

## CHAPITRE 2 : Extraction liquide – liquide

### 1. Principes-Définitions :



Schéma de principe d'une extraction liquide-liquide

Soient D et S les deux solvants et A le soluté qui se distribue entre ces deux phases. Avec D le diluant (solvant de base) et S le solvant (solvant d'extraction).

Ces phases sont mises en contact pour favoriser le transfert du soluté. La densité des deux phases sont différentes donc séparées par décantation. Ces étapes sont réalisées dans un bac mélangeur-décanteur représenté sur la figure I.

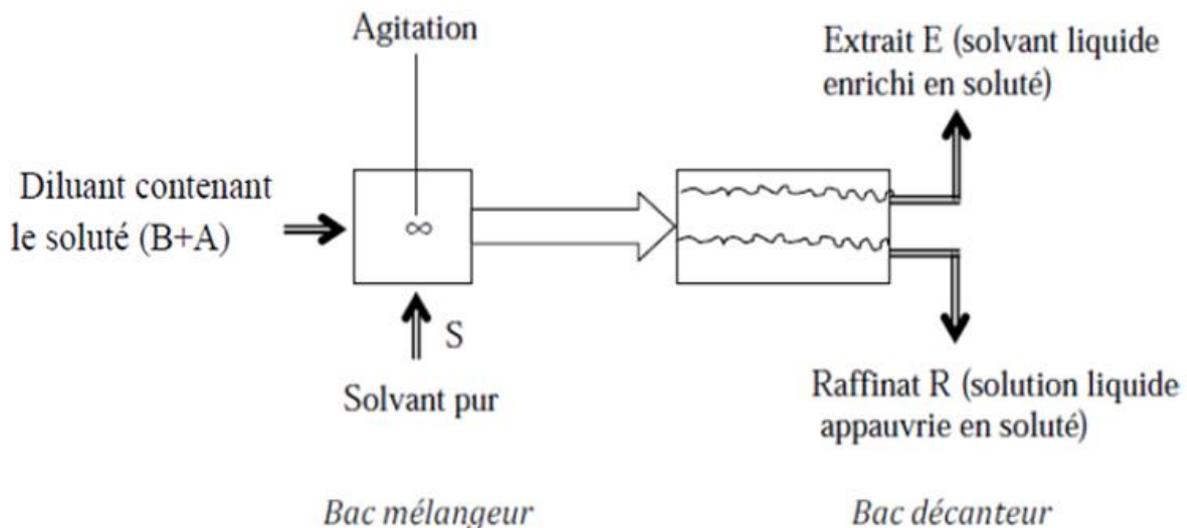


Schéma d'un bac mélangeur décanteur

## 2. Terminologie

**Soluté** : constituant à extraire.

**Diluant** : liquide contenant les solutés.

**Solution (la charge)** : ensemble soluté + diluant.

**Solvant** : liquide destiné à extraire les solutés.

**Extrait** : phase issue de l'opération contenant les solutés extraits. Cette phase est riche en solvant.

**Raffinat** : phase résiduelle épuisée en soluté. Cette phase est riche en diluant.

**Phase lourde** : phase ayant la plus grande masse volumique.

**Phase légère** : phase ayant la plus faible masse volumique.

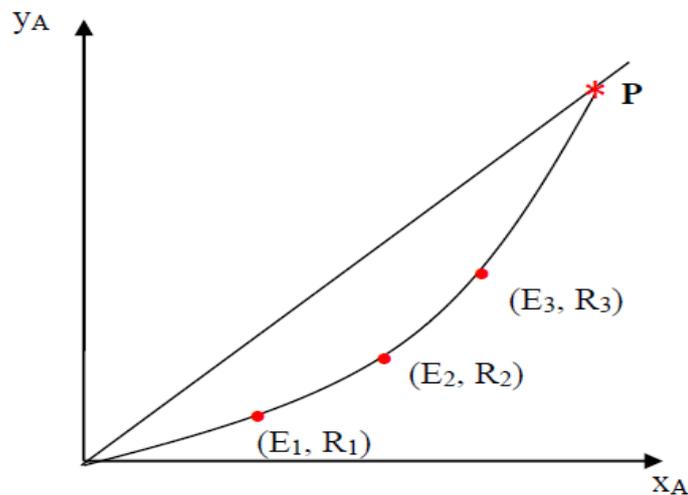
## 3. Le coefficient de distribution ou de partage et courbe de distribution :

$k = C_A \text{ dans l'extrait} / C_A \text{ dans le raffinat}$

Ou bien :  $k = y_A / x_A$  tel que :

$x_A$  : Fraction (massique ou molaire) du soluté dans le raffinat à l'équilibre

$y_A$  : Fraction (massique ou molaire) du soluté dans l'extrait à l'équilibre.



**Courbe de distribution**

La courbe  $y_A = f(x_A)$  est une courbe d'équilibre du soluté entre les deux phases. Elle est dénommée courbe de distribution (ou de partage).

#### 4. Choix d'un solvant :

Il faut choisir évidemment le solvant :

- Qui extrait préférentiellement le soluté à récupérer.
- Qui peut être insoluble ou peu soluble dans le diluant ;
- Qui possède un pouvoir solvant élevé, pour minimiser la quantité de solvant employée.
- Qui possède une masse volumique suffisamment différente de la solution à raffiner, pour que la séparation par décantation entre les deux phases après l'extraction soit aisée.
- Enfin, qui ne soit pas coûteux, et qui ne présente pas de risque rédhibitoire en matière de toxicité, inflammabilité, corrosion, et se sépare facilement du soluté qu'il a extrait.

#### 5. Représentation graphique :

Le système le plus simple que l'on puisse rencontrer dans l'extraction liquide-liquide est le système ternaire où un seul soluté se partage entre deux liquides peu ou pas miscibles.

##### a) Notions :

A : soluté

D : diluant

S : solvant

$L_o$  : masse du solvant pur

$R_o$  : masse du mélange A + B (l'alimentation ou charge)

$R_i$  : masse de raffinat après l'extraction

$E_i$  : masse de l'extrait après l'extraction

x : fraction en masse dans  $R_o$  et  $R_i$

y : fraction en masse dans  $L_o$  et  $E_i$

z : fraction en masse ou bien molaire dans le mélange

M : point de mélange

$M_{totale}$  : masse totale du mélange (avant la séparation en  $R_i$  et  $E_i$ )

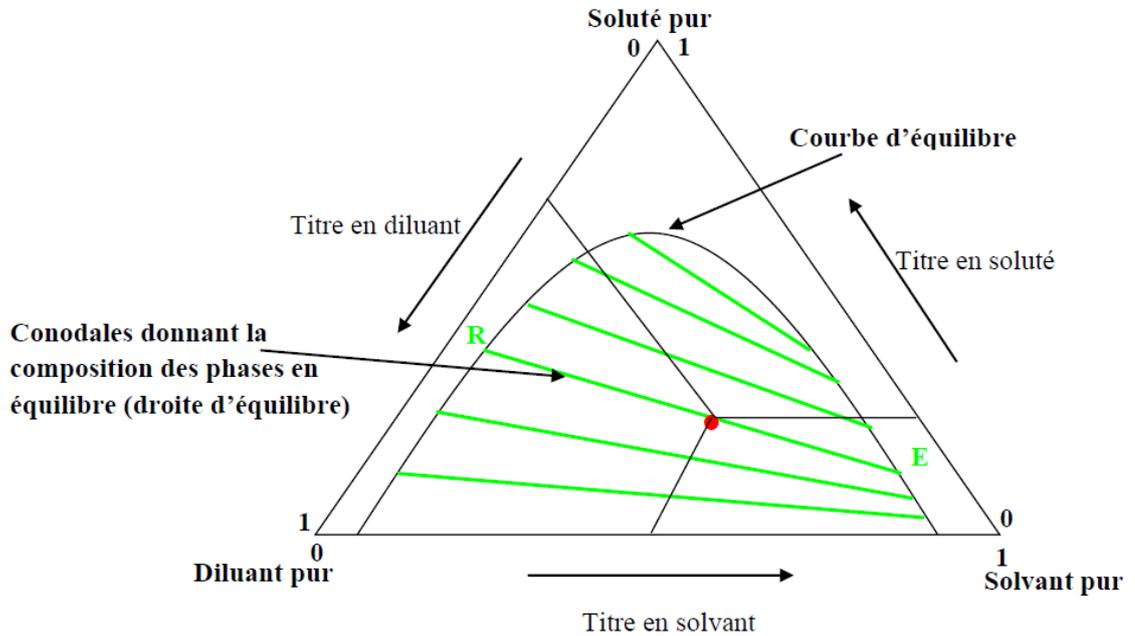
##### b) Rappels sur diagrammes triangulaires :

L'utilisation d'un diagramme ternaire découle des règles générales suivantes :

- Chaque sommet du triangle représente un constituant pur (100% de A, 100% de B ou 100% de S).
- Sur chaque côté du triangle on peut indiquer la composition des mélanges binaires A-B, A-S et B-S (entre 0 % et 100 %). Par exemple, on lira la teneur en B dans le sens A

(0 %) vers B (100 %). La teneur en A se lira dans le sens contraire. Sur la figure 2, le point M est représentatif d'un mélange binaire de A et B (avec

- $\%A + \%B = 100\%$ .
- Chaque point à l'intérieur du triangle représente un mélange ternaire A+B+S, avec  $\%A + \%B + \%S = 100\%$ .



Le diagramme triangulaire équilatéral

c) **Lecture du diagramme triangulaire équilatérale :**

**Point de mélange M :**

$$M_a + M_d + M_s = AD = DS = SA$$

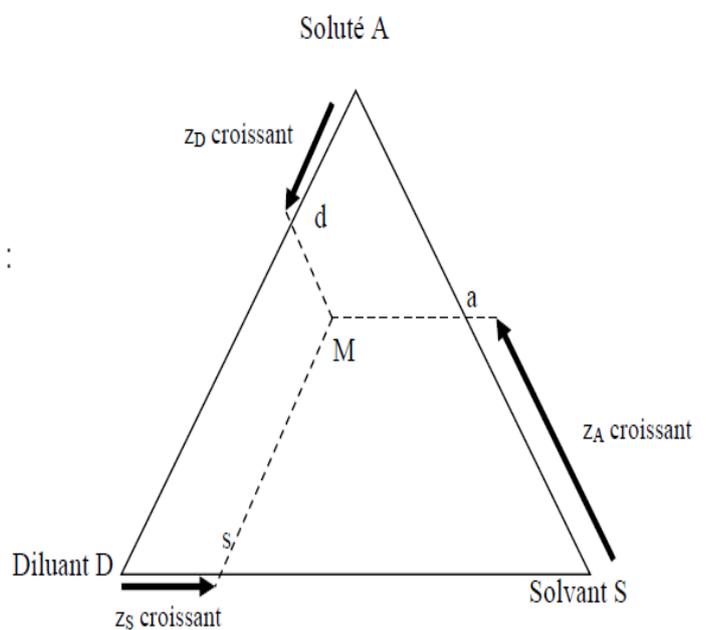
$$A_d + D_s + S_a = AD = DS = SA$$

M représente le mélange de composition :

$$z_A = S_a \quad :$$

$$z_D = A_d$$

$$z_S = D_s$$



## 6. Procédés d'extraction liquide-liquide (diluant et solvant peu miscible entre eux):

### a) Extraction à étage unique (extraction mono-étagée) :

#### A. Le bilan massique global B.G :

Entrée = sortie

$$R_0 + L_0 = R_1 + E_1 = M_{\text{totale}} \dots (1)$$

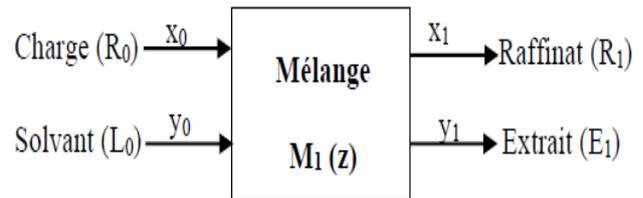


Schéma de l'extraction à étage unique

#### B. Le bilan massique partiel pour chaque constituant :

- Soluté A

$$R_0 x_{0A} + L_0 y_{0A} = R x_{1A} + E y_{1A} = z_{1A} M_{\text{totale}} \dots (2)$$

$$\text{Donc } z_{1A} = R_0 x_{0A} / R_0 + L_0 \dots (3)$$

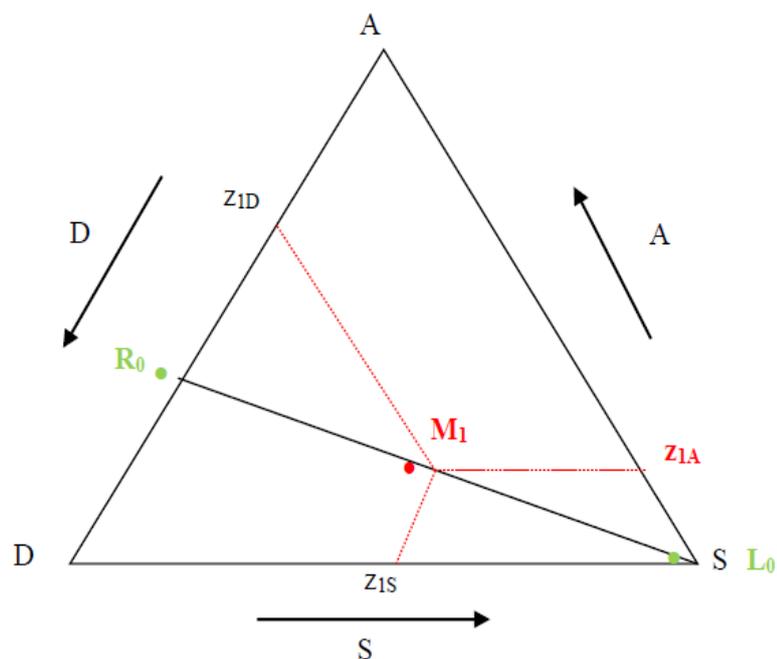
- Diluant D

$$R_0 x_{0D} + L_0 y_{0D} = R x_{1D} + E y_{1D} = z_{1D} M_{\text{totale}} \text{ donc } z_{1D} = R_0 x_{0D} / R_0 + L_0 \dots (4)$$

- Solvant S

$$R_0 x_{0S} + L_0 y_{0S} = R x_{1S} + E y_{1S} = z_{1S} M_{\text{totale}} \text{ donc } z_{1S} = L_0 y_{0S} / R_0 + L_0 \dots (5)$$

#### C. Représentation graphique du point du mélange $M_1$ :



**D. Compositions et quantités des flux après l'extraction :**

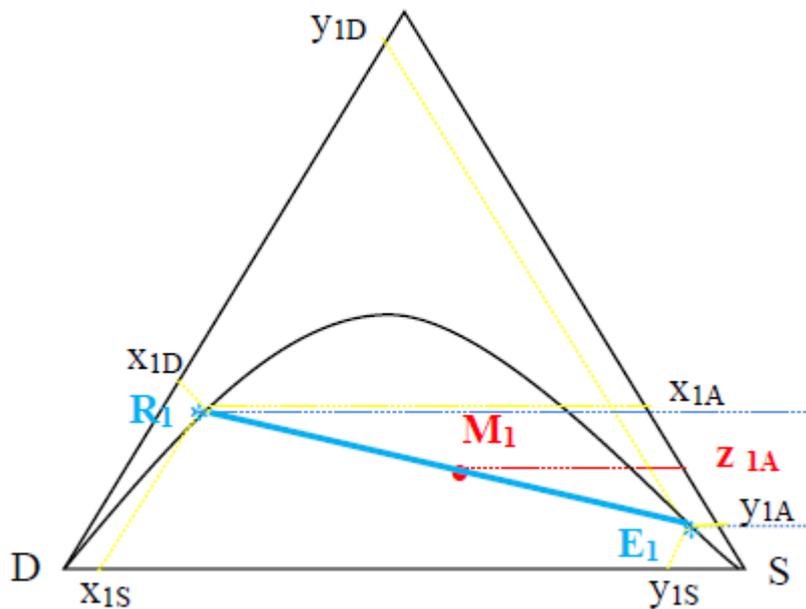
❖ On combinant (1) et (2), on obtient : ( $R_0$  et  $L_0$  sont fixés par le procédé)

$$R_1 = M_{\text{totale}} - E_1 \quad \text{et} \quad R_1 x_{1A} + E_1 y_{1A} = z_{1A} M_{\text{totale}} \quad \text{donc} \quad (M_{\text{totale}} - E_1) x_{1A} + E_1 y_{1A} = z_{1A} M_{\text{totale}}$$

D'où  $E_1 (y_{1A} - x_{1A}) = M_{\text{totale}} (z_{1A} - x_{1A})$  alors  $E_1 = M_{\text{totale}} (z_{1A} - x_{1A}) / (y_{1A} - x_{1A}) \dots (6)$

$$R_1 = M_{\text{totale}} (z_{1A} - y_{1A}) / (x_{1A} - y_{1A}) \dots (7)$$

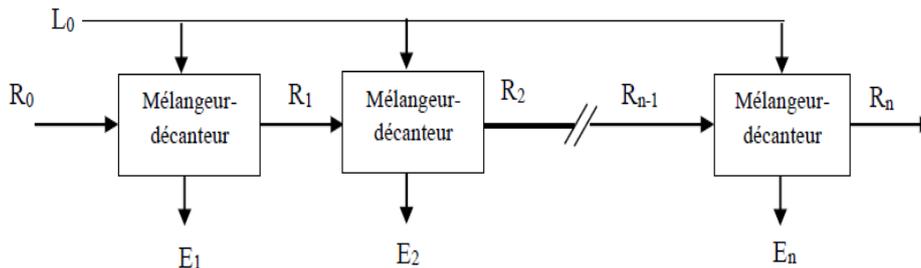
$$R_1 = M_{\text{totale}} - E_1 \dots \dots \dots (8)$$



**b) Extraction à étages multiples (multi-étages) :**

Cette opération est une extension de l'extraction à un étage, le raffinat  $R_1, R_2 \dots R_n$  est mis en contact à chaque étage avec du solvant frais.

Le schéma de principe est :



### A. Bilan de matière :

Pour le premier étage :

$$R_0 + L_0 = R_1 + E_1$$

$$R_0 x_0 + L_0 y_0 = R_1 x_1 + E_1 y_1$$

Pour le deuxième étage :

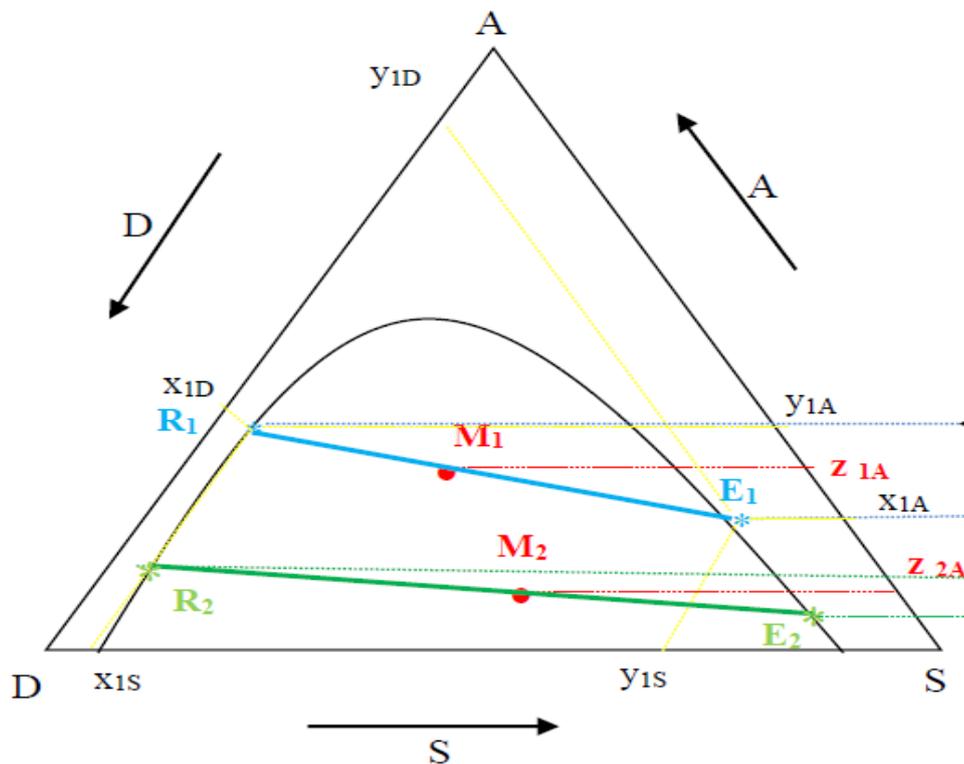
$$R_1 + L_1 = R_2 + E_2$$

$$R_1 x_1 + L_1 y_1 = R_2 x_2 + E_2 y_2$$

Pour le n<sup>e</sup> étage :

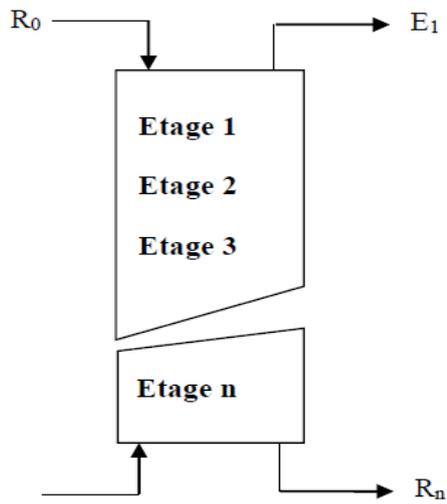
$$R_{n-1} + L_{n-1} = R_n + E_n$$

$$R_{n-1} x_{n-1} + L_{n-1} y_{n-1} = R_n x_n + E_n y_n$$



### c) Extraction à étages multiples (multi-étagée) contre courants :

Cette opération consiste à faire circuler la solution à extraire,  $R_0$ , et le solvant  $L_0$ , en sens inverse dans divers étage d'une colonne dans lesquels le raffinat,  $R_n$ , s'appauvrit en soluté alors que l'extrait,  $E_n$ , s'enrichit en soluté. Cette opération est très utilisée industriellement et consomme moins de solvant que la précédente.



**Schéma de l'installation d'une extraction à contacts multiples à contre courants**

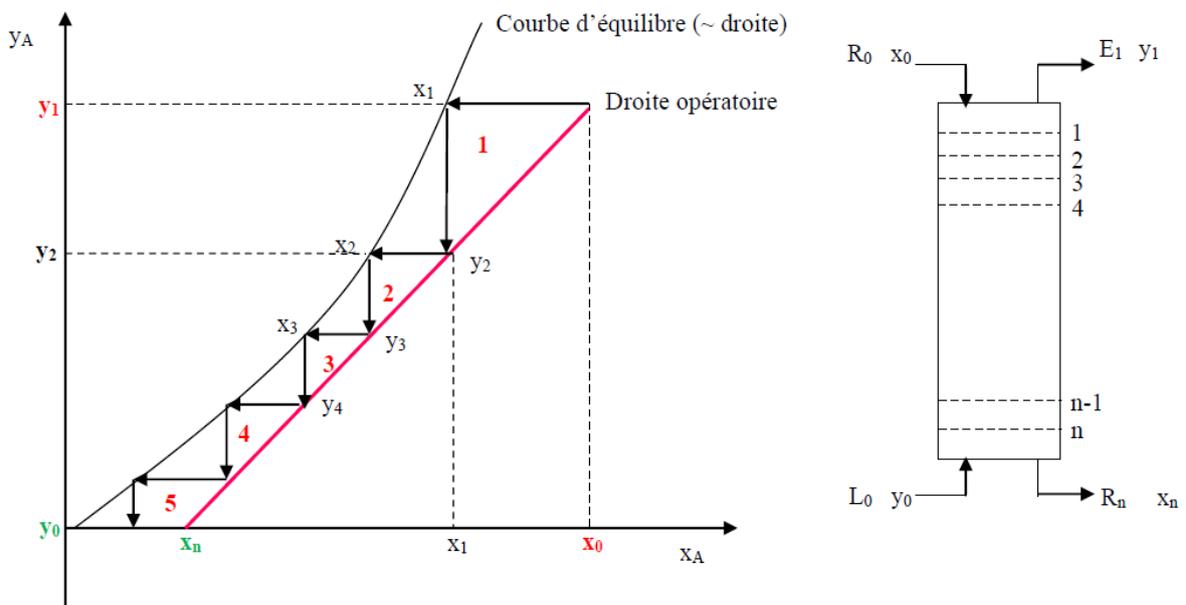
Dans ce type d'opération, la phase dense doit obligatoirement être introduite au sommet de la colonne et la phase la moins dense à la base de la colonne.

**Bilan de matière du système :**

$$R_0 + L_0 = E_1 + R_n$$

$$R_0 x_0 + L_0 y_0 = E_1 y_1 + R_n x_n$$

**d) Extraction à contre-courant en continu-Construction de Mac Cabe et Thiele :**



**Diagramme de Mac Cab et Thiele pour le calcul de nombre d'étage d'un système d'extraction en continu**

