

## Notion d'avancement

### Transformation chimique

Une transformation chimique a lieu chaque fois qu'une nouvelle espèce chimique est produite ou chaque fois qu'une espèce chimique disparaît.

Une espèce chimique qui apparaît s'appelle produit.

Une espèce chimique qui disparaît totalement ou partiellement s'appelle réactif.

#### Définition du système chimique

On appelle système chimique, l'ensemble des espèces chimiques présentes lors de la transformation chimique.

#### Les trois étapes d'une transformation chimique

Une expérience mettant en jeu une transformation chimique se déroule en trois étapes :

- La préparation (mélange des réactifs s'il y a plusieurs réactifs, dissolution éventuelle dans un solvant, chauffage si c'est nécessaire...).
- Le déroulement de la transformation, pendant lequel les réactifs disparaissent et les produits apparaissent.
- L'arrêt de la transformation, qui a lieu dès qu'un des réactifs a totalement disparu, même si d'autres réactifs sont encore présents.

#### Etat initial, état final

On appelle état initial du système chimique, l'état de ce système à la fin de la première étape.

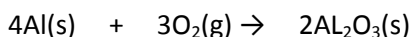
On appelle état final du système chimique, l'état de ce système au début de la troisième étape, c'est-à-dire à l'arrêt de la transformation chimique.

La transformation chimique est donc le passage du système chimique de son état initial à son état final.

#### 1/Définition :

##### \*\*Exemple :

On réalise la transformation modélisée par l'équation chimique suivante :



On fait réagir 5,4 g d'aluminium avec 6 L de dioxygène dans les conditions de température et de pression où le volume molaire est égal à 24 L.mol<sup>-1</sup>.

1-Construire le tableau récapitulatif de la transformation.

2-Quelle doit être la valeur de l'avancement maximal  $x_{\text{max}}$ .

3-Déterminer la composition molaire finale du mélange.

##### \*Réponse :

1- On remarque d'après cette équation équilibrée, que si 4 moles de Al réagissent elles nécessitent 3 moles de O<sub>2</sub> pour former 2 moles d'alumine Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

\*Donc en **général** si 4x moles de Al réagissent elles nécessitent 3x moles de O<sub>2</sub> pour former 2x moles d'alumine Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

\*En **résumé** : La consommation de 4x moles de Al s'accompagne de la consommation de 3x moles de O<sub>2</sub> et de la production de 2x moles d'alumine Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

\***Conclusion** : Si la quantité de matière initiale de Al diminue de 4x moles d'où la quantité de matière initiale de O<sub>2</sub> diminue de 3x moles et la quantité de matière de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> augmente de 2x moles.

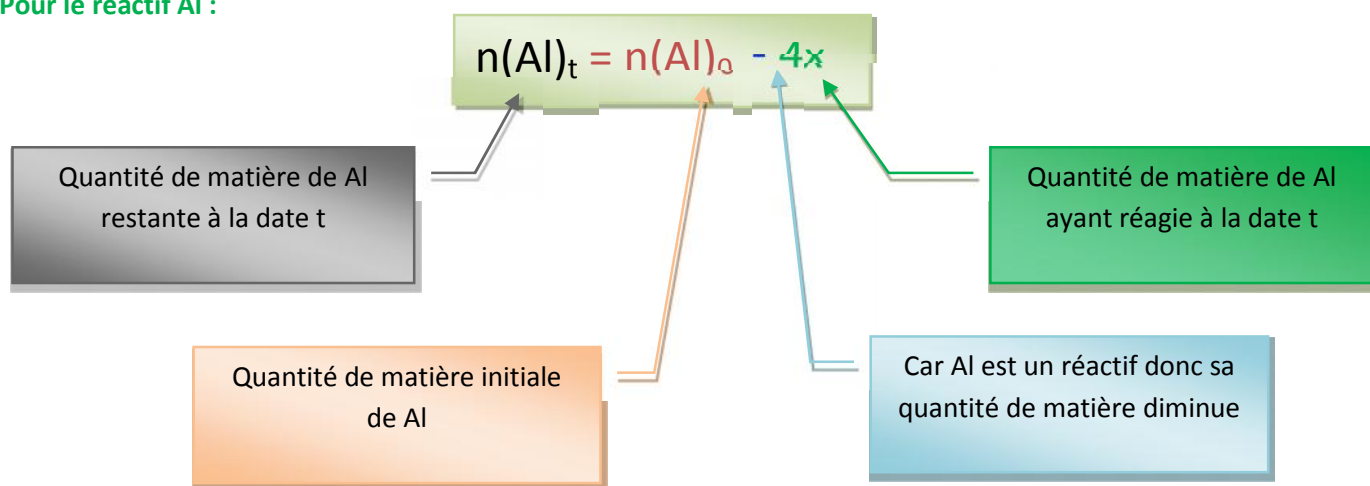
x s'appelle avancement de la réaction chimique

L'avancement est un nombre, noté x et exprimé en mole, qui permet de décrire quantitativement un système chimique en cours de transformation.

Equation chimique		4Al + 3O <sub>2</sub> → 2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
Etats du système	Avancement	Quantités de matière correspondantes		
Etat initial (à t=0)	0	n(Al) <sub>i</sub>	n(O <sub>2</sub> ) <sub>i</sub>	0
En cours de transformation (t>0)	x	n(Al) <sub>i</sub> - 4x	n(O <sub>2</sub> ) <sub>i</sub> - 3x	0 + 2x
Etat final (à la fin de la réaction)	x <sub>max</sub>			

En cours de transformation ( à une date  $t > 0$  au cours de déroulement de la réaction chimique), on a :

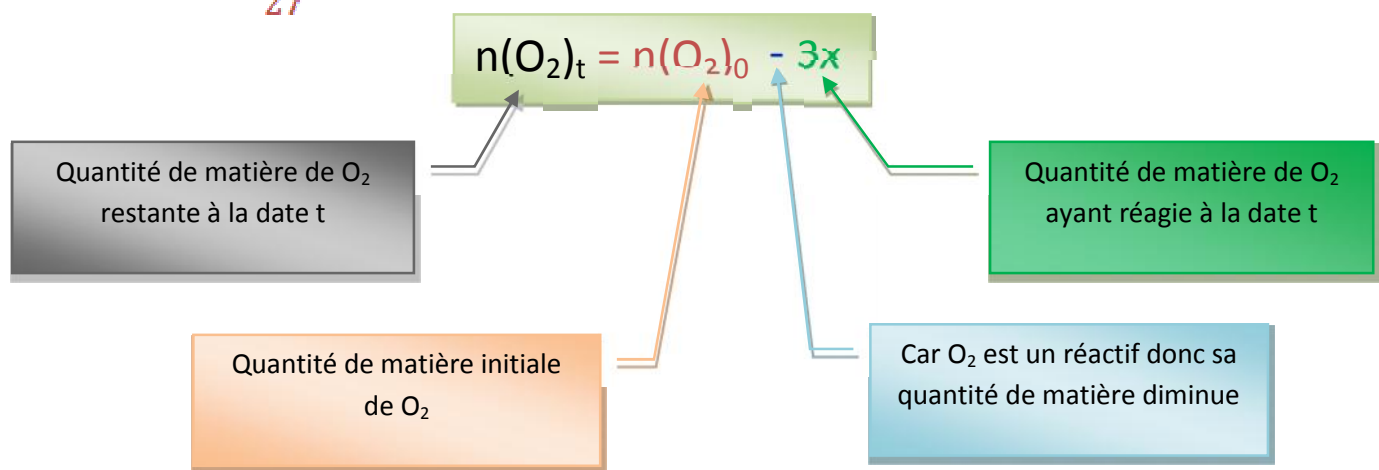
**Pour le réactif Al :**



Quantité de matière initiale de Al :

$$n(\text{Al})_i = n(\text{Al})_0 = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})}$$

*A.N :*  $n(\text{Al})_i = \frac{5,4}{27} = 0,2 \text{ mol}$

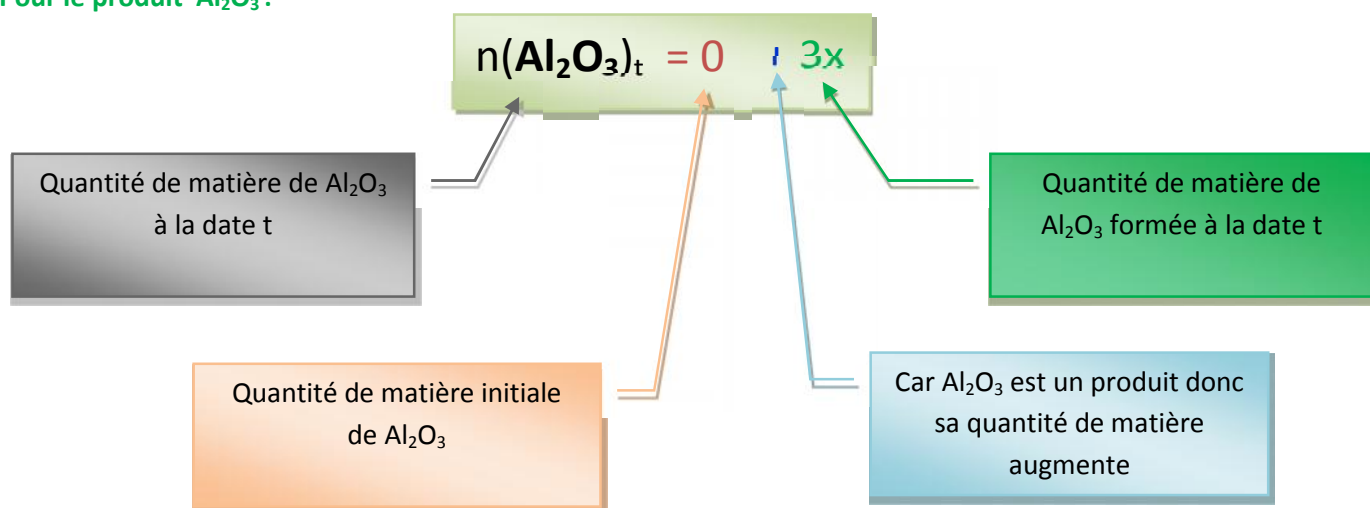


**Pour le réactif O<sub>2</sub> :**

Quantité de matière initiale de O<sub>2</sub>:

$$n(\text{O}_2)_i = n(\text{O}_2)_0 = \frac{v(\text{O}_2)}{V_M}$$

**Pour le produit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> :**



## 2- $x_{\max}$ et réactif limitant :

La réaction, supposée totale, ne s'arrêtera qu'en l'absence d'au moins un réactif : **le réactif ayant totalement disparu en fin de réaction est nommé réactif limitant.**

Tant qu'on ne connaît pas lequel est le réactif limitant, on va faire la supposition suivante :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si l'aluminium Al est le réactif limitant, on aura :} \\ n(\text{Al})_f = 0 \Leftrightarrow n(\text{Al})_0 - 4x_{\max} = 0 \Leftrightarrow 0,2 - 4x_{\max} = 0 \Leftrightarrow x_{\max} = \frac{0,2}{4} = \mathbf{0,050 \text{ mol}} \\ \\ \text{Si le dioxygène O}_2 \text{ est le réactif limitant, on aura :} \\ n(\text{O}_2)_f = 0 \Leftrightarrow n(\text{O}_2)_0 - 3x_{\max} = 0 \Leftrightarrow 0,25 - 3x_{\max} = 0 \Leftrightarrow x_{\max} = \frac{0,25}{3} = \mathbf{0,083 \text{ mol}} \end{array} \right.$$

D'où  $x_{\max} = 0,05 \text{ mol}$  car lorsque  $x$  atteint cette valeur la quantité d'aluminium est totalement consommée par la réaction et la réaction s'arrête donc **l'aluminium Al est le réactif limitant ou réactif en défaut.**

## 3-la composition molaire finale du mélange :

Equation chimique		4Al	+ 3O <sub>2</sub>	→	2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Etats du système	Avancement	Quantités de matière correspondantes			
Etat initial (à t=0)	0	0,20	0,25		0
En cours de transformation (t>0)	x	0,20 - 4x	0,25 - 3x		2x
Etat final (à la fin de la réaction)	$x_{\max} = 0,05$	0	0,10		0,10

Le bilan de matière à l'état final peut s'écrire :

il a été produit 0,1 mol de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

il reste 0,1 mol de dioxygène O<sub>2</sub>.

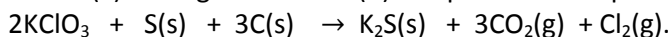
La quantité d'aluminium a été totalement consommée par la réaction.

## 2-Généralisation :

Equation chimique		aA	+ bB	→	cC	+ dD
Etats du système	Avancement	Quantités de matière correspondantes				
Etat initial (à t=0)	0	$n(\text{A})_i$	$n(\text{B})_i$		$n(\text{C})_i$	$n(\text{D})_i$
En cours de transformation (t>0)	x	$n(\text{A})_i - ax$	$n(\text{B})_i - bx$		$n(\text{C})_i + cx$	$n(\text{D})_i + dx$

Exercice : Feux de Bengale.

Un artificier veut préparer un feu de Bengale rouge. Il mélange 125 g de chlorate de potassium (KClO<sub>3</sub>), 16 g de soufre (S) et 20 g de carbone (C). L'équation chimique modélisant la transformation est la suivante :



Calculer la quantité de matière de chacun des réactifs. On donne  $M(\text{K})=39 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $M(\text{Cl})=35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $M(\text{S})=32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,  $M(\text{O})=16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  et  $M(\text{C})=12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,

Construire le tableau récapitulatif de la transformation en précisant la valeur maximale de l'avancement et le réactif limitant ainsi que les quantités de matière des produits formés, sachant que cette réaction est totale.

Calculer la masse de carbone ayant réagi.

Calculer le volume total occupé par les gaz.