{\max} = 0$$

Exploitions ces deux expressions l'une après l'autre :

# Réactif limitant



Si A est le réactif **limitant**, c'est-à-dire celui dont la quantité s'annule en premier, il est possible d'exprimer la valeur de  $x_{\max}$  correspondante :

$$n_f(\mathbf{A}) = n_i(\mathbf{A}) - a x_{\max} = 0$$

$$n_i(\mathbf{A}) = a x_{\max}$$

$$x_{\max} = n_i(\mathbf{A}) / a$$

Si B est le réactif **limitant**, il est possible d'exprimer la valeur de  $x_{\max}$  correspondante :

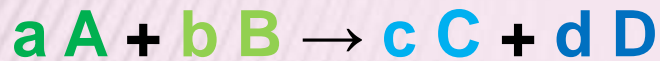
$$n_f(\mathbf{B}) = n_i(\mathbf{B}) - b x_{\max} = 0$$

$$n_i(\mathbf{B}) = b x_{\max}$$

$$x_{\max} = n_i(\mathbf{B}) / b$$

Que faire de ces deux valeurs de  $x_{\max}$  ?

# Choisir la valeur de $x_{\max}$



Deux cas :

**1<sup>er</sup> cas**

$$x_{\max} = n_i(A) / a = n_i(B) / b$$

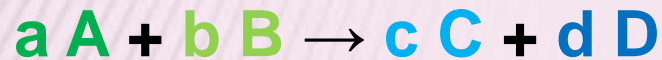
Pas de choix à faire.

Les deux réactifs ont totalement disparu pour la même valeur de  $x_{\max}$ .

Les **conditions** de la réaction sont dites **stœchiométriques**.



# Choisir la valeur de $x_{\max}$



## 2<sup>ème</sup> cas

Si les deux valeurs sont différentes, c'est la plus petite des deux qui correspond à la valeur maximale de l'avancement.

A est le réactif limitant si  $n_i(\mathbf{A}) / \mathbf{a} < n_i(\mathbf{B}) / \mathbf{b}$

$$x_{\max} = n_i(\mathbf{A}) / \mathbf{a}$$

B est le réactif limitant si  $n_i(\mathbf{A}) / \mathbf{a} > n_i(\mathbf{B}) / \mathbf{b}$

$$x_{\max} = n_i(\mathbf{B}) / \mathbf{b}$$

**Activité 2** : une quantité  $n_i(\text{C}_3\text{H}_8) = 2,3$  mol de propane brûle dans le dioxygène en excès pour donner du dioxyde de carbone et de l'eau.

1) Ajustez l'équation suivante en précisant les règles à suivre.



2) Complétez le tableau d'avancement en fonction des grandeurs

Équation					
État du système	Avancement de la réaction				
E.I.					
E.C.T.					
E.F.					

3) Déterminez l'avancement maximal de la réaction.

**Activité 2** :  $n_i(\text{C}_3\text{H}_8) = 2,3 \text{ mol}$



**Lois de conservation des éléments et des charges.**

2) Équation		$\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$			
État du système	Avancement de la réaction	$n(\text{C}_3\text{H}_8)$	$n(\text{O}_2)$	$n(\text{CO}_2)$	$n(\text{H}_2\text{O})$
E.I.	$x = 0$	$n_i(\text{C}_3\text{H}_8)$	$n_i(\text{O}_2)$	$n_i(\text{CO}_2) = 0$	$n_i(\text{H}_2\text{O}) = 0$
E.C.T.	$x$	$n_i(\text{C}_3\text{H}_8) - x$	$n_i(\text{O}_2) - 5x$	$n_i(\text{CO}_2) + 3x = 3x$	$n_i(\text{H}_2\text{O}) + 4x = 4x$
E.F.	$x_{\text{max}}$	$n_f(\text{C}_3\text{H}_8) = n_i(\text{C}_3\text{H}_8) - x_{\text{max}}$	$n_f(\text{O}_2) = n_i(\text{O}_2) - 5x_{\text{max}}$	$n_f(\text{CO}_2) = n_i(\text{CO}_2) + 3x_{\text{max}} = 3x_{\text{max}}$	$n_f(\text{H}_2\text{O}) = n_i(\text{H}_2\text{O}) + 4x_{\text{max}} = 4x_{\text{max}}$

## Activité 2 :

Équation		$\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$			
État du système	Avancement de la réaction	$n(\text{C}_3\text{H}_8)$	$n(\text{O}_2)$	$n(\text{CO}_2)$	$n(\text{H}_2\text{O})$
E.F.	$x_{\max}$	$n_f(\text{C}_3\text{H}_8) =$ $n_i(\text{C}_3\text{H}_8) - x_{\max}$	$n_f(\text{O}_2) =$ $n_i(\text{O}_2) - 5x_{\max}$	$n_f(\text{CO}_2) =$ $n_i(\text{CO}_2) + 3x_{\max}$ $= 3x_{\max}$	$n_f(\text{H}_2\text{O}) =$ $n_i(\text{H}_2\text{O}) + 4x_{\max}$ $= 4x_{\max}$

3)  $\text{O}_2$  est en excès, le propane est donc le réactif limitant et sa quantité finale est nulle :  $n_f(\text{C}_3\text{H}_8) = n_i(\text{C}_3\text{H}_8) - x_{\max} = 0$

$$x_{\max} = n_i(\text{C}_3\text{H}_8) = 2,3 \text{ mol}$$

**Activité 3** : Le métal zinc Zn réagit avec les ions hydrogènes  $H^+$  pour donner des ions zinc  $Zn^{2+}$  et du dihydrogène. Données :

$$n_i(\text{Zn}) = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad n_i(\text{H}^+) = 9,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

1) Complétez le tableau d'avancement en :

a - donnant l'équation équilibrée de la réaction, états physiques précisés ;

b - complétant les lignes 2,3 et 4 ;

Équation		Zn(s) +	2 H <sup>+</sup> (aq) →	Zn <sup>2+</sup> (aq) +	H <sub>2</sub> (aq)
État du système	Avancement de la réaction	n(Zn)	n(H <sup>+</sup> )	n(Zn <sup>2+</sup> )	n(H <sub>2</sub> )
E.I.	x = 0	$n_i(\text{Zn}) = 5,5 \cdot 10^{-2}$	$n_i(\text{H}^+) = 9,0 \cdot 10^{-2}$	$n_i(\text{Zn}^{2+}) = 0$	$n_i(\text{H}_2) = 0$
E.C.T.	x	$n_i(\text{Zn}) - x$	$n_i(\text{H}^+) - 2x$	$n(\text{Zn}^{2+}) = x$	$n(\text{H}_2) = x$
E.F.	$x_{\text{max}}$	$n_f(\text{Zn}) = n_i(\text{Zn}) - x_{\text{max}}$	$n_f(\text{H}^+) = n_i(\text{H}^+) - 2x_{\text{max}}$	$n_f(\text{Zn}^{2+}) = x_{\text{max}}$	$n_f(\text{H}_2) = x_{\text{max}}$



E.F.	$n_f(\text{Zn}) = n_i(\text{Zn}) - x_{\max}$	$n_f(\text{H}^+) = n_i(\text{H}^+) - 2x_{\max}$	$n_f(\text{Zn}^{2+}) = x_{\max}$	$n_f(\text{H}_2) = x_{\max}$
------	--	---	----------------------------------	------------------------------

c - recherchant l'avancement maximal de la réaction ;

## Recherche de l'avancement maximal

~~- première hypothèse : Zn, réactif limitant~~

~~$$n_f(\text{Zn}) = n_i(\text{Zn}) - x_{\max} = 0$$~~

~~$$x_{\max} = n_i(\text{Zn}) = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$~~

- deuxième hypothèse : H<sup>+</sup>, réactif limitant

$$n_f(\text{H}^+) = n_i(\text{H}^+) - 2x_{\max} = 0$$

$$x_{\max} = n_i(\text{H}^+) / 2 = 9,0 \cdot 10^{-2} / 2 = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

**Hypothèse juste**

d - complétant le bilan de matière de la ligne 4.

Équation		Zn(s) +	2 H <sup>+</sup> (aq) →	Zn <sup>2+</sup> (aq) +	H <sub>2</sub> (aq)
État du système	Avancement de la réaction	n(Zn)	n(H <sup>+</sup> )	n(Zn <sup>2+</sup> )	n(H <sub>2</sub> )
E.I.	x = 0	n <sub>i</sub> (Zn) = 5,5.10 <sup>-2</sup>	n <sub>i</sub> (H <sup>+</sup> ) = 9,0.10 <sup>-2</sup>	n <sub>i</sub> (Zn <sup>2+</sup> ) = 0	n <sub>i</sub> (H <sub>2</sub> ) = 0
E.C.T.	x	n <sub>i</sub> (Zn) - x	n <sub>i</sub> (H <sup>+</sup> ) - 2x	n(Zn <sup>2+</sup> ) = x	n(H <sub>2</sub> ) = x
E.F.	X <sub>max</sub> = 4,5.10 <sup>-2</sup>	n <sub>f</sub> (Zn) = n <sub>i</sub> (Zn) - x <sub>max</sub> = 5,5.10 <sup>-2</sup> - 4,5.10 <sup>-2</sup> = 1,0.10 <sup>-2</sup>	n <sub>f</sub> (H <sup>+</sup> ) = n <sub>i</sub> (H <sup>+</sup> ) - 2x <sub>max</sub> = 9,0.10 <sup>-2</sup> - (2 x 4,5.10 <sup>-2</sup> ) = 0	n <sub>f</sub> (Zn <sup>2+</sup> ) = x <sub>max</sub> = 4,5.10 <sup>-2</sup>	n <sub>f</sub> (H <sub>2</sub> ) = x <sub>max</sub> = 4,5.10 <sup>-2</sup>

2) Les conditions de réaction sont-elles **stœchiométriques** ?  
Sinon, quel est le réactif en défaut ? en excès ?

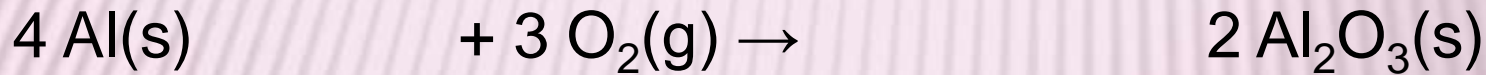
Les conditions seraient stœchiométriques si les valeurs de  $x_{\max}$  étaient égales, ce qui n'est pas le cas. Le réactif qui reste est en excès (Zn) et celui qui a complètement disparu est le réactif limitant ( $H^+$ ).

**Activité 3** : L'aluminium brûle dans le dioxygène en produisant une fumée blanche d'oxyde d'aluminium  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . On introduit 2,70 g d'aluminium dans un flacon contenant  $5,00 \cdot 10^{-2}$  mol de dioxygène gazeux, puis on enflamme avec un dispositif électrique.

Masses molaires atomiques :

$$M(\text{Al}) = 27,0 \text{ g.mol}^{-1} \quad M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

1) Écrivez l'équation ajustée de la réaction de combustion.



2) Exprimez et calculez la quantité de matière initiale de l'aluminium.

$$\text{Donnée : } m(\text{Al}) = 2,70 \text{ g}$$

$$n(\text{Al}) = m(\text{Al}) / M(\text{Al}) = 2,70 / 27,0 = 1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

## Activité 4

3) Construisez le tableau d'avancement de cette réaction.

Équation		4 Al(s)	+ 3 O <sub>2</sub> (g)	→	2 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)
État du système	Avancement de la réaction	n(Al)	n(O <sub>2</sub> )		n(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
E.I.	x = 0	n <sub>i</sub> (Al) = 1,00.10 <sup>-1</sup>	n <sub>i</sub> (O <sub>2</sub> ) = 5,00.10 <sup>-2</sup>		n <sub>i</sub> (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) = 0
E.C.T.	x	n <sub>i</sub> (Al) - 4x	n <sub>i</sub> (O <sub>2</sub> ) - 3x		n(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) = 2 x
E.F.	x <sub>max</sub>	n <sub>f</sub> (Al) = n <sub>i</sub> (Al) - 4x <sub>max</sub>	n <sub>f</sub> (O <sub>2</sub> ) = n <sub>i</sub> (O <sub>2</sub> ) - 3x <sub>max</sub>		n <sub>f</sub> (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) = 2 x <sub>max</sub>



E.F.	$x_{\max}$	$n_f(\text{Al}) = n_i(\text{Al}) - 4x_{\max}$	$n_f(\text{O}_2) = n_i(\text{O}_2) - 3x_{\max}$	$n_f(\text{Al}_2\text{O}_3) = 2x_{\max}$
------	------------	---	---	--

## Recherche de l'avancement maximal

- première hypothèse : Al, réactif limitant

~~$$n_f(\text{Al}) = n_i(\text{Al}) - 4x_{\max} = 0$$~~

~~$$x_{\max} = n_i(\text{Al}) / 4 = 1,0 \cdot 10^{-1} / 4 = 2,50 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$~~

- deuxième hypothèse : O<sub>2</sub>, réactif limitant

$$n_f(\text{O}_2) = n_i(\text{O}_2) - 3x_{\max} = 0$$

$$x_{\max} = n_i(\text{O}_2) / 3 = 5,0 \cdot 10^{-2} / 3 = 1,67 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

**Hypothèse juste**

... et établissez le bilan de matière.

Équation		4 Al(s)	+ 3 O <sub>2</sub> (g)	→	2 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)
État du système	Avancement de la réaction	n(Al)	n(O <sub>2</sub> )		n(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
E.I.	x = 0	n <sub>i</sub> (Al) = 1,0.10 <sup>-1</sup>	n <sub>i</sub> (O <sub>2</sub> ) = 5,0.10 <sup>-2</sup>		n <sub>i</sub> (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) = 0
E.C.T.	x	n(Al) = n <sub>i</sub> (Al) - 4x	n(O <sub>2</sub> ) = n <sub>i</sub> (O <sub>2</sub> ) - 3x		n(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) = x
E.F.	x <sub>max</sub>	n <sub>f</sub> (Al) = n <sub>i</sub> (Al) - 4x <sub>max</sub> = 1,00.10 <sup>-1</sup> - (4 x 1,67.10 <sup>-2</sup> ) = 3,32.10 <sup>-2</sup>	n <sub>f</sub> (O <sub>2</sub> ) = n <sub>i</sub> (O <sub>2</sub> ) - 3x <sub>max</sub> = 5,0.10 <sup>-2</sup> - (3 x 1,67.10 <sup>-2</sup> ) = 0		n <sub>f</sub> (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) = 2 x <sub>max</sub> = 2 x 1,67.10 <sup>-2</sup> = 3,34.10 <sup>-2</sup>

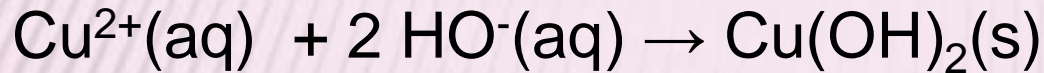
5) Exprimez et calculez la masse de fumée d'oxyde d'aluminium produite par la réaction.

$$M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 2 M(\text{Al}) + 3 M(\text{O})$$

$$\begin{aligned} m(\text{Al}_2\text{O}_3) &= n_f(\text{Al}_2\text{O}_3) \times M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 3,4 \cdot 10^{-2} \times (2 \times 27,0 + 3 \times 16,0) \\ &= 3,5 \text{ g} \end{aligned}$$

**Activité 5** : On mélange 100 mL d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre de concentration  $c_1 = 5,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  et 80 mL d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ) de concentration  $c_2 = 2,0 \text{ mol.L}^{-1}$ .

L'équation de la réaction de précipitation est :



1) Présentez les nouvelles données de l'exercice.

$$V_1 = 100 \text{ mL} = 100 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 1,00 \cdot 10^{-1} \text{ L}$$

$$V_2 = 80 \text{ mL} = 80 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 8,0 \cdot 10^{-2} \text{ L}$$

2) Exprimez et calculez les quantités de matière initiales des réactifs.

$$n_i(\text{Cu}^{2+}) = c_1 V_1 = 5,0 \cdot 10^{-1} \times 1,00 \cdot 10^{-1} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_i(\text{HO}^-) = c_2 V_2 = 2,0 \times 8,0 \cdot 10^{-2} = 1,6 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

## Activité 5

3) Tracez le tableau d'avancement et complétez les lignes 1, 2, 3 et 4 du tableau.

Équation		$\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$	$+ 2 \text{HO}^{-}(\text{aq})$	$\rightarrow$	$\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$
État du système	Avancement de la réaction	$n(\text{Cu}^{2+})$	$n(\text{HO}^{-})$		$n(\text{Cu}(\text{OH})_2)$
E.I.	$x = 0$	$n_i(\text{Cu}^{2+}) = 5,0 \cdot 10^{-2}$	$n_i(\text{HO}^{-}) = 1,6 \cdot 10^{-1}$		$n_i(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 0$
E.C.T.	$x$	$n(\text{Cu}^{2+}) = n_i(\text{Cu}^{2+}) - x$	$n(\text{HO}^{-}) = n_i(\text{HO}^{-}) - 2x$		$n(\text{Cu}(\text{OH})_2) = x$
E.F.	$x_{\text{max}}$	$n_f(\text{Cu}^{2+}) = n_i(\text{Cu}^{2+}) - x_{\text{max}}$	$n_f(\text{HO}^{-}) = n_i(\text{HO}^{-}) - 2x_{\text{max}}$		$n_f(\text{Cu}(\text{OH})_2) = x_{\text{max}}$



E.F.

$x_{\max}$

$$n_f(\text{Cu}^{2+}) = n_i(\text{Cu}^{2+}) -$$

$x_{\max}$

$$n_f(\text{HO}^-) = n_i(\text{HO}^-) -$$

$2x_{\max}$

$$n_f(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 2$$

$x_{\max}$

4) Faites une recherche de  $x_{\max}$ .

- première hypothèse :  $\text{Cu}^{2+}$ , réactif limitant

$$n_f(\text{Cu}^{2+}) = n_i(\text{Cu}^{2+}) - x_{\max} = 0$$

$$x_{\max} = n_i(\text{Cu}^{2+}) = 5,0 \cdot 10^{-2} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

~~- deuxième hypothèse :  $\text{HO}^-$ , réactif limitant~~

~~$$n_f(\text{HO}^-) = n_i(\text{HO}^-) - 2x_{\max} = 0$$~~

~~$$x_{\max} = n_i(\text{HO}^-) / 2 = 1,6 \cdot 10^{-1} / 2 = 8,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$~~

**La première hypothèse juste**

## 5) Faites le bilan de matière.

Équation		$\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$	$+ 2 \text{HO}^{-}(\text{aq})$	$\rightarrow$	$\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})$
État du système	Avancement de la réaction	$n(\text{Cu}^{2+})$	$n(\text{HO}^{-})$		$n(\text{Cu}(\text{OH})_2)$
E.I.	$x = 0$	$n_i(\text{Cu}^{2+}) = 5,0 \cdot 10^{-2}$	$n_i(\text{HO}^{-}) = 1,6 \cdot 10^{-1}$		$n_i(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 0$
E.C.T.	$x$	$n(\text{Cu}^{2+}) = n_i(\text{Cu}^{2+}) - x$	$n(\text{HO}^{-}) = n_i(\text{HO}^{-}) - 2x$		$n(\text{Cu}(\text{OH})_2) = x$
E.F.	$x_{\max} = 5,0 \cdot 10^{-2}$	$n_f(\text{Cu}^{2+}) = n_i(\text{Cu}^{2+}) - x_{\max} = 5,0 \cdot 10^{-2} - 5,0 \cdot 10^{-2} = 0$	$n_f(\text{HO}^{-}) = n_i(\text{HO}^{-}) - 2x_{\max} = 1,6 \cdot 10^{-1} - (2 \times 5,0 \cdot 10^{-2}) = 6,0 \cdot 10^{-2}$		$n_f(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 2x_{\max} = 5,0 \cdot 10^{-2}$

6) Exprimez et calculez la masse de précipité.

Données :


$$M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1} \quad M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1} \quad M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(\text{Cu}(\text{OH})_2) = M(\text{Cu}) + 2 M(\text{O}) + 2 M(\text{H})$$

$$m(\text{Cu}(\text{OH})_2) = n_f(\text{Cu}(\text{OH})_2) \times M(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 5,0 \cdot 10^{-2} \times (63,5 + 2 \times 16,0) = 4,9 \text{ g}$$

7) Exprimez et calculez la concentration finale en ions  $\text{HO}^-$  en tenant compte du volume final.

$$[\text{HO}^-] = n_f(\text{HO}^-) / (V_1 + V_2) = 6,0 \cdot 10^{-2} / (1,00 \cdot 10^{-1} + 8,0 \cdot 10^{-2}) = 3,3 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

A dramatic landscape featuring a range of dark, jagged mountains under a dark, cloudy sky. A bright, glowing light source, possibly the sun or moon, is positioned in the center of the valley, casting a strong, golden-yellow glow across the scene. The light creates a lens flare effect and illuminates the mountain peaks and the valley floor. The overall atmosphere is mysterious and intense.

# Chapitre 4b

## Réaction chimique et dosage

C'est fini...