

Bilan de matière d'une transformation chimique

Rappel : le réactif limitant d'une transformation chimique

synthèse de l'alumine :

« rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme » (Lavoisier)



nombre stœchiométrique

réactifs consommés dans le rapport des nombres stœchiométriques : $\frac{n_{\text{consommé}}(\text{Al})}{n_{\text{consommé}}(\text{H}_2\text{O})} = \frac{2}{3} \leftrightarrow \frac{n_{\text{consommé}}(\text{Al})}{2} = \frac{n_{\text{consommé}}(\text{H}_2\text{O})}{3}$

- 1 si $\frac{n_{\text{initial}}(\text{Al})}{2} = \frac{n_{\text{initial}}(\text{H}_2\text{O})}{3}$ → Al et H₂O introduits dans les proportions stœchiométriques → Al et H₂O consommés entièrement **limitants**
- 2 si $\frac{n_{\text{initial}}(\text{Al})}{2} < \frac{n_{\text{initial}}(\text{H}_2\text{O})}{3}$ → Al en défaut et H₂O en excès → il reste H₂O **limitant (la formation d'alumine)**
- 3 si $\frac{n_{\text{initial}}(\text{Al})}{2} > \frac{n_{\text{initial}}(\text{H}_2\text{O})}{3}$ → Al en excès et H₂O en défaut → il reste Al **limitant**

exemple	2 Al	+ 3 H ₂ O	→ Al ₂ O ₃	+ 3 H ₂
état initial (mol)	5,0	6,0	0	0
état final (mol)	?	0	← ?	?

$$\frac{n_{\text{initial}}(\text{Al})}{2} = \frac{5,0}{2} = 2,5 \text{ mol} > \frac{n_{\text{initial}}(\text{H}_2\text{O})}{3} = \frac{6,0}{3} = 2,0 \text{ mol} \quad \text{limitant}$$



Un outil très pratique : l'avancement x de la réaction

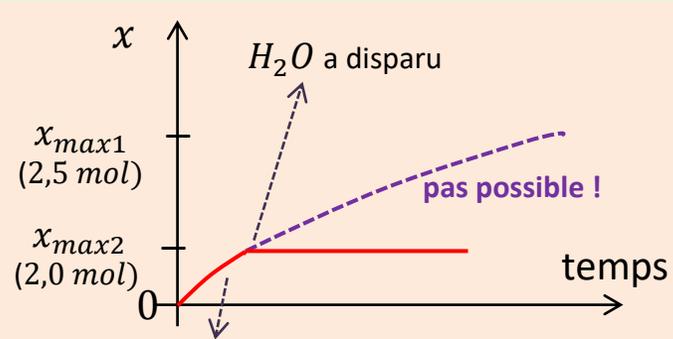
→ c'est ici la quantité de matière d'alumine formée à un instant t

		$2 Al$	+	$3 H_2O$	→	Al_2O_3	+	$3 H_2$
$x = 0$	état initial	5,0		6,0		0		0
x	instant t	$5,0 - 2x$		$6,0 - 3x$		x		$3x$
x_{max}	état final	$5,0 - 2x_{max}$		$6,0 - 3x_{max}$		x_{max}		$3x_{max}$

Deux possibilités de réactif limitant :

Hypothèse 1 : si Al est limitant → $5,0 - 2x_{max1} = 0$

Hypothèse 2 : si H_2O est limitant → $6,0 - 3x_{max2} = 0$



$$5,0 = 2x_{max1}$$

$$x_{max1} = \frac{5,0}{2} = 2,5 \text{ mol}$$

$$6,0 = 3x_{max2}$$

$$x_{max2} = \frac{6,0}{3} = 2,0 \text{ mol}$$

→ H_2O limitant et $x_{max} = 2,0 \text{ mol}$

x_{max} est la plus petite des valeurs

→ composition dans l'état final :

$$n_{final}(Al_2O_3) = x_{max} = 2,0 \text{ mol}$$

$$n_{final}(H_2) = 3x_{max} = 6,0 \text{ mol}$$

$$n_{final}(Al) = 5,0 - 2x_{max} = 1,0 \text{ mol}$$

remarque :

③ si $\frac{n_{initial}(Al)}{2} > \frac{n_{initial}(H_2O)}{3}$: H_2O limitant

→ même méthode !



À retenir !

en supposant la transformation totale :

- 1 calculer les quantités initiales des réactifs à partir des masses, volumes, concentrations ...
- 2 compléter le tableau d'avancement : états initial et final uniquement
- 3 faire les deux hypothèses et calculer x_{max1} et x_{max2}
- 4 la bonne hypothèse est celle avec x_{max} le plus petit → en déduire le réactif limitant et la bonne valeur de x_{max}
- 5 calculer les quantités de matière finales des produits et du réactif restant en remplaçant x_{max} par sa valeur

➤ pour un corps pur :

$$n(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{\rho(\text{Cu}) \times V(\text{Cu})}{M(\text{Cu})}$$

➤ pour un soluté en solution : $n = C \times V$

$$C = \frac{C_m}{M}$$

		$a A$	+	$b B$	→	$c C$	+	$d D$
$x = 0$	état initial	$n_i(A)$		$n_i(B)$		0		0
x_{max}	état final	$n_i(A) - ax_{max}$		$n_i(B) - bx_{max}$		cx_{max}		dx_{max}

si A limitant → $n_i(A) - ax_{max} = 0 \rightarrow x_{max1} = \frac{n_i(A)}{a}$

si B limitant → $n_i(B) - bx_{max} = 0 \rightarrow x_{max2} = \frac{n_i(B)}{b}$

→ $x_{max} = \text{le plus petit}$

→ composition dans l'état final :

$$n_{final}(C) = cx_{max}$$

$$n_{final}(D) = dx_{max}$$

$$n_{final}(A) = n_i(A) - ax_{max}$$

$$n_{final}(B) = n_i(B) - bx_{max}$$

remarque :

quand A ou B est limitant ⇔ état final atteint **suite à l'épuisement d'un des réactifs** : la transformation est dite **totale**

si l'état final est atteint **avant épuisement d'un des réactifs** : la transformation est dite **non-totale**

