

## Chapitre II : Echange de matière

### Distillation

#### 1. Définition

La distillation est l'une des méthodes de séparation les plus importantes dont dispose le génie des procédés. Cette opération permet la séparation d'un ou plusieurs constituants d'un mélange homogène liquide, en mettant à profit la différence de volatilité des constituants.

La distillation est une opération (physique) unitaire de séparation de mélange de substances liquides dont les températures d'ébullition ou les volatilités sont. Cette technique repose sur la vaporisation partielle du liquide suivie de la condensation de la vapeur ainsi formée.

#### 2. Principe

La distillation est une opération double ; après chauffage jusqu'à l'ébullition, la phase vapeur surmontant le liquide bouillant et en équilibre avec celui-ci n'a pas la même composition. Par condensation de la phase vapeur, on obtient un liquide nommé distillat ou extrait (dit aussi produit de tête) dont la composition diffère de celle du mélange initial. La phase liquide non évaporée constitue le résidu ou le raffinat (appelée également produit de pied ou de fond).

La distillation se déroule sous pression lorsque la charge traitée est très volatile. On fera appel à la distillation sous vide lorsqu'on aura à distiller un mélange contenant soit des produits fort peu volatils, soit des produits instables thermiquement.

Parmi les applications de la distillation, il faut souligner que cette opération est à la base du raffinage des pétroles bruts.

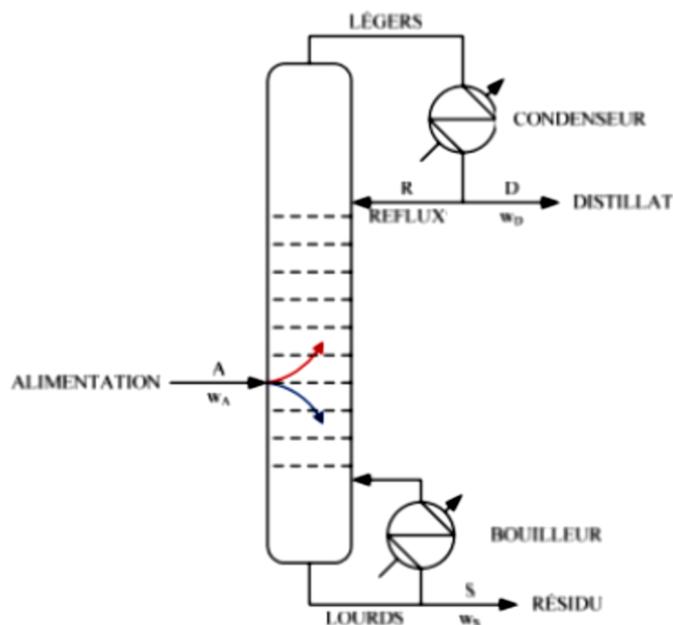


Figure-1 : Schéma de principe de la distillation

#### 3. Éléments de distillation

On obtient ainsi deux phases liquides :

- Le distillat (vapeur condensée) plus riche en composés volatils : légers

## Chapitre II : Echange de matière

### Distillation

- Le résidu (fraction non vaporisée) plus riches en composés non volatils : lourds La vaporisation d'une partie du liquide et, ensuite, la condensation de la vapeur formée nécessite un apport et un enlèvement de calories.

L'opération de distillation repose en conséquence sur des mécanismes de transfert de matière et de transfert de chaleur entre les phases liquide et vapeur. L'opération de la distillation présente des similitudes avec les contacteurs (gaz-liquide) utilisés en absorption (gaz-liquide). Elle présente cependant des différences avec l'absorption (gaz-liquide) à cause du rôle primordial joué par les transferts de chaleur et de leurs interactions avec les transferts de matière

#### 4. Types de distillation

La distillation peut être effectuée de plusieurs manières : continue, discontinue, sous vide

##### 4.1 Distillation continue

Distillation continue, une forme de distillation, une séparation continue d'un mélange dans lequel est en permanence (sans interruption) alimenté dans le processus et on élimine les fractions séparées en continu sous forme de courants de sortie. Une distillation est la séparation partielle ou la séparation d'un liquide mélange d'alimentation en composants ou des fractions de sélection d'ébullition (ou évaporation) et la condensation. Un produit de distillation d'au moins deux fractions de sortie. Ces fractions comprennent au moins une volatiles fraction de distillat, qui a été cuit et capturé séparément sous forme de vapeur condensée à l'état liquide, et pratiquement toujours un résidu de queue (ou) la fraction, qui est le résidu d'au moins volatil qui n'a pas été capturée séparément en tant que la vapeur condensée.

##### 4.2 Distillation discontinue

En distillation discontinue, le chauffage est appliqué dans un réservoir en fond de colonne (bouilleur), où le mélange est introduit. Les produits les plus légers sont recueillis en premier au condenseur qui se trouve en tête de colonne. Lors du passage des différents composés légers, la température en tête de colonne s'accroît. En fin d'opération, il ne reste plus que le résidu lourd en bas de colonne. Il est très difficile de donner une estimation du coût de ce procédé du fait de la variété des produits traités.

Suivant la disposition de la colonne et du réservoir trois configurations sont connues :

- la configuration de rectification, la plus commune, avec soutirage d'un distillat après condensation de la vapeur (Figure 1-3a)
- la configuration de distillation inverse, avec soutirage d'un résidu dans le bouilleur (Figure 1-3b)
- la configuration avec un bac intermédiaire avec des soutirages en tête et en pied (Figure 1-3c).

##### 4.3 Distillation sous vide

Certains produits sont trop peu volatils à pression ambiante ou se décomposent avant de s'évaporer du fait de leur haut point d'ébullition. Dans ce cas, la pression de l'installation est réduite à l'aide d'une pompe à vide afin de réduire le point d'ébullition

## Chapitre II : Echange de matière

### Distillation

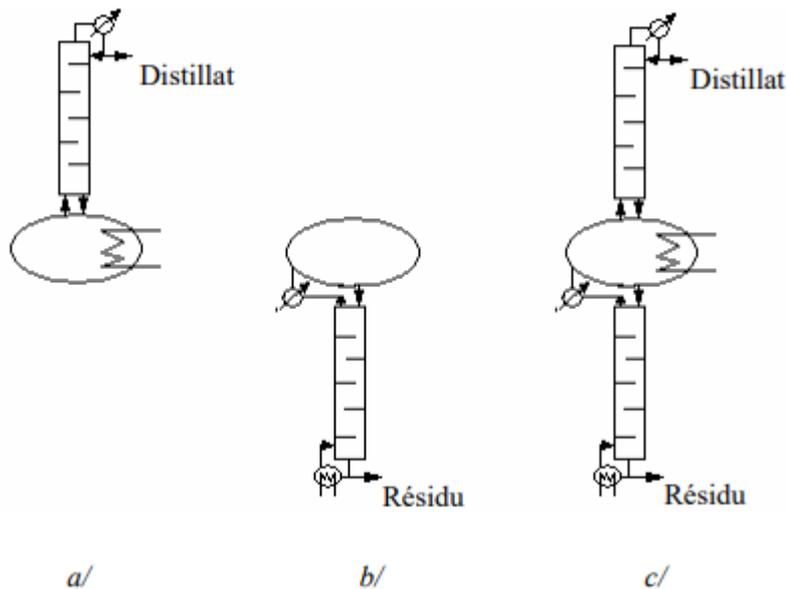


Figure 1-3. Configurations de colonne de distillation: a/ colonne de rectification, b/ colonne de distillation inverse; c/ colonne avec un bac intermédiaire.

#### 5. Équilibres liquide-vapeur

Les différents mélanges de liquide peuvent être classés, d'après le nombre de leurs constituants, en mélanges binaires, ternaires... Les mélanges binaires, qui ont été les plus étudiés, seront seuls considérés ici. On distingue, d'après la solubilité réciproque des constituants :

- Les mélanges homogènes comprenant : (i) les mélanges normaux parmi lesquels on rencontre les mélanges idéaux ; (ii) les mélanges anormaux ou azéotropiques ;
- Les mélanges hétérogènes.

Mélange homogène : les deux constituants (corps) sont miscibles

Mélange idéal : un mélange caractérisé comme idéal lorsqu'il satisfait aux 3 critères suivantes :

(i) Changement de volume négligeable à l'état liquide ( $\Delta V=0$ )

(ii) L'effet thermique négligeable à l'état liquide ( $\Delta H=0$ )

(iii) Vérifie la loi de Raoult et Dalton

Mélange azéotropique : le liquide et la vapeur ont la même composition et il n'y a plus de séparation ; il se forme un azéotrope.

Mélange hétérogène : les deux constituants (corps) sont partiellement miscibles ou totalement immiscibles.

#### 6. Lois fondamentales

- Fractions molaires et pressions

Soit un liquide constitué de  $n_A$  molécules du corps A et  $n_B$  molécules du corps B ; les fractions molaires sont

## Chapitre II : Echange de matière

### Distillation

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} \quad \text{et} \quad X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} = 1 - X_A$$

Pour une température donnée, la vapeur en équilibre au-dessus de ce liquide est un mélange des deux corps A et B aux fractions molaires  $Y_A$  et  $Y_B$  et la pression totale est, suivant la loi de Dalton relative aux vapeurs parfaites

$$P = p_A + p_B \quad \text{avec } p_A \text{ et } p_B, \text{ les pressions partielles des constituants A et B, et}$$

$$Y_A = p_A/P \quad Y_B = p_B/P$$

La pression partielle du constituant A dans la vapeur en équilibre avec le liquide ayant la fraction

moléculaire  $X_A$ , à température constante, est donnée par la *loi de Raoult*:  $p_A = X_A \cdot P_{vA}$

$$Y_A = X_A (P_{vA}/P) \quad \text{et} \quad Y_B = X_B (P_{vB}/P)$$

Un mélange qui vérifie cette loi est dit mélange idéal.

Volatilité relative

La volatilité relative exprime la possibilité de séparation d'un mélange. La volatilité relative d'un corps A par rapport à un corps B est définie par le rapport

$$\alpha = \frac{Y_A/X_A}{Y_B/X_B} = \frac{k_A}{k_B}$$

Où :  $k_A$  et  $k_B$  sont appelés coefficients d'équilibre