ÉVOLUTION D'UN SYSTÈME

— PREMIÈRE – PHYSIQUE-CHIMIE —

1. TABLEAU D'AVANCEMENT

Équation		$a\,A$	+ $b\,B$	⟶ $c\,C$	+ $d\,D$
État du système	**Avancement**	**Quantités de matière (en mol)**			
État initial	$x = 0$	$n_i(A)$	$n_i(B)$	0	0
En cours de transformation	x	$n_i(A) - a\,x$	$n_i(B) - b\,x$	$c\,x$	$d\,x$
État final	x_f	$n_i(A) - a\,x_f$	$n_i(B) - b\,x_f$	$c\,x_f$	$d\,x_f$

x : avancement (mol) a, b, c, d : nombres stœchiométriques A, B : réactifs C, D : produits n_i : quantité de matière initiale

2. TRANSFORMATION TOTALE : AVANCEMENT MAXIMAL

Définitions

- **Avancement maximal** x_{max} : valeur de x pour laquelle **un réactif** est entièrement consommé.
- **Réactif limitant** : réactif entièrement consommé en premier ; les autres réactifs sont en excès.
- **Transformation totale** : $x_f = x_{max}$.

Exemple

$2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$

$n_i(H_2) = 3{,}0$ mol $\quad n_i(O_2) = 2{,}0$ mol

$x_{max,H_2} = \dfrac{3{,}0}{2} = 1{,}5$ mol $\quad x_{max,O_2} = \dfrac{2{,}0}{1} = 2{,}0$ mol

$x_{max} = 1{,}5$ mol : H_2 est le réactif limitant.

Méthode : déterminer x_{max}

1. Construire le tableau d'avancement.
2. **Hypothèse** : « A est limitant », donc $n_f(A) = 0$:
   $n_i(A) - a\,x_{max,A} = 0 \iff x_{max,A} = \dfrac{n_i(A)}{a}$
3. **Hypothèse** : « B est limitant », donc $n_f(B) = 0$:
   $x_{max,B} = \dfrac{n_i(B)}{b}$
4. $x_{max} = \min\left(x_{max,A}\,;\,x_{max,B}\right)$: la **plus petite** valeur ; le réactif correspondant est le **réactif limitant**.
5. Calculer les quantités finales en remplaçant x par x_{max} dans la dernière ligne du tableau.

3. TRANSFORMATION NON TOTALE

Une transformation est **non totale** lorsque

$$x_f < x_{max}$$

Aucun réactif n'est entièrement consommé : réactifs et produits **coexistent** à l'état final.

Valeur de x_f

x_f ne se calcule pas par hypothèse : il est obtenu **expérimentalement**, en mesurant une grandeur (pH, conductivité, absorbance, masse…) qui donne la quantité de matière d'une espèce à l'état final.

$$x_f = \frac{n_f(C)}{c} \qquad x_f = \frac{n_i(A) - n_f(A)}{a}$$

Produit C (dernière ligne du tableau : $n_f(C) = c\,x_f$) ou réactif A.

4. MÉLANGE STŒCHIOMÉTRIQUE

Les réactifs sont introduits dans les **proportions stœchiométriques** de l'équation :

$$\frac{n_i(A)}{a} = \frac{n_i(B)}{b}$$

Établir l'égalité

Les deux hypothèses donnent la même valeur :

$x_{max,A} = \dfrac{n_i(A)}{a} = \dfrac{n_i(B)}{b} = x_{max,B}$

A et B sont limitants **simultanément**.

Quantités finales (transformation totale)

$n_f(A) = n_i(A) - a\,x_{max} = 0 \quad n_f(B) = n_i(B) - b\,x_{max} = 0$

Les quantités finales de réactifs sont **nulles**.

C'est la relation utilisée à l'équivalence d'un titrage.

À RETENIR

- Tableau d'avancement : état initial, en cours, final.
- Réactif limitant : plus petit $n_i(A)/a$.
- Transformation totale : $x_f = x_{max}$.
- Non totale : $x_f < x_{max}$, x_f mesuré.
- Stœchiométrique : $n_i(A)/a = n_i(B)/b$, $n_f = 0$.

pierre-carree.fr