

Bilan de matière

Au cours du chapitre précédent nous avons vu comment décrire une transformation chimique. Au cours de ce dernier chapitre de chimie nous allons voir comment on peut calculer de manière théorique toutes les quantités de matière qui interviennent au cours de cette transformation.

Ce chapitre est fondamental pour la classe de première S car la presque totalité du programme de chimie y fera référence.

1. Le système pendant la transformation

1.1. Situation d'étude

Nous allons au cours de ce chapitre travailler sur la transformation vue en TP et symbolisée par l'équation chimique :



On a vu en TP que selon les quantités de matière introduites à l'état initial on obtient des résultats différents.

Afin d'expliquer cela, on va introduire un nouvel outil : l'avancement chimique.

1.2. Notion d'avancement

L'avancement est la quantité de matière ayant réagi au cours de la transformation.

On le note x et son unité est la mole.

On va créer un tableau s'appuyant sur l'équation chimique et indiquant dans la première ligne la quantité de matière à l'état initial et dans la seconde la quantité de matière au cours de la transformation chimique.

| | $\text{NaHCO}_3 (\text{s}) +$ | $\text{AH} (\text{aq}) \longrightarrow$ | $\text{CO}_2 (\text{g}) +$ | $\text{NaA} (\text{aq}) +$ | $\text{H}_2\text{O} (\text{l})$ |
|------|--|--|--|--|---------------------------------|
| E.I. | $n (\text{NaHCO}_3 , i)$ | $n (\text{AH} , i)$ | $n (\text{CO}_2 , i)$ | $n (\text{NaA} , i)$ | * |
| T.C. | $n (\text{NaHCO}_3) =$ $n (\text{NaHCO}_3 , i) - x$ | $n (\text{AH}) =$ $n (\text{AH} , i) - x$ | $n (\text{CO}_2) =$ $n (\text{CO}_2 , i) + x$ | $n (\text{NaA}) =$ $n (\text{NaA} , i) + x$ | * |

2. Etat final d'un système chimique

2.1. Avancement maximal

La valeur de l'avancement lorsque le système a atteint l'état final (c'est à dire lorsque la transformation est finie) est appelé avancement maximal et se note x_{\max} .

Il faut donc rajouter une ligne au tableau d'avancement pour indiquer l'état final :

| | $\text{NaHCO}_3(\text{s}) +$ | $\text{AH}(\text{aq}) \longrightarrow$ | $\text{CO}_2(\text{g}) +$ | $\text{NaA}(\text{aq}) +$ | $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ |
|------|---|---|---|---|--------------------------------|
| E.I. | $n(\text{NaHCO}_3, i)$ | $n(\text{AH}, i)$ | $n(\text{CO}_2, i)$ | $n(\text{NaA}, i)$ | * |
| T.C. | $n(\text{NaHCO}_3) =$ $n(\text{NaHCO}_3, i) - x$ | $n(\text{AH}) =$ $n(\text{AH}, i) - x$ | $n(\text{CO}_2) =$ $n(\text{CO}_2, i) + x$ | $n(\text{NaA}) =$ $n(\text{NaA}, i) + x$ | * |
| E.F. | $n(\text{NaHCO}_3, f) =$ $n(\text{NaHCO}_3, i) - x_{\max}$ | $n(\text{AH}, f) =$ $n(\text{AH}, i) - x_{\max}$ | $n(\text{CO}_2, f)$ $n(\text{CO}_2, i) + x_{\max}$ | $n(\text{NaA}, f) =$ $n(\text{NaA}, i) + x_{\max}$ | * |

2.2. Réactif limitant

Le réactif limitant est le réactif qui vient à manquer et qui empêche la transformation de se poursuivre.

Dire qu'un réactif est le réactif limitant revient à dire que sa quantité de matière à l'état final est nulle.

Dans la situation 1 du TP on a vu que le réactif limitant est l'acide alors que dans la situation 2 c'est l'hydrogénocarbonate de sodium qui l'est.

Le réactif limitant dépend donc des quantités de matière qui sont introduites à l'état initial.

3. Conception et exploitation d'un tableau d'avancement

Reprenons la situation 1.

On va construire le tableau et le remplir en indiquant les quantités de matière utilisées pendant le TP. Puis on s'en servira pour déterminer de manière théorique le réactif limitant.

Dans la pratique, il n'est pas obligatoire de faire la ligne du tableau faisant référence à la transformation chimique, on peut se contenter de faire figurer l'état initial et l'état final.

| | $\text{NaHCO}_3(\text{s}) +$ | $\text{AH}(\text{aq}) \longrightarrow$ | $\text{CO}_2(\text{g}) +$ | $\text{NaA}(\text{aq}) +$ | $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ |
|------|---------------------------------|--|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| E.I. | $5,95 \cdot 10^{-2}$ | $1,0 \cdot 10^{-2}$ | 0 | 0 | * |
| E.F. | $5,95 \cdot 10^{-2} - x_{\max}$ | $1,0 \cdot 10^{-2}$ | x_{\max} | x_{\max} | * |

D'après ce tableau il y a deux possibilités : soit l'acide est le réactif limitant, soit c'est l'hydrogénocarbonate de sodium qui l'est.

Si l'hydrogénocarbonate de sodium est le réactif limitant alors : $n(\text{NaHCO}_3, f) = 0$ soit $x_{\max} = 5,95 \cdot 10^{-2}$ mol.

Si l'acide est le réactif limitant alors : $n(\text{AH}, f) = 0$ soit $x_{\max} = 1,0 \cdot 10^{-2}$ mol.

Il y a donc théoriquement deux possibilités. La bonne correspond toujours au plus petit des avancements calculés, soit dans ce cas $x_{\max} = 1,0 \cdot 10^{-2}$ mol et le réactif limitant est donc l'acide.

Remarque : on retrouve bien le même réactif limitant que celui trouvé expérimentalement.

Exercice : faire de même pour la situation 2.

Exercice 9 page 170