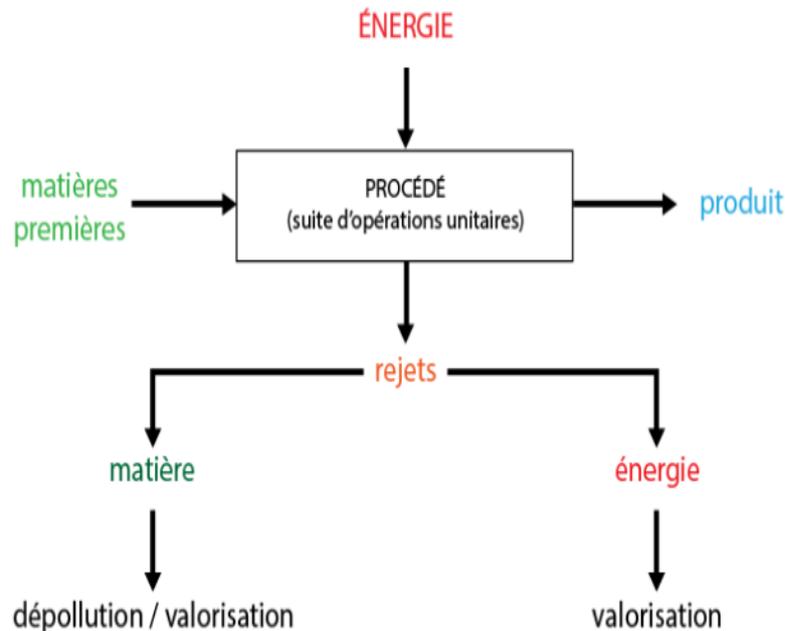


## Notions de base

### 1. Génie industriel alimentaire :

Le **GIA** est l'ensemble des sciences, des méthodes et des outils utilisés pour la mise en œuvre industrielle des procédés de transformation de matières premières en produits fonctionnels.



**Figure n°01** : Génie industriel alimentaire

**1.1 Opérations unitaires** : Toute production fait appel, qu'elle que soit l'échelle, à une suite coordonnée d'opérations fondamentales distinctes et indépendantes du procédé lui-même, appelées opérations unitaires

**1.2 Opérations unitaires séparatives** : absorption, adsorption, extraction, séchage, centrifugation, décantation, évaporation, distillation, rectification, cristallisation, dialyse, microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, osmose inverse etc.

Le génie des procédés s'intègre dans les secteurs suivants :

- industrie chimique ;
- industrie agro-alimentaire et bio-industries ;
- industrie pharmaceutique ;
- industries pétrolière et pétrochimique ;
- ingénierie et industries d'équipement ;
- environnement : traitement de l'eau, de l'air, des déchets ;
- industries diverses : métallurgie, textile, caoutchouc, verre, papier, ...

## 2. Régimes de fonctionnement des opérations industrielles

### 2.1 Opération discontinue : système fermé (opération batch)

**Tableau n°01 : Avantages et inconvénients d'opération discontinue**

| Avantages   | Inconvénients  |
|---|--|
| appareillage polyvalent                                 | des temps morts (remplissage, soutirage, préchauffage, ...)              |
| on peut traiter faibles quantités de matières premières | coût énergétique élevé (chauffage et refroidissement pour chaque charge) |
| rendement plus élevé                                    | un prix de production élevé  |

### 2.2 Opération continue : système à courants

**Tableau n° 02 : Avantages et inconvénients d'opération continue**

| Avantages  | Inconvénients   |
|--|---|
| besoin réduit en personnel                                 | coût des équipements (mesure, contrôle, automatisation : ~ 25 % de l'investissement)            |
| coût de production inférieur à celui d'une opération batch | nécessite une régularité dans la qualité de matières premières (composition, état physique,...) |
| production en quantité constante                           |   |

### 2.3 Opération semi-continue : système ouvert **Le scale-up** (le principe de similitude) :

Le scale-up est la méthodologie qui permet de passer d'une échelle petite à plus grande.

**Tableau n°03 : Principe d'opération semi-continue**

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| Laboratoire | Parallélisation<br>(multiplication)<br>$N = \frac{W_n}{W_0}$ | Production |
|             | Agrandissement<br>$\frac{W_n}{W_0} = \frac{L_n^3}{L_0^3}$    |            |
|             | Intensification  |            |

Où :

$N$  : Nombre d'unités

$W_n$  : Capacité de production nouvelle

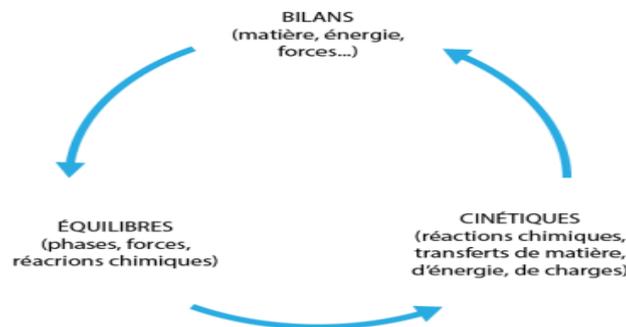
$W_0$  : Capacité de production initiale

$L_n$  : Longueur de l'unité de production nouvelle

$L_0$  : Longueur de l'unité de production initiale

Il n'est pas possible de conserver toutes ces similitudes (géométriques, hydrodynamiques, thermiques, chimiques, ...) constantes lors du scale-up/scale-down. Chaque scale-up sera spécifique au problème. Chaque situation nécessitera une solution « sur mesure ».

### 3. Concepts fondamentaux du génie des procédés :



**Figure n°02 :** Concepts fondamentaux du génie des procédés

### 4. Grandeurs et unités

La valeur d'une grandeur est généralement exprimée sous la forme du produit d'un nombre par une unité. L'unité n'est qu'un exemple particulier de la grandeur concernée, utilisé comme référence. Donc :

**\* Une grandeur est une dimension qui peut être estimée ou mesurée.**

**\* Une unité est une grandeur prise comme base de comparaison avec des grandeurs de même espèce.**

Par exemple, la vitesse  $v$  d'une particule peut être exprimée sous la forme  $v = 20 \text{ m/s}$ , vitesse = grandeur et  $\text{m/s}$  = unité, Le nombre (20) est le rapport entre la valeur de la grandeur en question et l'unité. Pour une grandeur particulière, on peut utiliser de nombreuses unités différentes. Par exemple la densité de flux thermique notée  $\phi$ ,  $\phi = \text{puissance } P \text{ (W)}/\text{surface } A \text{ (m}^2\text{)}$  donc  $\phi$  est exprimée  $\text{W/m}^2$ .

Il est nécessaire d'établir un système de grandeurs et une série d'équations définissant les relations entre ces grandeurs, comme le Système international d'unités SI.

Le SI organise les grandeurs en grandeurs de base et grandeurs dérivées, et les équations donnant les grandeurs dérivées en fonction des grandeurs de base sont utilisées pour exprimer les unités dérivées en fonction des unités de base.

Lorsque de nouveaux domaines scientifiques se développent, de nouvelles grandeurs sont introduites par les chercheurs afin de représenter les propriétés du domaine, et ces nouvelles grandeurs engendrent de nouvelles équations afin de les relier aux grandeurs familières, puis aux grandeurs de base.

#### 4.1 Dimension des grandeurs

Par convention, les grandeurs physiques sont organisées selon un système de dimensions. Chacune des sept grandeurs de base du SI est supposée avoir sa propre dimension, représentée symboliquement par une seule lettre majuscule sans empattement en romain. Les symboles utilisés pour les grandeurs de base, et les symboles utilisés pour indiquer leur dimension, sont les suivants :

**Tableau n°04 : Grandeurs de base et dimensions utilisées avec le SI**

| Grandeur de base            | Symbole de la grandeur | Symbole de la dimension |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
| longueur                    | $l, x, r, etc.$        | L                       |
| masse                       | $m$                    | M                       |
| temps, durée                | $t$                    | T                       |
| courant électrique          | $I, i$                 | I                       |
| Température thermodynamique | $T$                    | $\Theta$                |
| quantité de matière         | $n$                    | N                       |
| intensité lumineuse         | $I \nu$                | J                       |

Toutes les autres grandeurs sont des grandeurs dérivées, qui peuvent être exprimées en fonction des grandeurs de base à l'aide des équations de la physique ex ( volume  $L^3$ , surface  $L^2$ ). Les dimensions des grandeurs dérivées sont écrites sous la forme de produits de puissances des dimensions des grandeurs de base au moyen des équations qui relient les grandeurs dérivées aux grandeurs de base. En général la dimension d'une grandeur Q s'écrit sous la forme d'un produit dimensionnel,

$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\varepsilon N^\zeta J^\eta$  où les exposants  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta$  et  $\eta$ , qui sont en général de petits nombres entiers, positifs, négatifs ou nuls, sont appelés exposants dimensionnels.

#### 4.2 Unités de base :

**Tableau n°05 : les unités fondamentales du SI**

| Grandeur                        | Nom        | Symbole | Dimension |
|---------------------------------|------------|---------|-----------|
| Longueur                        | mètre      | m       | L         |
| Masse                           | kilogramme | kg      | M         |
| Temps                           | seconde    | s       | T         |
| Intensité du courant électrique | ampère     | A       | I         |
| Température thermodynamique     | kelvin     | K       | $\Theta$  |
| Quantité de matière             | mole       | mol     | N         |
| Intensité lumineuse             | candela    | cd      | J         |

### 4.2.1 Unités SI dérivées

Les unités dérivées sont formées à partir de produits de puissances des unités de base.

Les unités dérivées cohérentes sont des produits de puissances des unités de base qui ne font pas intervenir d'autre facteur numérique que 1. Les unités de base et les unités dérivées cohérentes du SI forment un ensemble cohérent, désigné sous le nom d'ensemble d'unités SI cohérentes.

#### 4.2.1.1 Unités dérivées exprimées à partir des unités de base

Les grandeurs utilisées dans le domaine scientifique sont en nombre illimité ; il n'est donc pas possible de fournir une liste complète des grandeurs et unités dérivées. Le tableau 2 présente un certain nombre d'exemples de grandeurs dérivées, avec les unités dérivées cohérentes correspondantes exprimées directement en fonction des unités de base.

**Tableau n° 06** : Exemples d'unités SI dérivées cohérentes exprimées à partir des unités de base

| Grandeur dérivée                        |                | Unité SI dérivée cohérente                       |  |
|---|----------------|--|--|
| Nom                                     | Symbole        | Nom  | Symbole  |
| superficie                              | A              | mètre carré m <sup>2</sup>                       | mètre carré m <sup>2</sup>                       |
| volume                                  | V              | mètre cube m <sup>3</sup>                        | mètre cube m <sup>3</sup>                        |
| vitesse                                 | v              | mètre par seconde<br>m/s                         | mètre par seconde<br>m/s                         |
| acceleration                            | a              | mètre par seconde<br>carrée m/s <sup>2</sup>     | mètre par seconde<br>carrée m/s <sup>2</sup>     |
| nombre d'ondes                          | $\sigma, \nu$  | mètre à la puissance<br>moins un m <sup>-1</sup> | mètre à la puissance<br>moins un m <sup>-1</sup> |
| masse volumique                         | $\rho$         | kilogramme par<br>mètre cube kg/m <sup>3</sup>   | kilogramme par<br>mètre cube kg/m <sup>3</sup>   |
| masse surfacique                        | $\rho A$       | kilogramme par<br>mètre carré kg/m <sup>2</sup>  | kilogramme par<br>mètre carré kg/m <sup>2</sup>  |
| volume massique                         | v              | mètre cube par<br>kilogramme m <sup>3</sup> /kg  | mètre cube par<br>kilogramme m <sup>3</sup> /kg  |
| densité de courant                      | j              | ampère par mètre<br>carré A/m <sup>2</sup>       | ampère par mètre<br>carré A/m <sup>2</sup>       |
| champ magnétique                        | H              | ampère par mètre<br>A/m                          | ampère par mètre<br>A/m                          |
| concentration de<br>quantité de matière | c              | mole par mètre cube<br>mol/m <sup>3</sup>        | mole par mètre cube<br>mol/m <sup>3</sup>        |
| concentration<br>massique               | $\rho, \gamma$ | kilogramme par<br>mètre cube kg/m <sup>3</sup>   | kilogramme par<br>mètre cube kg/m <sup>3</sup>   |
| luminance lumineuse                     | Lv             | candela par mètre<br>carré cd/m <sup>2</sup>     | candela par mètre<br>carré cd/m <sup>2</sup>     |
| indice de réfraction                    | n              | un   | 1  |
| perméabilité relative                   | $\mu_r$        | un   | 1  |

#### 4.2.1.2 Unités ayant des noms spéciaux et des symboles particuliers

Certaines unités dérivées cohérentes ont reçu un nom spécial et un symbole particulier. Elles sont au nombre de vingt-deux. Quelques exemples figurent au tableau suivant :

**Tableau n°07 :** Unités dérivées cohérentes ayant des noms spéciaux et des symboles particuliers

| Grandeur dérivée                | Nom           | Symbole |
|---------------------------------|---------------|---------|
| angle plan                      | radian        | rad     |
| angle solide                    | stéradian     | sr      |
| fréquence                       | hertz         | Hz      |
| force                           | newton        | N       |
| pression                        | pascal        | Pa      |
| Energie, quantité de chaleur    | joule         | J       |
| puissance, flux énergétique     | watt          | W       |
| température Celsius             | degré Celsius | °C      |
| dose absorbée, énergie massique | gray          | Gy      |

#### 5. Préfixes SI

Les préfixes sont attachés aux symboles d'unités, sans espace entre le symbole du préfixe et celui de l'unité, par exemple (Millimètre : mm ou Centimètre : cm).

**Tableau n°08 :** les préfixes SI

| Facteur   | Nom   | Symbole | Facteur    | Nom   | Symbole |
|-----------|-------|---------|------------|-------|---------|
| $10^1$    | déca  | da      | $10^{-1}$  | déci  | d       |
| $10^2$    | hecto | h       | $10^{-2}$  | centi | c       |
| $10^3$    | kilo  | K       | $10^{-3}$  | milli | m       |
| $10^6$    | méga  | M       | $10^{-6}$  | micro | $\mu$   |
| $10^9$    | giga  | G       | $10^{-9}$  | nano  | n       |
| $10^{12}$ | téra  | T       | $10^{-12}$ | pico  | P       |
| $10^{15}$ | péta  | P       | $10^{-15}$ | femto | f       |
| $10^{18}$ | exa   | E       | $10^{-18}$ | atto  | a       |
| $10^{21}$ | zetta | Z       | $10^{-21}$ | zepto | z       |
| $10^{24}$ | yotta | Y       | $10^{-24}$ | yocto | y       |

#### Exemples:

$$4 \text{ cm}^3 = 4 (\text{cm})^3 = 4 (10^{-2} \text{ m})^3 = 4 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ cm}^{-1} = 1 (\text{cm})^{-1} = 1 (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1} = 100 \text{ m}^{-1}$$

$$1 \text{ V/cm} = (1 \text{ V})/(10^{-2} \text{ m}) = 10^2 \text{ V/m} = 100 \text{ V/m.}$$