

Transformation chimique

Cours de sciences physiques - niveau 2de

*Donc, un clou qui rouille, une bougie qui brûle, un comprimé effervescent qui pétille : à chaque fois, des espèces disparaissent et d'autres apparaissent. C'est le signe d'une **transformation chimique**. Par ailleurs, pour la décrire, on écrit une équation de réaction, puis on suit l'évolution des quantités de matière grâce à l'avancement, afin de prévoir ce qu'il reste et ce qui se forme.*

L'essentiel : Une transformation chimique convertit des réactifs en produits, décrite par une équation ajustée où les atomes se conservent. Le tableau d'avancement suit les quantités de matière en fonction de l'avancement x , en mol. Pour $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ avec 2 mol de carbone, l'avancement maximal est 2 mol et il se forme 2 mol de CO_2 .

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

Qu'est-ce qu'une transformation chimique ?

Ensuite, un **système chimique** est l'ensemble des espèces chimiques présentes dans un récipient (par exemple un bécher contenant de l'eau, des ions et un métal). Puis il évolue d'un **état initial** vers un **état final** : s'il y a consommation d'espèces et formation de nouvelles espèces, il y a transformation chimique. Ensuite, les espèces qui disparaissent sont les **réactifs** ; celles qui apparaissent sont les **produits**. Puis une espèce présente mais qui ne change pas est dite **spectatrice**.

DÉFINITION

Puis, une **transformation chimique** modifie la nature des espèces présentes : des réactifs sont consommés, des produits sont formés. De plus, un changement d'état (fusion, ébullition) ou une dissolution est une transformation *physique* : les espèces ne changent pas de nature.

Ainsi, les indices d'une transformation chimique sont une variation de couleur, un dégagement gazeux, la formation d'un solide (précipité), une variation de température ou la disparition d'un solide. Mais seul un test d'identification des espèces permet de conclure sûrement.

EXEMPLE

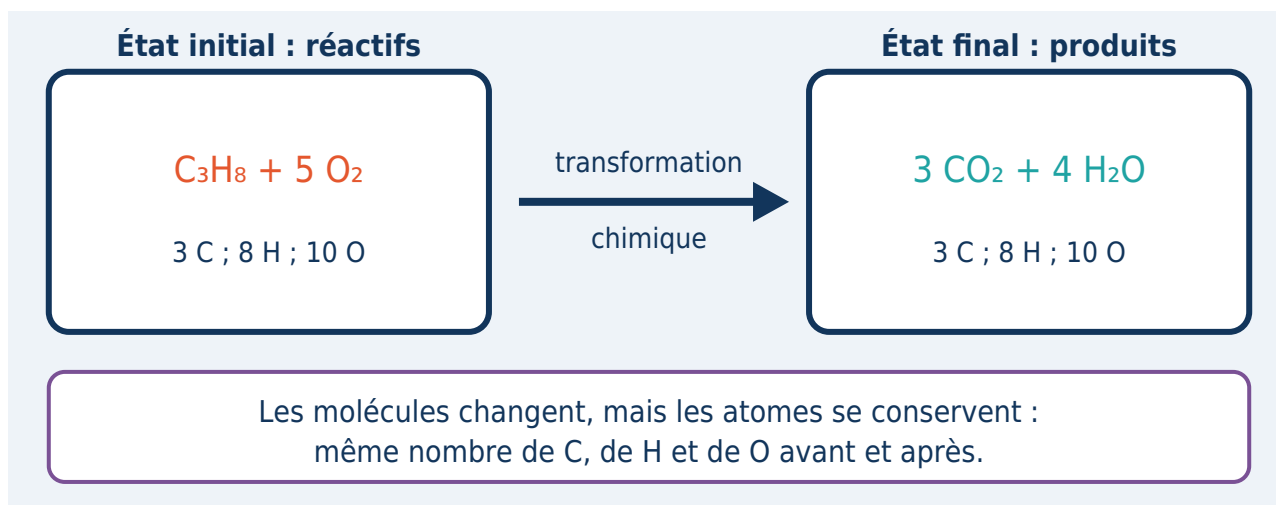
Par ailleurs, on plonge une lame de zinc dans une solution de sulfate de cuivre(II) (bleue). Ensuite, la solution se décolore, un dépôt rouge de cuivre apparaît. Réactifs : Zn(s) et $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$. Produits : $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ et Cu(s) . Par ailleurs, L'ion sulfate SO_4^{2-} est spectateur.

L'équation de la réaction chimique

De plus, on modélise la transformation par une **équation de réaction**. Réactifs à gauche, produits à droite, séparés par une flèche. Puis les **nombre stœchiométriques** (coefficients) devant chaque formule sont les plus petits entiers permettant de respecter deux règles de conservation.

LOI

Au cours d'une transformation chimique, **les éléments chimiques se conservent** (même nombre d'atomes de chaque élément de part et d'autre), **la charge électrique se conserve**, et par conséquent **la masse totale se conserve**.



Équation ajustée de la combustion du propane : $\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$. Les atomes se conservent, pas les molécules.

MÉTHODE

Donc, pour ajuster : 1. écrire les formules des réactifs et des produits ; 2. commencer par l'élément présent dans un seul réactif et un seul produit (souvent C, puis H) ; 3. terminer par l'oxygène ; 4. vérifier le décompte de chaque élément et, pour les ions, la conservation de la charge.

EXEMPLE

Combustion du propane : $\text{C}_3\text{H}_8 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. 3 C dans C_3H_8 : on met 3 devant CO_2 .

8 H : on met 4 devant H_2O . Ensuite, il y a alors $3 \times 2 + 4 = 10$ atomes O à droite : 5 O_2 à gauche. **$\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$** . Avec des ions : $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ est juste, car la charge totale est +2 de chaque côté.

ERREUR FRÉQUENTE

Enfin, on ne change jamais un indice dans une formule pour ajuster (H_2O ne devient pas H_2O_2) : on n'agit que sur les coefficients devant les formules.

L'avancement et le tableau d'avancement

Ensuite, pour suivre la transformation, on définit l'**avancement x** (en mol) : il compte combien de fois la réaction s'est produite. À l'état initial, $x = 0$. Puis pour l'équation générale $a \text{A} + b \text{B} \rightarrow c \text{C} + d \text{D}$, quand l'avancement vaut x :

$$n(\text{A}) = n_0(\text{A}) - a \cdot x ; n(\text{B}) = n_0(\text{B}) - b \cdot x ; n(\text{C}) = c \cdot x ; n(\text{D}) = d \cdot x$$

Puis, on organise ces résultats dans un **tableau d'avancement**. De plus, L'avancement ne peut pas augmenter indéfiniment : dès qu'un réactif est entièrement consommé, la réaction s'arrête.

DÉFINITION

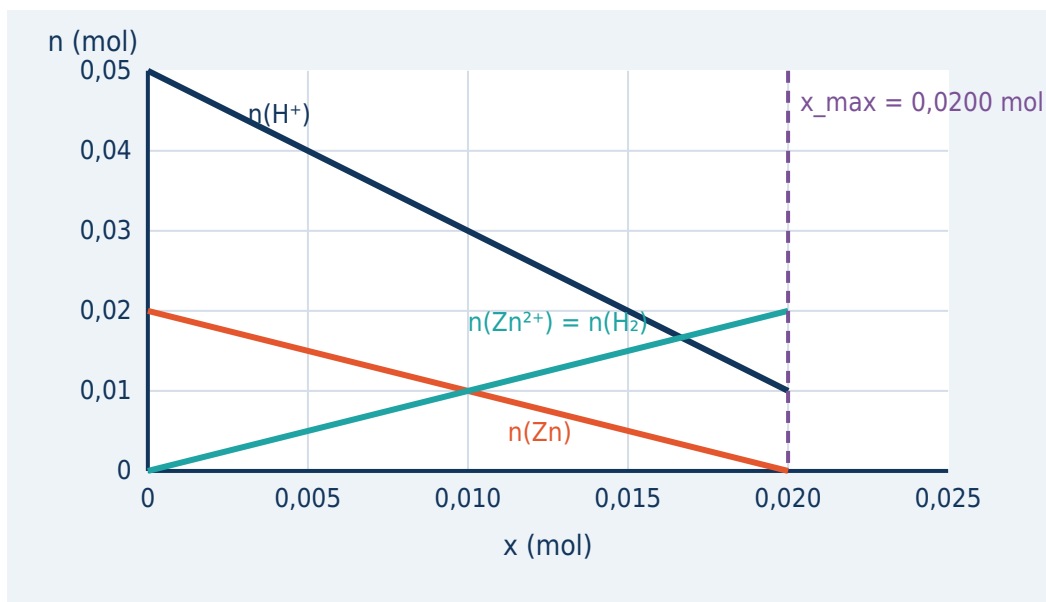
Ainsi, l'**avancement maximal $x_{\max}$** est la plus petite des valeurs de x pour lesquelles un réactif s'annule : $x_{\max} = \min [n_0(\text{A}) \div a ; n_0(\text{B}) \div b]$. Ensuite, le réactif correspondant est le **réactif limitant**. Si les deux réactifs s'annulent en même temps, le mélange est **stœchiométrique**.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Par ailleurs, on verse 100 mL d'acide chlorhydrique de concentration $0,50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ sur 1,31 g de zinc ($M = 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$). Équation : $\text{Zn(s)} + 2 \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$. $n_0(\text{Zn}) = 1,31 \div 65,4 = 0,0200 \text{ mol}$; $n_0(\text{H}^+) = 0,50 \times 0,100 = 0,0500 \text{ mol}$. Par ailleurs, pour Zn : $0,0200 \div 1 = 0,0200$; pour H^+ : $0,0500 \div 2 = 0,0250$. Donc **$x_{\max} = 0,0200 \text{ mol}$** et le zinc est le réactif limitant.

L'avancement et le tableau d'avancement (suite)

État	x (mol)	n(Zn)	n(H ⁺)	n(Zn ²⁺)	n(H ₂)
Initial	0	0,0200	0,0500	0	0
En cours	x	0,0200 - x	0,0500 - 2x	x	x
Final	0,0200	0	0,0100	0,0200	0,0200



Évolution des quantités de matière avec l'avancement : le zinc s'annule en premier, à $x = x_{\max}$.

À l'état final, l'acide n'est pas épuisé : il reste 0,0100 mol d'ions H^+ , soit $[\text{H}^+] = 0,0100 \div 0,100 = 0,100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, et $[\text{Zn}^{2+}] = 0,0200 \div 0,100 = 0,200 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Puis le dihydrogène formé occupe, pour un volume molaire de $24 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ à 20°C sous la pression atmosphérique, $V = 0,0200 \times 24 = \mathbf{0,48 \text{ L}}$.

Le bilan de matière complet

De plus, un bilan de matière détermine la composition de l'état final : quantités de matière, puis masses, volumes de gaz, concentrations. Ensuite, il suit toujours le même plan : équation ajustée, quantités initiales, $x_{\max}$ et réactif limitant, quantités finales, conversions.

FORMULES À RETENIR

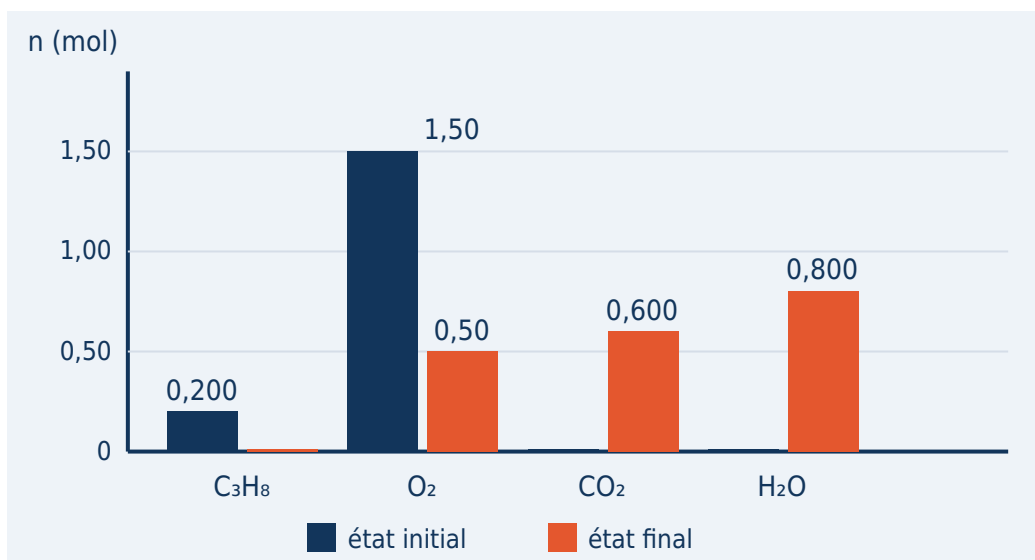
$n = m \div M$ (mol ; g ; $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$) ; $n = c \times V$ (mol ; $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; L) ; $n = V \div V_m$ pour un gaz ($V_m \approx 24 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ à 20°C , 1 atm).

APPLICATION NUMÉRIQUE

Donc, on brûle 8,8 g de propane ($M = 44,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) avec 1,50 mol de dioxygène.
 $n_0(\text{C}_3\text{H}_8) = 8,8 \div 44,0 = 0,200 \text{ mol}$. Puis pour C_3H_8 : $0,200 \div 1 = 0,200$; pour O_2 : $1,50 \div 5 = 0,300$. Donc $x_{\max} = 0,200 \text{ mol}$, le propane est limitant. État final : $n(\text{C}_3\text{H}_8) = 0$; $n(\text{O}_2) = 1,50 - 5 \times 0,200 = 0,50 \text{ mol}$; $n(\text{CO}_2) = 3 \times 0,200 = 0,600 \text{ mol}$; $n(\text{H}_2\text{O}) = 4 \times 0,200 = 0,800 \text{ mol}$. Masses : $m(\text{CO}_2) = 0,600 \times 44,0 = 26,4 \text{ g}$; $m(\text{H}_2\text{O}) = 0,800 \times 18,0 = 14,4 \text{ g}$.

Vérification : masse initiale $8,8 + 1,50 \times 32,0 = 56,8 \text{ g}$; masse finale $26,4 + 14,4 + 0,50 \times 32,0 = 56,8 \text{ g}$: la masse se conserve.

Le bilan de matière complet (suite)



Bilan de la combustion de 0,200 mol de propane dans 1,50 mol de dioxygène : le propane est entièrement consommé.

ERREUR FRÉQUENTE

Enfin, le réactif limitant n'est pas forcément celui dont la quantité initiale est la plus petite : il faut diviser par le nombre stœchiométrique. De plus, pour $2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$ avec 0,40 mol de H_2 et 0,30 mol de O_2 , la plus petite quantité est celle de O_2 , mais $0,40 \div 2 = 0,20$ est plus petit que $0,30 \div 1$: c'est H_2 qui est limitant.

L'essentiel à retenir

- Une transformation chimique consomme des réactifs et forme des produits ; les espèces spectatrices ne changent pas.
- L'équation de réaction conserve les éléments chimiques et la charge ; on n'ajuste que les coefficients.
- Avancement : $n(\text{réactif}) = n_0 - a \cdot x$ et $n(\text{produit}) = c \cdot x$; $x_{\text{max}} = \min \text{ des } n_0 \div \text{coefficient}$.
- Le réactif limitant s'annule le premier ; dans un mélange stœchiométrique, tous les réactifs s'annulent ensemble.
- Le bilan de matière utilise $n = m \div M$, $n = c \times V$ et $n = V \div V_m$, et la masse totale se conserve.

Tout le chapitre « Transformation chimique et bilan de matière » en seconde

- Les exercices : Transformation chimique et bilan de matière
- Le corrigé des exercices : Transformation chimique et bilan de matière
- Le TP : Transformation chimique et bilan de matière
- Le corrigé du TP : Transformation chimique et bilan de matière
- Le QCM : Transformation chimique et bilan de matière

- Le contrôle : Transformation chimique et bilan de matière
- Le corrigé du contrôle : Transformation chimique et bilan de matière

Chapitre précédent : Ions et solutions ioniques (cours)

Chapitre suivant : Synthèse d'espèces chimiques (cours)

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