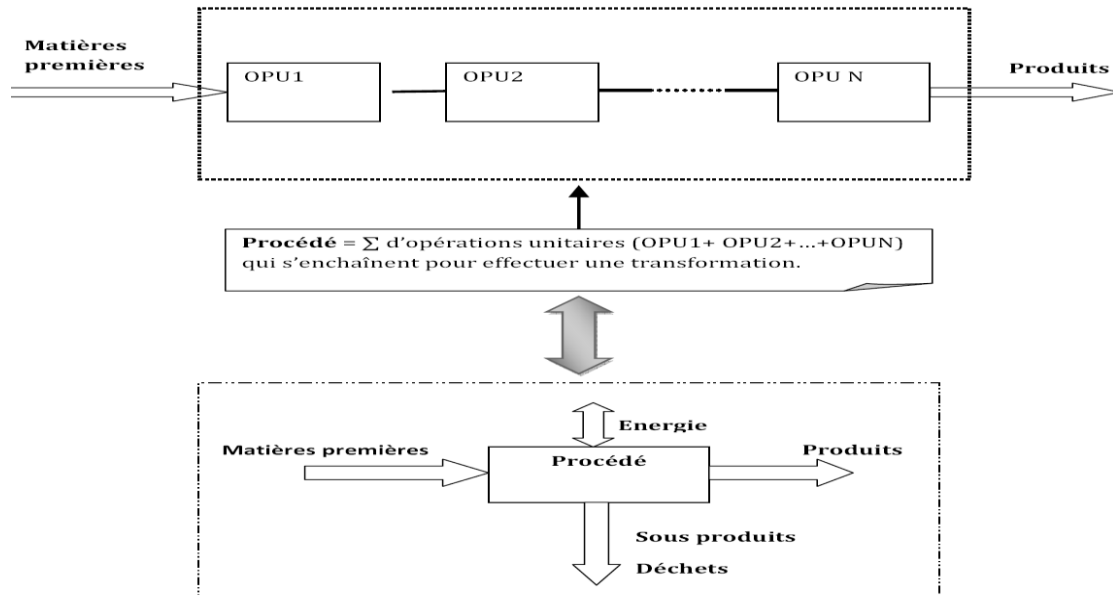


I.1. Qu'est ce qu'un procédé

Un procédé est l'ensemble d'opérations unitaires permettant la transformation de matières premières ou des réactifs en produits et/ou sous produits.



I.2. Opérations unitaires

Dans un procédé industriel, on distingue généralement les réacteurs dans les quels se déroulent les réactions chimique et les opérations unitaires de séparation destiné a séparer et purifier les constituants d'un mélange



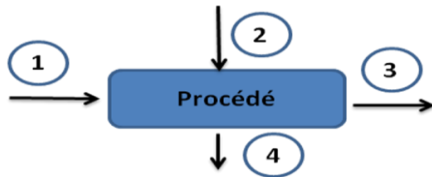
I.3. Les principales opérations unitaires sont:

- ✓ **Extraction liquide/liquide:** séparation des liquides miscibles
- ✓ **Tamissage :** triage de particules solides selon leurs granulométries.
- ✓ **Filtration :** séparation des particules solides à partir d'un liquide ou d'un gaz.
- ✓ **Séchage :** récupération de l'humidité ou d'autres liquides d'un solide par évaporation ou d'autres moyens.
- ✓ **Distillation :** séparation des liquides miscibles de densités différentes par évaporation.

- ✓ **Absorption** : transfert d'un soluté gazeux vers une phase liquide.
- ✓ **Adsorption** : fixation de molécules liquides ou gazeuse sur une surface solides.

I.4. Flux d'un procédé

Un flux d'un procédé (appelé aussi ligne ou courant d'un procédé) exemple (1,2,3 et 4) .C'est un déplacement de matière et/ou énergie caractérisé par une origine ,une destination et un trajet.



Chaque flux est caractérisé par une quantité de matière ou chaleur donné(e) ou à déterminer. On peut trouver aussi des masses, des volumes, des concentrations, des débits, etc. Tout dépend des données du procédé à étudier.

I.5.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.

I.6.Bilan thermique

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

I.7. A quoi servent le bilan

Les bilans servent à calculer l'ensemble des données pour dimensionner et optimiser 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
- Repérer les pertes de chaleur, optimiser l'utilisation des produits, vérifier le bon fonctionnement des capteurs.....

I.8.Chiffres significatifs

- **Notation scientifique:** seuls les chiffres significatifs sont représentés.

Les nombres peuvent être écrits de manière à faire apparaître les chiffres significatifs.

- **Avec décimales :** compter depuis le premier chiffre non nul à gauche jusqu'au dernier chiffre à droite.

Exemple:

4.0500 $\longrightarrow$ 5 chiffres significatifs

0.0012 $\longrightarrow$ 2 chiffres significatifs

0.002300 $\longrightarrow$ 4 chiffres significatifs

3.68 $\longrightarrow$ 3 chiffres significatifs

- **Sans décimales :** compter depuis le premier chiffre **non nul** à gauche jusqu'au dernier chiffre **non nul** à droite.

Exemples

4500 $\longrightarrow$ 2 chiffres significatifs

34001 $\longrightarrow$ 5 chiffres significatifs

06704 $\longrightarrow$ 4 chiffres significatifs

09810 $\longrightarrow$ 3 chiffres significatifs

I .8.1.Multiplication et division

Le nombre de chiffres significatifs de votre Résultat doit être égale au nombre de chiffres significatifs du terme multiplié ou divisé qui en comporte le moins

Exemple

$$3 \times 9,81 = 29,43$$

Mais on conserve qu'un seul chiffre significatif, Alors le résultat doit être 30

I.8.2.Addition et soustraction

Le résultat de l'opération dépend du **nombre de chiffres significatifs après la virgule.**

Parmi les résultats de mesures, considérer celui qui possède le plus petit nombre de chiffres significatifs après la virgule

$$S = 4,33 + 450,321 \quad (n = 2) \quad \text{alors } S = 454,651 \text{ arrondi à } \mathbf{454,65}$$

I.9. Variables de procédé

Dans un procédé, les courants de matière sont caractérisés par des variables de différentes natures (débits volumiques, températures, pression, compositions, pH, conductivité électrique, etc.)

Nous résumons dans le tableau I.1, les différentes variables de bilan avec leurs symboles et unités en S.I.

Tableau I.1 : les différentes variables de bilan

en masse						
quantité	masse	débit massique	fraction massique	enthalpie spécifique	chaleur, travail	débit de chaleur
symbole	m	$\dot{m}$	w	$\hat{H}$	Q	$\dot{Q}$
unité	kg	$kg \cdot s^{-1}$	-	$J \cdot kg^{-1}$	J	W
en mole						
quantité	nombre de moles	débit molaire	fraction molaire	enthalpie molaire	chaleur, travail	débit de chaleur
symbole	n	$\dot{n}$	x	$\bar{H}$	Q	$\dot{Q}$
unité	$kmole$	$kmole \cdot s^{-1}$	-	$J \cdot kmol^{-1}$	J	W

Dans le cas du bilan d'énergie, en plus de la cohérence du système d'unité, il est nécessaire d'utiliser le même système de référence pour l'enthalpie, et particulièrement pour les systèmes réactionnels.

Le passage des variables primaires aux variables de bilans est une étape essentielle avant l'écriture des équations de bilans. Par exemple des grandeurs de composition autres que les fractions massiques/molaires sont considérées comme des variables primaires qu'il faut savoir convertir en fractions. Nous donnons dans le tableau I.2 quelques relations entre ces différentes grandeurs. Mais commençons d'abord par ces définitions et notation.

A_k : le constituant de rang k du mélange, de masse molaire M_k

m : la masse totale du mélange $[kg]$, m_k la masse du constituant A_k dans le mélange $[kg]$.

n : Le nombre de moles total du mélange, n_k le nombre de moles de A_k dans le mélange.

V : le volume du mélange $[m^3]$, ρ sa masse volumique $[kg \cdot m^{-3}]$, avec $m = \rho V$

on a par définition :

fraction massique de A_k : $w_k = \frac{m_k}{m} [-]$, fraction molaire de A_k : $x_k = \frac{n_k}{n} [-]$

Avec $\sum_k w_k = \sum_k x_k = 1$

Masse volumique partielle de A_k : $\rho_k = \frac{m_k}{V} [kg \cdot m^{-3}]$

Concentration molaire volumique de A_k : $c_k = \frac{n_k}{V} [kmol \cdot m^{-3}]$

Tableau I.2 : relations entre différentes grandeurs de composition

	en fonction de			
	w_k	x_k	ρ_k	c_k
$w_k =$	w_k	$\frac{M_k x_k}{\sum_h M_h x_h}$	$\frac{\rho_k}{\rho}$	$\frac{M_k c_k}{\rho}$
$x_k =$	$\frac{w_k}{M_k \sum_h w_h M_h^{-1}}$	x_k	$\frac{\rho_k}{M_k \sum_h \rho_h M_h^{-1}}$	$\frac{c_k}{\sum_h c_h}$
$\rho_k =$	ρw_k	$\frac{M_k x_k}{\sum_h M_h x_h} \rho$	ρ_k	$M_k c_k$
$c_k =$	$\frac{w_k}{M_k} \rho$	$\frac{\rho x_k}{\sum_h M_h x_h}$	$\frac{\rho_k}{M_k}$	c_k

Avec :

$\sum_h M_h x_h = \bar{M} \left(= \frac{1}{\sum_h \frac{w_h}{M_h}} \right)$: la masse molaire moyenne du mélange $[kg \cdot kmol^{-1}]$

$\sum_h c_k = \frac{\rho}{\bar{M}} = \frac{n}{V}$: la concentration molaire volumique du mélange $[kmol \cdot m^{-3}]$

I.10 .Classification des procédés

Avant d'écrire un bilan de matière, vous devez identifier le type de procédé concerné.

Discontinu : Dans les procédés discontinu, aucune matière n'entre ni ne sort du système pendant la période concernée (ex : chauffage d'une bouteille de lait scellée dans un bain thermostaté).

Continu : De la matière entre et sort en continu du procédé (ex : pompage de liquide à débit constant dans une colonne de distillation pour le soutirage des courants de produits en tête et en pied de la colonne).

Semi discontinu : tout procédé qui n'est ni discontinu ni continu (ex : remplissage d'un ballon de l'air, à un débit constant de 2 g/min.

Stationnaire : les variables du procédé (T, P, V, débits) ne varient pas dans le temps.

Transitoire : les variables du procédé varient dans le temps.