

## Chapitre 2 : Concepts fondamentaux

### I) Notions préliminaires :

#### 1) Fraction molaire :

$$x_i = n_i / n_t$$

$x_i$  : fraction molaire d'un constituant  $i$  ou le pourcentage molaire (x %)

$n_i$  : nombre de mole de constituant  $i$

$n_t$  : nombre de mole total du mélange

#### 2) Fraction massique :

$$w_i = m_i / m_t$$

$w_i$  : fraction massique d'un constituant  $i$  ou le pourcentage massique (w %)

$m_i$  : la masse du constituant  $i$

$m_t$  : la masse totale du mélange

#### - Propriétés :

$$\sum_1^n x_i = 1, \sum_1^n w_i = 1$$

#### 3) Passage de la fraction molaire à la fraction massique :

Soit un mélange de deux composants A et B de titre molaire  $X_A$  et  $X_B$

Soit  $M_A$  la masse molaire de A et  $M_B$  la masse molaire de B

$$X_A = n_A / n_{\text{total}} \rightarrow n_A = n_{\text{total}} \cdot X_A$$

$$m_A = n_A \cdot M_A = n_{\text{total}} \cdot X_A \cdot M_A$$

$$X_B = n_B / n_{\text{total}} \rightarrow n_B = n_{\text{total}} \cdot X_B$$

$$m_B = n_B \cdot M_B = n_{\text{total}} \cdot X_B \cdot M_B$$

$$W_A = m_A / (m_A + m_B) \rightarrow$$

$$W_A = \frac{X_A \times M_A}{X_A \times M_A + X_B \times M_B}$$

#### 4) Passage de la fraction massique à la fraction molaire :

Soit un mélange de deux composants A et B de titre massique  $W_A$  et  $W_B$

$$W_A = m_A / m_{\text{total}} \rightarrow m_A = m_{\text{total}} \cdot W_A$$

$$W_B = m_B / m_{\text{total}} \rightarrow m_B = m_{\text{total}} \cdot W_B$$

$$n_A = m_A / M_A = (m_{\text{total}} \cdot W_A) / M_A$$

$$n_B = m_B/M_B = (m_{\text{total}} \cdot W_B) / M_B$$

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

$$X_A = \frac{\frac{W_A}{M_A}}{\frac{W_A}{M_A} + \frac{W_B}{M_B}}$$

### 5) Débit molaire et débit massique :

$$x_i = Q_i/Q_t \quad , \quad w_i = Q_i/Q_t$$

Q : débit molaire ou massique

### II) Qu'est ce qu'un bilan de matière :

Pour un procédé et pour une quantité de produit à fabriquer, le bilan de matière est la connaissance des débits à l'entrée et à la sortie de chaque OPU.

- Bilan sur chaque OPU ou bilan total sur tout le procédé.
- Bilan partiel sur un constituant ou bilan global sur tous les constituants.

### III) Qu'est ce qu'un bilan enthalpique :

C'est le bilan des quantités de chaleur à apporter ou à soutirer au niveau de chaque OPU, ou au niveau du procédé complet.

**Exemple :** si la réaction est exothermique, il faut soutirer en continu la chaleur dégagée pour stabiliser la température.

### IV) A quoi servent les bilans :

- Les bilans servent à calculer l'ensemble des données **pour dimensionner une installation.**

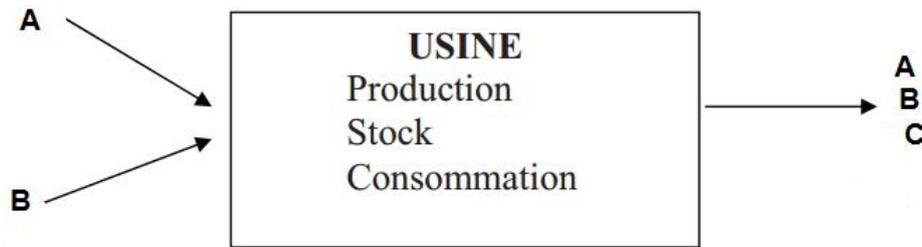
Pour concevoir une installation, il faut avoir :

- Les dimensions du réacteur
- Les capacités des pompes
- La hauteur et le diamètre d'une colonne
- Etablir les bilans sert également à optimiser une installation existante.

Repérer les pertes de chaleur, optimiser l'utilisation des produits, vérifier le bon fonctionnement des capteurs.....

**Exemple de bilan de matière : usine**

Un fournisseur livre toutes les heures 10 produits A et 15 produits B à l'entrée d'une usine. Dans cette entreprise, par un procédé, on y fabrique des produits C. Par heure, 4 produits A et 2 produits B permettent de produire 3 produits C. Par ailleurs, on met en réserve 1 produits A, 1 produits B et 1 produits C par heure. Combien de produits A, de produits B et de produits C sortent de l'usine par heure ?

**Bilan partiel sur les produits A :**

Entrée = stock + réaction + sortie → Sortie = Entrée – stock – réaction → Sortie = 10 – 1 – 4  
Sortie = 5 produits A /heure

**Bilan partiel sur les produits B :**

Entrée = stock + réaction + sortie → Sortie = Entrée – stock – réaction → Sortie = 15 – 1 – 2  
Sortie = 12 produits B /heure

**Bilan partiel sur les produits C :**

Production = stock + sortie → Sortie = 3 - 1  
Sortie = 2 produits C /heure

**Conclusion :**

Bilan total : 15 + 10 – 1 – 1 – 1 – 4 - 2 + 3 = 19 unités / heure

$$\text{Entrée} \pm \text{réaction} = \text{Sortie} + \text{Stock}$$

**V) Comment établit-on ces bilans :**

Le raisonnement doit suivre les étapes suivantes :

**1) Définir toutes les données du problème**

- Espèces (réactifs, produits, inertes...)
- Courants (flux entrée/sortie d'un procédé ou d'une OPU)
- Température et chaleur échangée pour les bilans enthalpiques

**2) Faire le bilan des données connues**

Tenir compte des données du problème (alimentation et sortie du procédé).

**3) Découper l'installation en différents éléments de base sur lesquels effectuer des bilans.**

On détermine alors des équations, il doit y avoir autant d'équations que d'inconnues.

**Bilan :**

$$\text{Entrée} + \text{Source} = \text{Sortie} + \text{Accumulation}$$

**Equations :**

- Bilan sur chaque constituant + bilan total sur tous les constituants
- Bilan sur chaque OPU + bilan sur tout le procédé

**Remarque :** En général, on commence par faire un bilan sur tout le procédé.

**4) Résoudre le système****VI) Conclusions :**

De façon générale, le bilan sur un constituant A, sur une OPU ou un procédé s'écrit :

$$(\text{Débit de A})_{\text{entrée}} + (\text{Source de A}) = (\text{Accumulation de A}) + (\text{Débit de A})_{\text{sortie}}$$

**LOI DE LAVOISIER**

**Remarques :** le terme source est lié à la présence d'une réaction (OPU = réacteur)

- source > 0 si le constituant A est produit (A = produit par la réaction)
- source < 0 si le constituant A est consommé (A = réactif dans la réaction)
- source = 0 si le constituant A n'intervient pas dans la réaction (A = inerte)

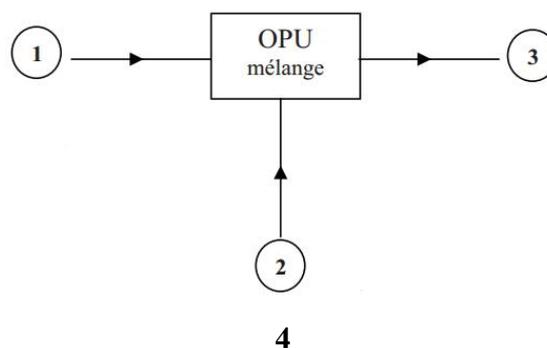
**Cas particulier :** en régime permanent (pas d'accumulation de matière) et en absence de réaction chimique, le bilan sur un constituant s'écrit :

$$\text{Débit d'entrée} = \text{Débit de sortie}$$

Régime permanent  $\longrightarrow$  Accumulation = 0

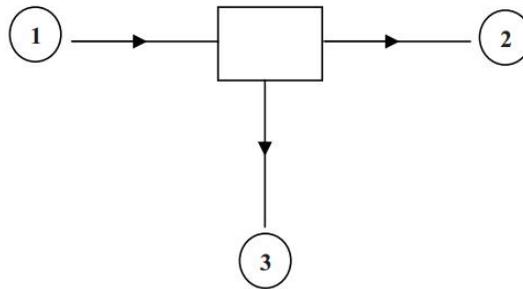
**VII) Les différents types de nœuds :****1- Mélange :**

But de l'OPU : mise en commun des deux entrées



Dans chaque courant, il y a des constituants  $i$  ( $i = A, B, \dots$ )

**2- Division (nœud simple, distillation ou séparation) :**



Dans chaque courant, il y a des constituants  $i$  ( $i = A, B, \dots$ )

- Bilan sur tous les constituants :  $F^1 = F^2 + F^3$
- Bilan par constituant :  $F_i^1 = F_i^2 + F_i^3$  càd  $x_i^1 F^1 = x_i^2 F^2 + x_i^3 F^3$