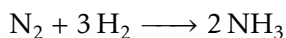


Ch.4 Avancement de réaction

Dans ce chapitre

I. Nombres stœchiométriques	2
II. Avancement d'une réaction	2
III. Réactif limitant	3
IV. Tableau d'avancement	3
V. Proportions stœchiométriques	3
VI. Taux d'avancement	4
VII. Avancement volumique	4
VIII. Application : titrages volumétriques	5

I. Nombres stœchiométriques



Dans cette équation de réaction, N_2 et H_2 sont **les réactifs** ; NH_3 est **le produit**.

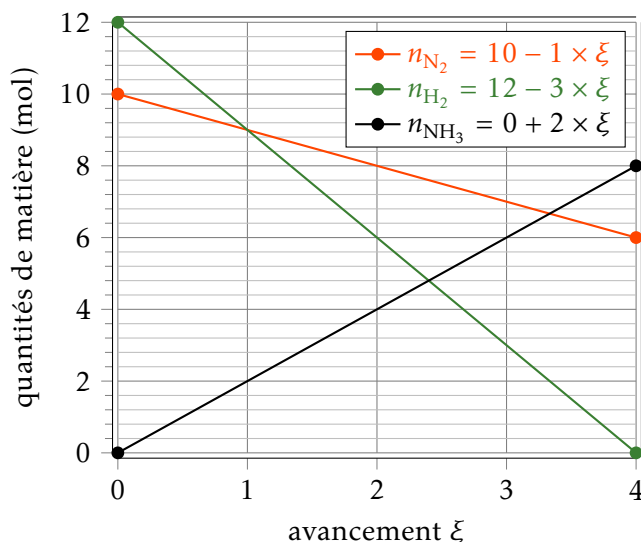
À chaque constituant de la réaction – réactif ou produit – est associé **un nombre stœchiométrique** ν .

nombres stœchiométriques :	
N_2	$\nu = 1$
H_2	$\nu = 3$
NH_3	$\nu = 2$

Supposons que la réaction chimique précédente commence avec les **quantités initiales** 10 mol de diazote et 12 mol de dihydrogène. Écrivons dans ce tableau les quantités de matières présentes à chaque disparition de 1 mol de diazote.

N_2 disp.	N_2	+	3H_2	\rightleftharpoons	2NH_3
0 mol	10 mol		12 mol		
1 mol					
2 mol					
3 mol					
4 mol					

- H_2 est consommé 3 fois plus vite que N_2 .
- la réaction s'arrête quand H_2 disparaît. Il reste encore du diazote.
- on appelle **avancement** la quantité de matière de N_2 ayant disparu. L'avancement augmente à partir de 0 et atteint une valeur maximale en fin de réaction.



II. Avancement d'une réaction

Définition : l'avancement ξ

L'avancement ξ d'une réaction (en mol) est une variable qui permet de calculer les quantités de matière des espèces chimiques pendant le déroulement d'une transformation chimique.

$$n_i = n_i^0 + \nu_i \cdot \xi \quad (\text{produits})$$

$$n_i = n_i^0 - \nu_i \cdot \xi \quad (\text{réactifs})$$

n_i^0 est la quantité de matière *initiale* du constituant i ;

ν_i est le nombre stœchiométrique associé au constituant i ;

n_i est la quantité de matière de i au cours de la transformation.

L'avancement n'est pas nécessairement un nombre entier.

III. Réactif limitant

Définition

On appelle **réactif limitant** un réactif qui est épuisé en fin de transformation. Sa quantité de matière restante est devenue nulle.

Déterminer le réactif limitant

- pour chaque réactif, on calcule la valeur de la fraction $\frac{n_i^0}{\nu_i}$.
- la fraction la plus faible donne l'**avancement final**.
- la fraction la plus faible est celle du **réactif limitant**.

Exemple avec les valeurs précédentes :

$$\text{pour N}_2 : \frac{n^0}{\nu} = \frac{10}{1} = 10 \text{ mol}$$

$$\text{pour H}_2 : \frac{n^0}{\nu} = \frac{12}{3} = 4 \text{ mol}$$

$$\text{Donc } \xi_f = 4 \text{ mol}$$

Le réactif limitant est H₂.

$$n_{\text{N}_2 \text{ final}} = 10 - 1 \times 4 = 6 \text{ mol.}$$

IV. Tableau d'avancement

Écrire un tableau d'avancement, c'est donner, dans un tableau, les expressions des quantités de matière au cours de la transformation chimique.

« É. ini. » désigne l'état initial.

« É. int. » désigne un état intermédiaire.

« É. fin. » désigne l'état final.

(mol)	N ₂	+	3 H ₂	→	2 NH ₃
É. ini.	10		12		0
É. int.	10 - 1 × ξ		12 - 3 × ξ		2 × ξ
É. fin.	10 - 1 × ξ _f		12 - 3 × ξ _f		2 × ξ _f

V. Proportions stœchiométriques

Définition

Deux réactifs sont en **proportions stœchiométriques** si leurs quantités initiales sont en même rapport que leurs nombres stœchiométriques :

$$\frac{n_i^0}{\nu_i} = \frac{n_j^0}{\nu_j}$$

Exemple :

Dans la réaction précédente, si on a :

$$n_{\text{N}_2}^0 = 20 \text{ mmol et } n_{\text{H}_2}^0 = 60 \text{ mmol.}$$

$$\text{alors } \frac{20}{1} = \frac{60}{3}$$

Les deux réactifs sont limitants.

Animation en ligne : <https://www.geogebra.org/m/fjrxuuu>

VI. Taux d'avancement

Définition

Le **taux d'avancement** est défini par :

$$\tau = \frac{\xi}{\xi_{max}}$$

Le taux d'avancement τ est donc *un pourcentage* (exprimé entre 0 et 1). Il permet d'estimer ce qui sépare de la fin de la réaction chimique.

Si $\tau = 0,25$ alors la transformation est avancée à 25%.

VII. Avancement volumique

Pour des réactions en solutions aqueuses, il est parfois plus pratique de compléter un tableau d'avancement avec **les concentrations** au lieu des **quantités de matière**.

tableau classique :

(mol)	AH	+ H ₂ O	⇌	A ⁻	+ H ₃ O ⁺
É.ini.	n	-		0	≈ 0
É.fin.	$n - \xi_f$	-		ξ_f	≈ ξ_f

tableau d'avancement volumique :

(C)	CaSO ₄	⇌	Ca ²⁺	+ SO ₄ ²⁻
É.ini.	C_0		0	0
É.fin.	$C_0 - x_f$		x_f	x_f

Pour remplir un tableau d'avancement volumique, on suppose que toutes les quantités de matière du tableau sont divisées par le volume (constant) du mélange.

$$C = \frac{n}{V} \quad \text{avancement volumique } x = \frac{\xi}{V}$$

Concentration en soluté apporté.

Quand on introduit n mol de soluté dans V L d'eau, on appelle **concentration en soluté apporté** la concentration $C = \frac{n}{V}$.

Si le soluté réagit par la suite, sa concentration peut changer. Le soluté peut même disparaître. Mais la concentration en soluté apporté reste identique, car elle fait référence à ce qui a été versé avant la réaction.

