

2. DESCRIPTION DE L'ETAT FINAL: BILAN DE MATIERE.

2.1. ETAT FINAL DU SYSTEME CHIMIQUE.

L'avancement permet de calculer les quantités de matière des produits et des réactifs restant au cours d'une transformation chimique.

L'état final d'un système chimique en évolution est atteint lorsque la quantité de matière d'au moins un des réactifs devient nulle.

2.2. AVANCEMENT MAXIMAL ET NOTION DE REACTIF LIMITANT.

L'état final d'un système est atteint pour une certaine valeur de l'avancement x . Cette valeur représente l'*avancement maximal*. On la note x_{\max} .

Le réactif qui vient à manquer, empêchant ainsi la transformation de se poursuivre est le *réactif limitant* (ou en défaut). Le ou les réactifs encore présents à l'état final sont dits en *excès*.

Dans le cas particulier où tous les réactifs sont consommés à l'état final, cela signifie qu'ils ont été introduits dans les *proportions stoechiométriques* de la réaction. Le mélange des réactifs à l'état initial est alors un *mélange initial stoechiométrique*. Il reste stoechiométrique tout au long de la transformation.

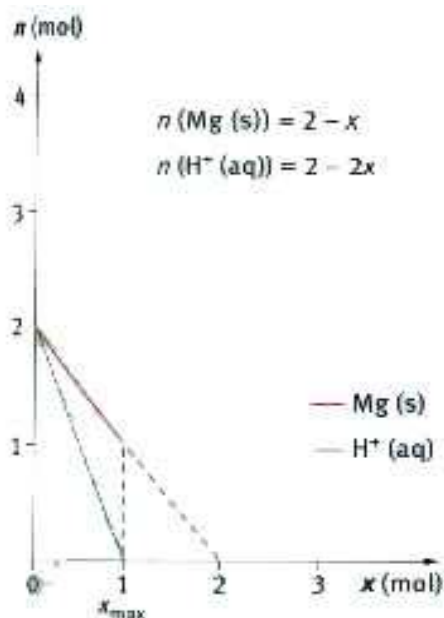
On considère trois états différents d'un système chimique composé de $\text{Mg}_{(s)}$ et $\text{H}^+_{(aq)}$, à 20°C et 1 013 hPa.

1. $n_{\text{Mg}(s)} = 2 \text{ mol}$ et $n_{\text{H}^+(aq)} = 2 \text{ mol}$
2. $n_{\text{Mg}(s)} = 2 \text{ mol}$ et $n_{\text{H}^+(aq)} = 4 \text{ mol}$
3. $n_{\text{Mg}(s)} = 2 \text{ mol}$ et $n_{\text{H}^+(aq)} = 6 \text{ mol}$

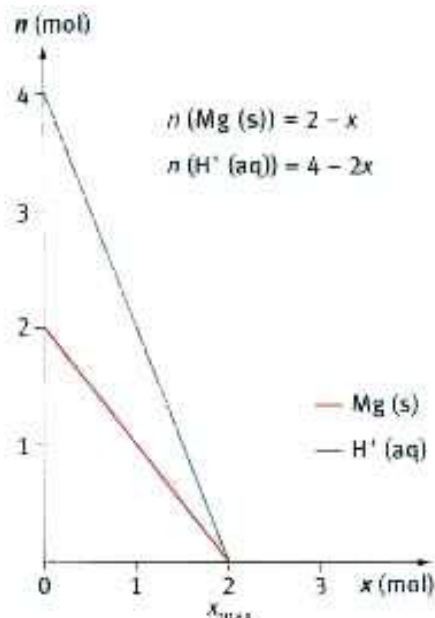
Plusieurs méthodes permettent d'obtenir l'avancement maximal x_{\max} .

2.2.1. DETERMINATION GRAPHIQUE.

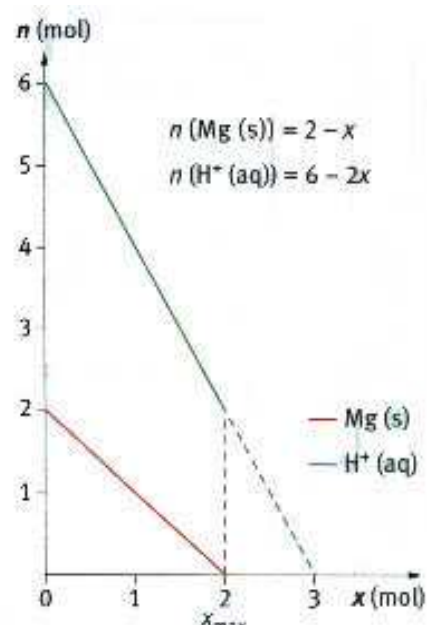
On peut tracer les courbes d'évolution des quantités de matière des réactifs en fonction de l'avancement pour les trois cas envisagés.



Dans le cas 1, $x_{\max} = 1 \text{ mol}$.
Le réactif limitant est $\text{H}^+_{(aq)}$; $\text{Mg}_{(s)}$ est en excès.



Dans le cas 2, $x_{\max} = 2 \text{ mol}$.
Les deux réactifs ont été introduits dans les proportions stoechiométriques.



Dans le cas 3, $x_{\max} = 2 \text{ mol}$.
Le réactif limitant est $\text{Mg}_{(s)}$; $\text{H}^+_{(aq)}$ est en excès.

2.2.2. A PARTIR DU TABLEAU DESCRIPTIF.

On recherche alors la valeur minimale de x pour laquelle l'un des réactifs (le réactif limitant) est entièrement consommé et vient à manquer. L'état final est obtenu pour la plus petite valeur de l'avancement maximal.

Dans le cas 1.

Equation chimique		$\text{Mg}_{(s)} + 2 \text{H}^+_{(aq)} \longrightarrow \text{Mg}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$			
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
Etat initial	0	2	2	0	0
En cours de transformation	x	$2-x$	$2-2x$	x	x

A l'état final, on envisage alors deux possibilités:

- Si $\text{Mg}_{(s)}$ est le réactif limitant: $2 - x_{\max} = 0$, soit $x_{\max} = 2 \text{ mol}$;
- Si $\text{H}^+_{(aq)}$ est le réactif limitant: $2 - 2x_{\max} = 0$, soit $x_{\max} = 1 \text{ mol}$.

L'état final est obtenu pour la plus petite valeur de l'avancement maximal, soit ici: $x_{\max} = 1 \text{ mol}$ et $\text{H}^+_{(aq)}$ est le réactif limitant.

Dans le cas 2.

Equation chimique		$\text{Mg}_{(s)} + 2 \text{H}^+_{(aq)} \longrightarrow \text{Mg}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$			
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
Etat initial	0	2	4	0	0
En cours de transformation	x	2-x	4 - 2x	x	x

A l'état final, on envisage alors deux possibilités:

- Si $\text{Mg}_{(s)}$ est le réactif limitant: $2 - x_{\text{max}} = 0$, soit $x_{\text{max}} = 2$ mol;
- Si $\text{H}^+_{(aq)}$ est le réactif limitant: $4 - 2 x_{\text{max}} = 0$, soit $x_{\text{max}} = 2$ mol.

On a donc $x_{\text{max}} = 2$ mol; les réactifs ont été apportés dans les proportions stoechiométriques de la réaction.

Dans le cas 3.

Equation chimique		$\text{Mg}_{(s)} + 2 \text{H}^+_{(aq)} \longrightarrow \text{Mg}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$			
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
Etat initial	0	2	6	0	0
En cours de transformation	x	2-x	6 - 2x	x	x

A l'état final, on envisage alors deux possibilités:

- Si $\text{Mg}_{(s)}$ est le réactif limitant: $2 - x_{\text{max}} = 0$, soit $x_{\text{max}} = 2$ mol;
- Si $\text{H}^+_{(aq)}$ est le réactif limitant: $6 - 2 x_{\text{max}} = 0$, soit $x_{\text{max}} = 3$ mol.

On a donc $x_{\text{max}} = 2$ mol; le réactif limitant est $\text{Mg}_{(s)}$.

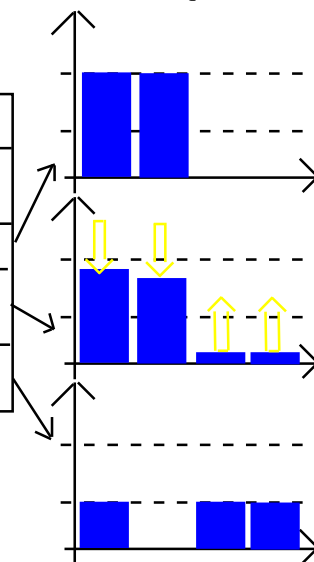
2.3. BILAN DE MATIERE.

Réaliser un *bilan de matière* consiste à déterminer la quantité de matière de toutes les espèces présentes dans un système chimique à l'état final.

Pour cela il nous faut ajouter une ligne dans le tableau descriptif. On y place la valeur de l'avancement maximal, avec laquelle on calcule les quantités de matière de chaque espèce.

Dans le cas 1.

Equation chimique		$\text{Mg}_{(s)} + 2 \text{H}^+_{(aq)} \longrightarrow \text{Mg}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$			
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
Etat initial	0	2	2	0	0
En cours de transformation	x	2-x	2 - 2x	x	x
Etat final	$x_{\text{max}} = 1$	1	0	1	1



Dans le cas 2.

Equation chimique		$\text{Mg}_{(s)} + 2 \text{H}^+_{(aq)} \longrightarrow \text{Mg}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)}$			
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
Etat initial	0	2	4	0	0
En cours de transformation	x	2-x	4 - 2x	x	x
Etat final	$x_{\text{max}} = 2$	0	0	2	2

A partir de ces quantités de matière et en se servant des connaissances acquises, on peut calculer des masses, des concentrations, des volumes ou des pressions.....