

Lycée Mangin Sarrebourog IERE SPE	CONSTITUTION ET TRANSFORMATION DE LA MATIERE Chapitre III : Suivi et modélisation de l'évolution d'un système chimique	Année Scolaire
		RM

I Modélisation de la transformation chimique: la réaction chimique

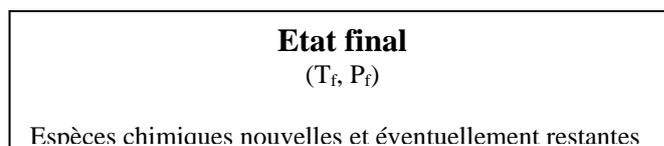
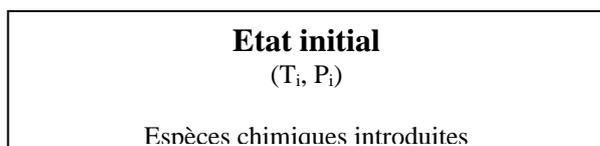
1) Le système chimique.

Déf. : Un système chimique est un ensemble d'espèces chimiques.

L'état de ce système est caractérisé par :

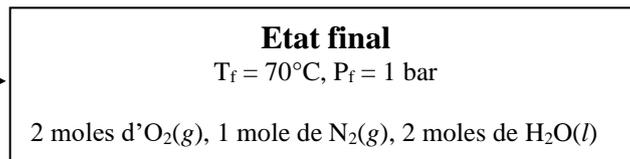
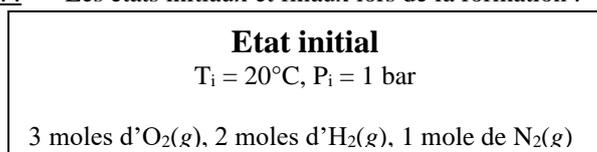
- la **nature** des espèces (noms, formules),
- la **quantité de matière** de chacune des espèces présentes,
- l'**état physique** de chacune des espèces présentes (solide liquide gazeux)
- la **pression** et la **température** de ce système.

Déf. : Un système chimique peut évoluer au cours du temps en passant d'un **état initial** (état du système à l'instant où il est créé) à un **état final** (état du système à l'instant où il cesse d'évoluer).



Déf. : Il y a **transformation chimique** lorsqu'un système chimique évolue d'un état initial vers un état final.

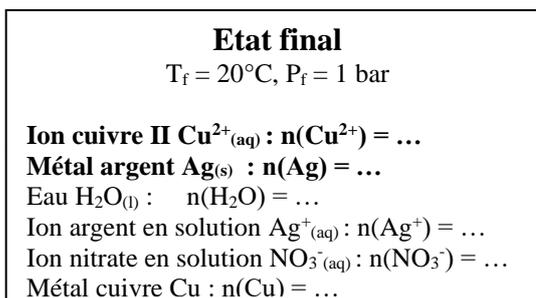
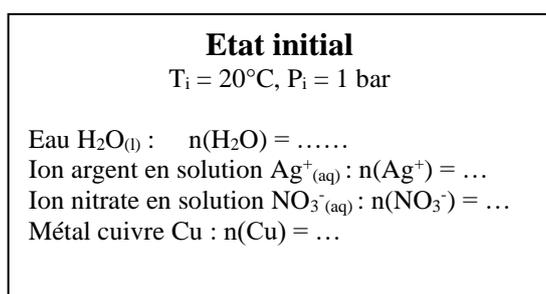
Ex. : Les états initiaux et finaux lors de la formation :



Déf. : Des espèces présentes dans l'état initial disparaissent, elles sont consommées pendant la transformation : ce sont les **réactifs**. De nouvelles espèces présentes dans l'état final apparaissent, elles se forment pendant la transformation, ce sont les **produits**.

Rem. : Un réactif peut ne pas être totalement consommé lors de la transformation. Il en reste alors à l'état final. La réaction s'arrête lorsqu'un des réactifs disparaît. Le premier réactif qui disparaît est appelé réactif limitant puisqu'il limite la réaction.

Ex. : On plonge un fil de cuivre (Cu) dans une solution aqueuse de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$)
Il y a une transformation chimique décrite par les deux états ci-dessous :



2) Comment modéliser la transformation chimique

Pour rendre compte d'une transformation chimique on utilise le modèle de la **réaction chimique**.

Un peu d'histoire :



La maxime « **Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme** » attribuée à **Lavoisier (1743-1794)**, est simplement la reformulation d'une phrase d'**Anaxagore**, philosophe atomiste grec (500 – 428 av. J.-C.) :
« Rien ne naît ni ne périt, mais des choses déjà existantes se combinent, puis se séparent de nouveau »

De nos jours, cette loi fondamentale de la nature s'exprime sous une forme plus précise :

Au cours d'une transformation physique ou chimique, il y a conservation des éléments et des charges électriques.

Remarque : La conservation des éléments met fin au rêve des alchimistes (transformer le plomb ou le mercure en or). Cependant la transmutation d'éléments chimiques peut se produire naturellement (radioactivité naturelle, fusion dans les étoiles) ou artificiellement (fission ou fusion) mais ces phénomènes obéissent à une loi plus générale : la conservation de l'énergie résumée par la célèbre formule $E = mc^2$...

La réaction chimique traduit la consommation et la formation de certaines espèces du système chimique lors de la transformation.

La réaction chimique modélise donc, à l'échelle macroscopique, le passage des réactifs aux produits.



Ex. : Réaction entre l'ion argent et le métal cuivre lorsque l'on plonge un fil de cuivre dans une solution de nitrate d'argent.



Rem. : Les ions nitrates et l'eau ne participent pas à la transformation.

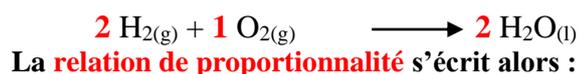
Pour rendre compte d'une réaction, il faut écrire son **équation**.

3) Equation de la réaction

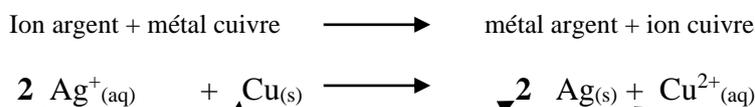
Règles :

- On place à gauche d'une flèche (\longrightarrow) les formules des réactifs séparées par un signe +, on écrit à droite de la flèche les formules des produits séparées également d'un signe +.
- La flèche indique le sens de l'évolution du système au cours de la transformation.
- Lors d'une transformation chimique, les **éléments** chimiques et les **charges** électriques se **conservent**.
- La conservation des éléments et des charges nécessite d'équilibrer l'équation chimique en ajustant les coefficients qui précèdent les formules brutes de chaque espèce.
Ces coefficients sont appelés nombres stoechiométriques et doivent être le plus petit possible (le nombre 1 n'est pas écrit).

Ex. : La formation d'eau est le résultat d'une transformation chimique au cours de laquelle le dihydrogène réagit avec le dioxygène, cette transformation peut être décrite par l'équation suivante (Lavoisier, 1875) :



Ex. : La Réaction entre l'ion argent et le métal cuivre est le résultat d'une transformation chimique au cours de laquelle l'ion argent Ag^+ réagit le métal cuivre, cette transformation peut être décrite par l'équation suivante :



nombre stoechiométrique (le 1 ne s'écrit pas)

4) Transformation chimique, réaction chimique: quelles différences?

La **transformation chimique** est l'évolution du système chimique observée au niveau macroscopique.

La transformation est orientée.

Elle est modélisée par une **réaction chimique** qui rend compte des interactions ayant lieu entre les entités chimiques au niveau microscopique. La réaction n'est pas orientée.

II Bilan de matière

Rappel : signification d'une équation chimique :



Indique qu'une mole de dioxygène réagit avec 2 moles de dihydrogène pour former 2 moles d'eau.

Rem. : La réaction s'arrête lorsqu'il n'y a plus de dihydrogène ou lorsqu'il n'y a plus de dioxygène.

On supposera que les réactions envisagées cette année sont totales.

1) A quoi sert un bilan de matière

Un bilan de matière permet de prévoir :

- la composition d'un système chimique après une transformation.
- La composition initiale que doit avoir un système chimique avant de lui faire subir une transformation de manière à obtenir un système chimique final prédéfini.

2) Comment faire un bilan de matière.

Pour réaliser un bilan de matière, nous devons utiliser un nouvel outil : l'avancement

L'avancement, noté x (en mol) permet de déterminer la quantité de matière des différentes espèces chimiques constituant le système tout au long de la transformation : de l'état initial à l'état final.

A l'état initial, $x = 0$ mol.

On regroupe les quantités de matière dans un tableau d'avancement. Ce tableau décrit l'évolution du système pour passer de l'état initial à l'état final. Dans ce tableau n'apparaissent que les quantités de matière.

- Dans la première ligne, on écrit l'équation de la réaction chimique étudiée.
- La deuxième ligne correspond à l'état initial de la transformation chimique étudiée, on y indique les quantités de matière de chaque réactif avant la transformation, les quantités de matières en produits étant nulles à ce stade.
- Dans la troisième ligne, on indique les quantités de matières restantes de chaque réactifs et celles formées de chaque produit à un instant quelconque t de la transformation.

Pour un réactif, la quantité de matière restante à cet instant est égale à la différence entre sa quantité de matière initiale et la quantité de matière qui a réagi.

- La quatrième ligne correspond à l'état final de la transformation. On y indique la composition du système chimique en mole en fin de réaction.

Ex. : Tableau d'avancement de la réaction entre le dihydrogène et le dioxygène.

Equation	$1\text{O}_{2(\text{g})}$	+	$2\text{H}_{2(\text{g})}$	\longrightarrow	$2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
Etat initial $x=0$	3 moles		2 moles		0
Au cours de la transformation	$3 - 1 x$		$2 - 2 x$		$2x$
Etat final $x_{\text{max}} = 1 \text{ mole}$	2 moles		0		2 moles

L'avancement sera noté x et s'exprime en mole.

Initialement l'avancement est nul ($x = 0$), plus x augmente, plus les réactifs on réagi.

Lorsque $x = x_{\text{max}}$, l'un des réactifs, le réactif limitant a entièrement réagi : le système chimique est dans son état final.

Si la transformation est totale, on atteint x_{max} quand un (au moins) des réactifs disparaît : c'est le réactif limitant

Méthode pour trouver x_{max} :

- pour chaque réactif, on pose $n_{\text{réactif}} = 0$ et on résout l'équation pour trouver $x_{\text{réactif}}$
- la plus petite valeur trouvée correspond à x_{max}
- on réécrit une ligne en remplaçant x par x_{max} .

Si la transformation n'est pas totale, l'avancement x_{max} ne sera pas atteints, il nous faut d'autres indices (pH, conductance ...)

Rem. : Si la quantité de matière restante en fin de réaction de tous les réactifs est nulle, on dit que ces réactifs ont été introduits dans les proportions stoechiométriques.

Conclusion :

Connaissant l'avancement maximal d'une réaction et la composition de l'état initial, on peut faire un bilan de matière, c'est-à-dire déterminer précisément la composition de l'état final.

3) Exemples

→ Cas n°1 : On réalise la combustion de 30 g de carbone dans 400 cm³ de dioxygène (Vm = 24 L/mol)

Équation		————→				
État du système	Avancement	Quantité de	Quantité de		Quantité de	Quantité de
État initial	x = 0 mol					
Au cours de la transformation						
État final						

→ Cas n°2 : On réalise la combustion complète de 220 g de propane de formule C₃H₈ dans 420 L de dioxygène.

Équation		————→				
État du système	Avancement	Quantité de	Quantité de		Quantité de	Quantité de
État initial	x = 0 mol					
Au cours de la transformation						
État final						

→ Cas n°3 : On réalise la combustion de 5,0 g d'aluminium dans 5,0 L de dioxygène.
Cela donne de l'oxyde d'aluminium appelé alumine de formule Al₂O₃

Équation		————→				
État du système	Avancement	Quantité de	Quantité de		Quantité de	Quantité de
État initial	x = 0 mol					
Au cours de la transformation						
État final						

Qu'est-ce qu'un mélange stoechiométrique ?

Les réactifs forment un mélange stoechiométrique si, à la fin de la transformation tous les réactifs ont entièrement disparu. Il ne reste donc plus dans le mélange réactionnel que des produits.

Pour réaliser un tel mélange, il faut que les quantités de matière à l'état initial soient proportionnelles aux coefficients (dits stoechiométriques) de l'équation chimique.

Dans le cas général, si l'équation chimique s'écrit : $aA + bB \rightarrow cC + dD$

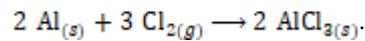
Les réactifs forment un mélange stoechiométrique si $\frac{n_A}{a} = \frac{n_B}{b}$

Dans ce cas, les quantités de matière des produits formés sont elles aussi proportionnelles aux coefficients :

$$\frac{n_A}{a} = \frac{n_B}{b} = \frac{n_C}{c} = \frac{n_D}{d}$$

Application :

L'aluminium réagit avec le dichlore suivant l'équation chimique suivante :



On fait réagir 4,0 g d'aluminium.

1°/ Établir le tableau décrivant l'évolution du système chimique lors de cette réaction.

2°/ Calculer le volume de dichlore nécessaire pour opérer dans les proportions stoechiométriques.

3°/ Quelle masse de chlorure d'aluminium obtient-on ?