Évolution d'un système : le tableau d'avancement

Fiche méthode

(Physique-chimie 1re spécialité · Constitution et transformations de la matière · Suivi de l'évolution d'un système)

La démarche pour un bilan de matière

1. J'écris l'équation ajustée, avec les états physiques, sans espèce spectatrice.

2. Je convertis toutes les données en mol : $n = m \div M$, $n = c \times V$, $n = V \div V_m$.

3. Je dresse le tableau : état initial, en cours (x), état final.

4. Je trouve l'avancement final : x_{max} si la transformation est totale, x_f mesuré sinon.

5. Je conclus : ligne finale, puis masses, volumes ou concentrations, avec l'unité.

Le réflexe — le tableau ne contient que des quantités de matière ; le nombre stœchiométrique multiplie toujours x.

Cas 1 · Quantités consommées et formées pour un avancement x

Réflexe — nombre stœchiométrique × x : retranché pour un réactif, ajouté pour un produit.

Exemple. Le sulfure de carbone brûle : $CS_2 + 3\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ SO_2$. Que s'est-il passé quand $x = 0{,}050$ mol ?

Consommés : 0,050 mol de CS_2 et $3 \times 0{,}050 = 0{,}15$ mol de O_2. Formés : 0,050 mol de CO_2 et $2 \times 0{,}050 = 0{,}10$ mol de SO_2.

Attention — x n'est pas la quantité consommée d'un réactif, sauf si son nombre stœchiométrique vaut 1.

Cas 2 · Établir le tableau d'avancement

Réflexe — tout en mol d'abord ; ligne « en cours » : n(0) − a x ou n(0) + c x.

Exemple. Au four électrique, la silice donne du silicium : $SiO_2 + 2\ C \rightarrow Si + 2\ CO$, avec 0,30 mol de SiO_2, 0,50 mol de carbone et aucun produit. Ligne « en cours » ?

SiO_2 : $0{,}30 - x$; C : $0{,}50 - 2x$; Si : x ; CO : $2x$.

Attention — pas de colonne pour une espèce spectatrice ; « solvant » ou « excès » pour l'eau solvant.

Cas 3 · Avancement maximal, réactif limitant, état final

Réflexe — « quantité restante = 0 » pour chaque réactif ; la plus petite solution est x_{max}.

Exemple. $2\ Na + Cl_2 \rightarrow 2\ NaCl$, avec 0,20 mol de sodium et 0,080 mol de dichlore ; transformation totale ; $M(NaCl) = 58{,}5$ g·mol^{-1}.

$0{,}20 - 2x = 0$ donne $x = 0{,}10$; $0{,}080 - x = 0$ donne $x = 0{,}080$. Donc $x_{max} = 0{,}080$ mol, **Cl_2 limitant**.

NaCl : $2 \times 0{,}080 = 0{,}16$ mol, soit $0{,}16 \times 58{,}5 = 9{,}36$ g ; Na restant : $0{,}20 - 0{,}16 = 0{,}040$ mol.

Attention — le limitant n'est pas forcément le moins abondant : on divise par le nombre stœchiométrique.

Cas 4 · Mélange stœchiométrique

Réflexe — rapports $n(0) \div$ nombre stœchiométrique égaux ; tous les réactifs disparaissent ensemble.

Exemple. $4\ Al + 3\ O_2 \rightarrow 2\ Al_2O_3$. Quelle quantité de dioxygène pour 0,12 mol d'aluminium, sans reste ?

$3\ O_2$ pour $4\ Al$: $n(O_2) = 0{,}12 \times 3 \div 4 = 0{,}090$ mol.

Attention — stœchiométrique ne veut pas dire « quantités égales ».

Cas 5 · Transformation totale ou non totale

Réflexe — x_f tiré de l'état final mesuré, puis comparé à x_{max}.

Exemple. $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$, avec 0,50 mol de chaque réactif. À l'état final, on mesure 0,40 mol de CO_2.

> $x_f = 0{,}40$ mol et $x_{max} = 0{,}50$ mol : $x_f < x_{max}$, transformation **non totale** ; il reste 0,10 mol de chaque réactif.

Attention — composition finale avec x_f, jamais avec x_{max}, si la transformation est non totale.

Cas 6 · Le bilan en Python

Réflexe — xmax = min(nA0 / a, nB0 / b), puis une ligne par espèce.

Exemple. Un programme contient la ligne xmax = min(nA0, nB0). Corrige-la.

> Il faut diviser par les nombres stœchiométriques : **xmax = min(nA0 / a, nB0 / b)**. Sinon, une quantité finale peut devenir négative.

Attention — le programme ne vaut que pour une transformation totale ; arrondir l'affichage avec round.

Les pièges

- Mettre des grammes ou des millilitres dans le tableau.
- Désigner comme limitant le réactif le moins abondant, sans diviser par le nombre stœchiométrique.
- Écrire 3 × 0,45 − x au lieu de 0,45 − 3x.
- Diviser par le volume d'une seule solution au lieu du volume total du mélange.
- Calculer l'état final avec x_{max} quand la transformation est non totale.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).