

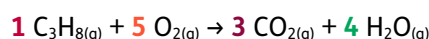
## Objectifs

- Décrire qualitativement l'évolution des quantités de matière des espèces chimiques lors d'une transformation.
- Établir le tableau d'avancement d'une transformation chimique à partir de l'équation de la réaction et des quantités de matière initiales des espèces chimiques.
- Déterminer la composition du système dans l'état final en fonction de sa composition initiale pour une transformation considérée comme totale.
- Déterminer l'avancement final d'une réaction à partir de la description de l'état final et comparer à l'avancement maximal.

## 1. Notion d'avancement

- L'équation bilan d'une réaction indique les proportions stœchiométriques dans lesquelles réactifs et produits réagissent.

↳ Ici, l'exemple de la combustion du propane :



- Le tableau d'avancement permet l'étude d'un cas particulier de cette réaction.

↳ On souhaite étudier la combustion de 10 mol. de propane avec 10 mol. de dioxygène. Les produits ne sont pas présents au départ, il y a 0 mol. de dioxyde de carbone et 0 mol. d'eau.

La première ligne du tableau indique les quantités de matières lorsque la réaction n'a pas débuté, c'est l'état initial :

| Unité : mol. |      | 1 C <sub>3</sub> H <sub>8(g)</sub> | + | 5 O <sub>2(g)</sub> | → | 3 CO <sub>2(g)</sub> | + | 4 H <sub>2</sub> O <sub>(g)</sub> |
|--------------|------|------------------------------------|---|---------------------|---|----------------------|---|-----------------------------------|
| État initial | x= 0 | 10                                 |   | 10                  |   | 0                    |   | 0                                 |

- L'avancement molaire est noté « x » et correspond à la variation des quantités de matière des espèces dont le coefficient stœchiométrique est 1. L'avancement s'exprime en moles.

La deuxième ligne du tableau indique les variations des quantités de matières lorsque la réaction se déroule, c'est l'état intermédiaire :

↳ La disparition d'un réactif se traduit par le signe « - » Le réactif est consommé proportionnellement à son coefficient stœchiométrique.

↳ L'apparition d'un produit se traduit par le signe « + » Le produit apparaît proportionnellement à son coefficient stœchiométrique.

| Unité : mol.       |      | 1 C <sub>3</sub> H <sub>8(g)</sub> | + | 5 O <sub>2(g)</sub> | → | 3 CO <sub>2(g)</sub> | + | 4 H <sub>2</sub> O <sub>(g)</sub> |
|--------------------|------|------------------------------------|---|---------------------|---|----------------------|---|-----------------------------------|
| État initial       | x= 0 | 10                                 |   | 10                  |   | 0                    |   | 0                                 |
| État intermédiaire | x    | 10 - 1 x                           |   | 10 - 5 x            |   | 0 + 3 x              |   | 0 + 4 x                           |

## 2. État final

• Il arrive que la réaction s'arrête, lorsque l'un des réactifs est totalement consommé. Il s'agit du réactif en défaut (ou réactif limitant)

↳ Comme la quantité de réactif en défaut est nulle lorsque la réaction s'arrête, on peut déterminer l'avancement maximal  $x_{\max}$  de la transformation. Deux cas sont possibles :

| Hypothèse 1 : Propane en défaut   | Hypothèse 2 : Dioxygène en défaut  |
|---|--|
| À l'état final : $10 - 1 x_{\max1} = 0$   | À l'état final : $10 - 5 x_{\max2} = 0$  |
| $x_{\max1} = 10$ mol.   | $x_{\max2} = 2$ mol.   |
| Cette hypothèse n'est pas la bonne car $x_{\max1} > x_{\max2}$<br>Il reste du propane en fin de réaction. | Cette hypothèse est retenue car $x_{\max2} < x_{\max1}$<br>Le dioxygène est en défaut. |

↳ On complète la dernière ligne du tableau qui décrit l'état final, en utilisant l'hypothèse retenue :

| Unité : mol.       |                                   | 1 C <sub>3</sub> H <sub>8(g)</sub> | + | 5 O <sub>2(g)</sub>           | → | 3 CO <sub>2(g)</sub>         | + | 4 H <sub>2</sub> O <sub>(g)</sub> |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---|-------------------------------|---|------------------------------|---|-----------------------------------|
| État initial       | $x = 0$                           | 10                                 |   | 10                            |   | 0                            |   | 0                                 |
| État intermédiaire | $x$                               | $10 - 1 x$                         |   | $10 - 5 x$                    |   | $0 + 3 x$                    |   | $0 + 4 x$                         |
| État final         | $x_{\text{final}} = x_{\max} = 2$ | $10 - 1 x_{\text{final}} = 8$      |   | $10 - 5 x_{\text{final}} = 0$ |   | $0 + 3 x_{\text{final}} = 6$ |   | $0 + 4 x_{\text{final}} = 8$      |

**Dans cette situation, l'état final est identique à l'état maximal :  $x_{\text{final}} = x_{\max}$ . On dit que la réaction est totale.**

## 3. État final différent de l'état maximal

• Cependant le plus souvent, on observe que le système cesse d'évoluer lorsqu'il atteint un état différent de l'état maximal.

↳ Ainsi, lors de la réaction d'une mol. d'ions fer(II) avec une mol. d'ions argent, on observe un état final différent de l'état maximal.

| Unité : mol.         |                          | Fe <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub> | + | Ag <sup>+</sup> <sub>(aq)</sub> | ⇌ | Fe <sup>3+</sup> <sub>(aq)</sub> | + | Ag <sub>(s)</sub> |
|----------------------|--------------------------|----------------------------------|---|---------------------------------|---|----------------------------------|---|-------------------|
| État initial         | $x = 0$                  | 1,0                              |   | 1,0                             |   | 0                                |   | 0                 |
| État intermédiaire   | $x$                      | $1,0 - x$                        |   | $1,0 - x$                       |   | $x$                              |   | $x$               |
| État final Observé   | $x_{\text{final}} = 0,6$ | 0,4                              |   | 0,4                             |   | 0,6                              |   | 0,6               |
| État maximal Calculé | $x_{\max} = 1$           | 0                                |   | 0                               |   | 1,0                              |   | 1,0               |

**Dans cette situation, l'état final est différent de l'état maximal :  $x_{\text{final}} < x_{\max}$ . La réaction n'est plus totale, il s'agit d'un équilibre où les réactifs et les produits sont présents simultanément.**