

Chapitre 3 : Évolution d'un système physico-chimique

Comme nous essayons de le faire à chaque nouveau thème étudié cette année, nous commençons par définir le cadre théorique du ou des modèles que nous allons utiliser par la suite.

Nous chercherons ainsi à étudier les transformations équilibrées qui, *in fine*, sont les transformations réelles les plus courantes.

QUESTION

I - Transformation de la matière

A États physiques de la matière

① État solide

À l'échelle macroscopique

À l'échelle microscopique

⚠ Remarque importante :

Cette description microscopique décrit surtout les **solides cristallins**. Ce sont les solides les plus ordonnés, qui forment des cristaux géométriques (nous les aborderons plus en profondeur dans le chapitre de cristallographie). Il existe en outre d'autres types de solides :

Remarque :

2 État liquide

À l'échelle macroscopique

À l'échelle microscopique

3 État gazeux

À l'échelle macroscopique

À l'échelle microscopique

4 Transition entre états**B** Transformations**DÉFINITION**

Transformation :

① Transformations physiques

DÉFINITION

Transformation physique :

Exemple :

Remarque :

② Transformations chimiques

DÉFINITION

Transformations chimiques :

Remarque :

Exemples :

③ Transformations nucléaires

II - Description d'un système physico-chimique

DÉFINITION

Constituant physico-chimique :

Système physico-chimique :

Phase :

Rappel :

DÉFINITION

Grandeur intensive :

Grandeur extensive :

A Outils de description d'un corps pur sous une phase

1 Cas général

GRANDEURS EXTENSIVES UTILES

GRANDEURS INTENSIVES UTILES

Remarque :

2 Cas particulier des gaz

Pour décrire un gaz, on utilise souvent :

MODÈLE DU GAZ PARFAIT

LOI DES GAZ PARFAITS

DÉFINITION

Volume molaire :

APPLICATION DIRECTE N°1

- 1/ Quelle est la valeur de la masse volumique de l'air dans les conditions usuelles de température (25°C) et de pression (1,013 bar pour la pression atmosphérique) ?
- 2/ Calculer le volume molaire de l'air dans les conditions usuelles de température et de pression. Même question pour les conditions **normales** de température (0°C) et de pression (pression atmosphérique).

B Outils additionnels pour la description de la composition d'un mélange

① Cas général

DÉFINITION

Fraction molaire :

Remarques :

2 Cas des gaz**DÉFINITION**

Pression partielle :

Remarque :**3** Cas des solutions**DÉFINITION**

Solution :

Soluté :

Solvant :

III - Transformation chimique

A Modélisation d'une transformation chimique

RÉACTION CHIMIQUE

Exemple :

ÉQUATION-BILAN

Exemple :

Remarques :

B Avancement de la réaction**DÉFINITION**

Avancement molaire :

Remarque :**MÉTHODE : TABLEAU D'AVANCEMENT**

- 1/ Écrire la composition du système à $t = 0$.
- 2/ Choisir l'état auquel on souhaite écrire la composition du système : état final ou intermédiaire.
- 3/ Écrire la composition du système à cet état. La quantité :
 - Des réactifs **diminue** d'une quantité égale à ξ multiplié par ν_i
 - Des produits **augmente** d'une quantité égale à ξ multiplié par ν_i
- 4/ Lorsque une ou plusieurs espèces sont des gaz, on rajoute une colonne "Quantité de matière de gaz".

APPLICATION DIRECTE N°2

On place dans un réacteur 3 mol de méthane, 18 mol d'eau et 1 mol de dihydrogène.
Quelle est la composition du système lorsque $n_{\text{H}_2} = 4$ mol ?

Remarque :

C Quotient de réaction

DÉFINITION

Activité chimique :

Soit une réaction chimique représentée par une équation :

DÉFINITION

Quotient de réaction :

Remarque :

APPLICATION DIRECTE N°3

Donner l'expression du quotient de réaction associé aux réactions suivantes :

1/ Réaction de vapocraquage.

2/ $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) = \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

3/ $2\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{ClO}^-(\text{aq}) = \text{Cl}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\ell)$

4/ $\text{NaCl}(\text{s}) = \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

D Équilibre chimique

On considère qu'un système est à l'**équilibre** si aucune modification n'est mesurable à l'échelle macroscopique.

LOI DE GULDBERG ET WAAGE / LOI D'ACTION DE MASSE

① Critère d'évolution spontanée

MÉTHODE : PRÉVOIR LE SENS D'ÉVOLUTION D'UNE RÉACTION

1/ Comparer la valeur du quotient de réaction $Q_{r,i}$ à l'instant initial et K° la constante d'équilibre.

2/ \rightsquigarrow Si $Q_{r,i} < K^\circ$: le système va dans le sens

\rightsquigarrow Si $Q_{r,i} > K^\circ$: le système va dans le sens

\rightsquigarrow Si $Q_{r,i} = K^\circ$: le système

APPLICATION DIRECTE N°4

À $T = 900^\circ\text{C}$ et $P = 10$ bar, la constante d'équilibre du vapocraquage du méthane vaut $K^\circ = 10,6 \cdot 10^3$.

On insère $n_1 = 4$ mol de méthane, $n_2 = 8$ mol d'eau, $n_3 = 6$ mol de monoxyde de carbone et $n_4 = 2$ mol de dihydrogène. Dans quel sens la réaction se produira-t-elle ?

② Cas particulier d'un système hétérogène

Pour des systèmes homogènes, Q_r tend toujours vers K° jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint.

Exemple :

③ Relations entre constantes d'équilibre

Certaines équations-bilan se déduisent d'autres par combinaisons linéaires. Leurs constantes d'équilibre sont liées ainsi :

E Différents types de réactions

La valeur de K° ne dit rien sur le sens effectif d'évolution d'une réaction. Elle donne seulement une information sur le fait que la réaction soit **thermodynamiquement favorisée** dans le sens direct ou indirect.

1 Réactions totales

DÉFINITION

Réaction (quasi) totale :

UTILISATION D'UNE RÉACTION TOTALE

- Si une réaction est totale, elle s'arrête lorsqu'au moins un des réactifs a disparu : on l'appelle **réactif limitant**. C'est lui qui impose la valeur de ξ_{\max} .

Remarque :

APPLICATION DIRECTE N°5

On considère une réaction entre le magnésium solide et le dioxyde de soufre gazeux qui produit de l'oxyde de magnésium solide. On introduit $m_1 = 2$ g de magnésium dans un glaçon de dioxyde de soufre de volume $V = 1,5$ L.

On donne : $M_O = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M_S = 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M_{Mg} = 24,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $V_{m,SO_2} = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

La réaction est totale : Quel est le réactif limitant ? Quelle est la composition finale du système ?

2 Réactions nulles

DÉFINITION

Réaction nulle :

Remarque :

3 Réactions équilibrées

DÉFINITION

Réaction équilibrées :

Remarque :