

Réactif limitant et stœchiométrie

Cours de sciences physiques - niveau 2de

De plus, quand on fait des crêpes, la recette dit « 2 œufs pour 250 g de farine » : s'il n'y a qu'un œuf, on ne pourra faire que la moitié de la pâte, même avec un sac de farine entier. Ensuite, les réactions chimiques fonctionnent de la même façon : celui des réactifs qui manque en premier arrête tout. Puis on l'appelle le **réactif limitant**, et il décide de la quantité de produits que l'on peut obtenir.

L'essentiel : Le réactif limitant est celui qui est entièrement consommé en premier et qui fixe l'avancement maximal $(x_{\max})$, en mol. Pour $(2\mathrm{H}_2 + \mathrm{O}_2 \rightarrow 2\mathrm{H}_2\mathrm{O})$, avec 4 mol de H_2 et 3 mol de O_2 , H_2 est limitant : $(x_{\max} = 2)$ mol et il se forme 4 mol d'eau.

Donc, ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

L'équation ajustée et ses coefficients stœchiométriques

Enfin, une **transformation chimique** transforme des espèces chimiques, les **réactifs**, en d'autres espèces, les **produits**. De plus, on la modélise par une **réaction chimique** d'équation :



Ensuite, les nombres a, b, c, d sont les **coefficients stœchiométriques**. Ensuite, ils sont choisis pour que la réaction conserve les **éléments chimiques** (même nombre d'atomes de chaque élément de chaque côté de la flèche) et la **charge électrique** : on dit que l'équation est **ajustée**. Par exemple, la synthèse de l'eau s'écrit $2 \mathrm{H}_2 + \mathrm{O}_2 \rightarrow 2 \mathrm{H}_2\mathrm{O}$.

MÉTHODE

Puis, pour ajuster une équation : 1) écrire les formules sans changer les indices ; 2) ajuster d'abord les atomes présents dans un seul réactif et un seul produit (souvent C, puis H, enfin O) ; 3) compter les atomes de chaque élément de chaque côté ; 4) vérifier la charge pour les ions. Exemple : $\mathrm{CH}_4 + 2 \mathrm{O}_2 \rightarrow \mathrm{CO}_2 + 2 \mathrm{H}_2\mathrm{O}$.

Ainsi, les coefficients se lisent à l'échelle des **quantités de matière** : dans $2 \mathrm{H}_2 + \mathrm{O}_2 \rightarrow 2$

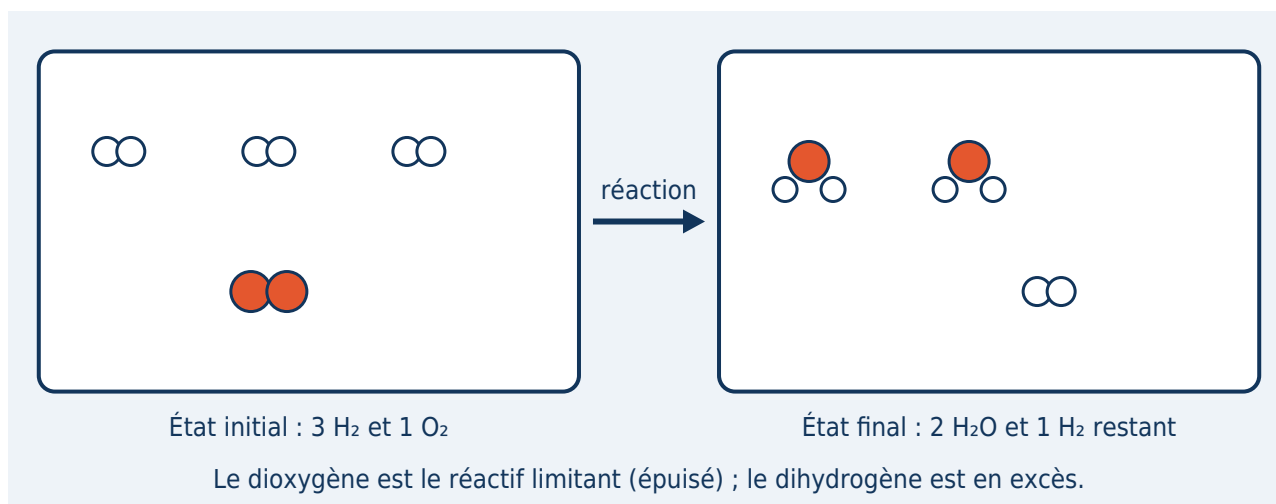
H₂O, 2 mol de dihydrogène réagissent avec 1 mol de dioxygène pour former 2 mol d'eau. Par ailleurs, le coefficient n'est pas la masse : ce sont les moles qui sont dans ces proportions.

Les proportions stœchiométriques

DÉFINITION

Par ailleurs, un mélange de réactifs est dit **stœchiométrique** lorsque les quantités de matière introduites sont dans les proportions des coefficients de l'équation : pour $a A + b B \rightarrow \dots$, cela signifie $n_i(A) \div a = n_i(B) \div b$. Puis dans ce cas, les deux réactifs sont **entièrement consommés** à la fin.

De plus, dans la plupart des cas, le mélange n'est pas stœchiométrique : l'un des réactifs est introduit en quantité insuffisante et disparaît le premier, l'autre est **en excès** et il en reste à la fin.



Avec 3 H₂ pour 1 O₂, il manque du dioxygène : après la réaction, il reste une molécule de dihydrogène.

Le réactif limitant et l'avancement maximal

Donc, pour suivre la transformation, on utilise l'**avancement** x (en mol) : quand l'avancement vaut x , chaque réactif a perdu (coefficient) $\times x$ moles et chaque produit en a gagné (coefficient) $\times x$. L'état du système se résume dans un **tableau d'avancement**.

État	Avancement	$n(A)$	$n(B)$	$n(C)$	$n(D)$
Initial	0	$n_i(A)$	$n_i(B)$	0	0
En cours	x	$n_i(A) - a x$	$n_i(B) - b x$	$c x$	$d x$
Final	$x_{\max}$	$n_i(A) - a x_{\max}$	$n_i(B) - b x_{\max}$	$c x_{\max}$	$d x_{\max}$

Enfin, la réaction s'arrête quand l'un des réactifs est épuisé. Ensuite, les quantités ne pouvant pas être négatives, on a $n_i(A) - a x \geq 0$ et $n_i(B) - b x \geq 0$. L'**avancement maximal** est donc la plus petite des deux valeurs :

FORMULE À RETENIR

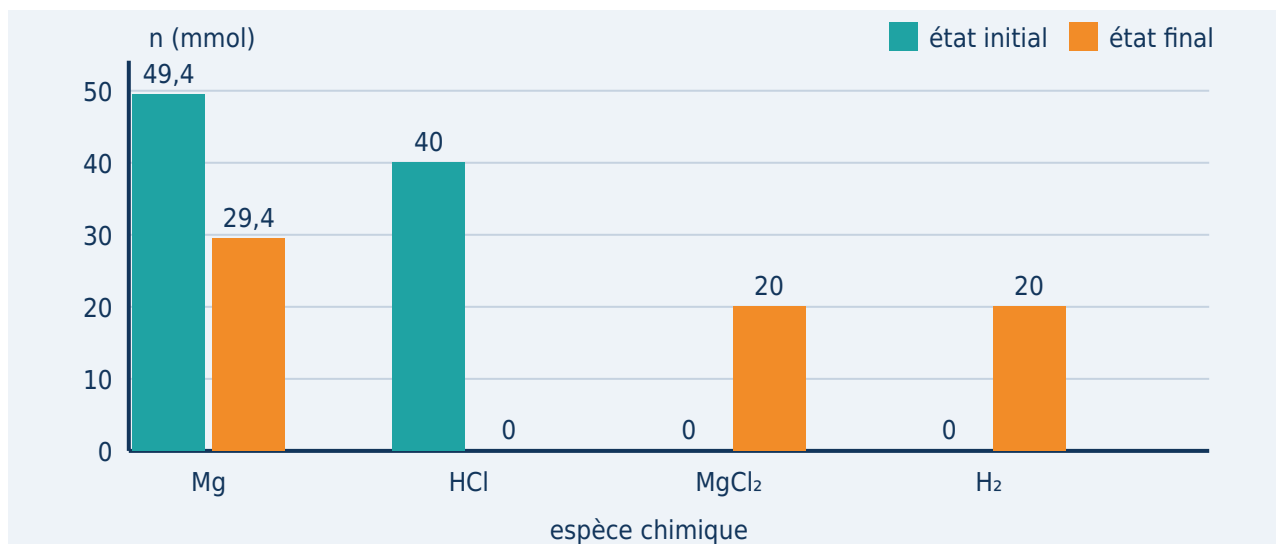
$$x_{\max} = \text{plus petite valeur parmi } n_i(\text{A}) \div a \text{ et } n_i(\text{B}) \div b$$

Ensuite, le **réactif limitant** est celui qui donne la plus petite valeur : il est entièrement consommé à l'état final.

EXEMPLE RÉSOLU

Puis, on verse 40 mL d'acide chlorhydrique de concentration 1,0 mol/L sur 1,2 g de magnésium. Équation : $\text{Mg} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$. Données : $M(\text{Mg}) = 24,3 \text{ g/mol}$; $V_m = 24 \text{ L/mol}$. Quantités initiales : $n_i(\text{Mg}) = 1,2 \div 24,3 = 4,9 \times 10^{-2} \text{ mol}$; $n_i(\text{HCl}) = c \times V = 1,0 \times 0,040 = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$. Comparaison : $\text{Mg} : 4,9 \times 10^{-2} \div 1 = 4,9 \times 10^{-2} \text{ mol}$; $\text{HCl} : 4,0 \times 10^{-2} \div 2 = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$. Puis le plus petit est celui de HCl : **HCl est le réactif limitant** et $x_{\max} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

Le réactif limitant et l'avancement maximal (suite)



Bilan de matière de l'exemple : l'acide chlorhydrique a disparu, il reste du magnésium, et 20 mmol de chaque produit se sont formés.

Le bilan de matière : de $x_{\max}$ aux masses et aux volumes

Ainsi, une fois $x_{\max}$ connu, on déduit toutes les quantités à l'état final, puis les grandeurs utiles à l'aide des relations suivantes.

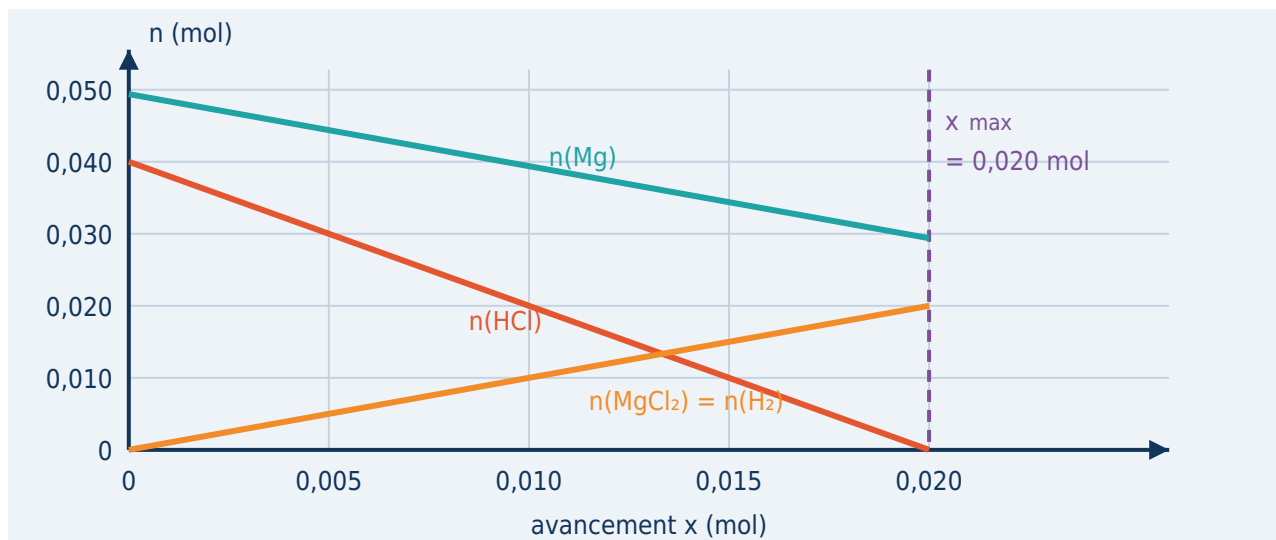
FORMULES À RETENIR

$$n = m \div M \quad n = c \times V \quad n = V_{\text{gaz}} \div V_m$$

n en mol ; m en g ; M en g/mol ; c en mol/L ; V en L ; $V_m = 24 \text{ L/mol}$ à 20 °C et pression atmosphérique.

SUITE DE L'EXEMPLE

État final avec $x_{\max} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$: $n_f(\text{HCl}) = 4,0 \times 10^{-2} - 2 \times 2,0 \times 10^{-2} = 0$; $n_f(\text{Mg}) = 4,9 \times 10^{-2} - 2,0 \times 10^{-2} = 2,9 \times 10^{-2} \text{ mol}$, soit $m = 2,9 \times 10^{-2} \times 24,3 \approx 0,71 \text{ g}$ de magnésium non consommé ; $n_f(\text{MgCl}_2) = n_f(\text{H}_2) = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$. Volume de dihydrogène : $V = n \times V_m = 2,0 \times 10^{-2} \times 24 = 0,48 \text{ L}$. Masse de chlorure de magnésium ($M = 95,3 \text{ g/mol}$) : $2,0 \times 10^{-2} \times 95,3 \approx 1,9 \text{ g}$.



Évolution des quantités de matière avec l'avancement : HCl s'annule à $x = 0,020 \text{ mol}$, la réaction s'arrête alors.

Quelques cas à connaître

Par ailleurs, dans une **combustion** (réaction avec le dioxygène), le dioxygène est souvent en excès à l'air libre ; en milieu confiné, il peut devenir limitant. De plus, dans une réaction **acide-calcaire** ($\text{CaCO}_3 + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$), l'acide, utilisé en solution, peut être le réactif limitant, et le dégagement de dioxyde de carbone s'arrête quand il est épuisé. Ensuite, dans une **précipitation** ($\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$), la masse de précipité s'arrête de croître quand l'un des ions a disparu.

EXEMPLE

Combustion du propane : $\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$ avec $n_i(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,20 \text{ mol}$ et $n_i(\text{O}_2) = 0,80 \text{ mol}$. Propane : $0,20 \div 1 = 0,20 \text{ mol}$; dioxygène : $0,80 \div 5 = 0,16 \text{ mol}$. Par ailleurs, le dioxygène est limitant : $x_{\max} = 0,16 \text{ mol}$; $n_f(\text{CO}_2) = 3 \times 0,16 = 0,48 \text{ mol}$; $n_f(\text{H}_2\text{O}) = 4 \times 0,16 = 0,64 \text{ mol}$; il reste $0,20 - 0,16 = 0,04 \text{ mol}$ de propane.

ERREUR FRÉQUENTE

De plus, le réactif limitant n'est pas forcément celui dont la quantité de matière est la plus petite : il faut comparer les quantités **divisées par les coefficients stœchiométriques**. Puis dans l'exemple du propane, $n(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,20 \text{ mol}$ est plus petite que $n(\text{O}_2) = 0,80 \text{ mol}$, pourtant c'est le dioxygène qui est limitant. Autre erreur :

L'essentiel à retenir

- Donc, une équation ajustée conserve les éléments et la charge ; ses coefficients donnent les proportions des quantités de matière.
- Mélange stœchiométrique : $n_i(A) \div a = n_i(B) \div b$; tous les réactifs sont consommés.
- $x_{\max}$ est la plus petite valeur des $n_i \div \text{coefficient}$; le réactif correspondant est le réactif limitant.
- À l'état final : $n_f = n_i - \text{coefficient} \times x_{\max}$ pour un réactif ; $n_f = \text{coefficient} \times x_{\max}$ pour un produit.
- $n = m \div M$; $n = c \times V$; $n = V_{\text{gaz}} \div V_m$, avec $V_m = 24 \text{ L/mol}$ à 20°C .

Tout le chapitre « Réactif limitant et stœchiométrie » en seconde

- Les exercices : Réactif limitant et stœchiométrie
- Le corrigé des exercices : Réactif limitant et stœchiométrie
- Le TP : Réactif limitant et stœchiométrie
- Le corrigé du TP : Réactif limitant et stœchiométrie
- Le QCM : Réactif limitant et stœchiométrie

Chapitre précédent : Capteurs électriques et courbe d'étalonnage (cours)

Retrouve aussi tous les cours de sciences physiques en seconde et le programme complet de sciences physiques en seconde.