

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

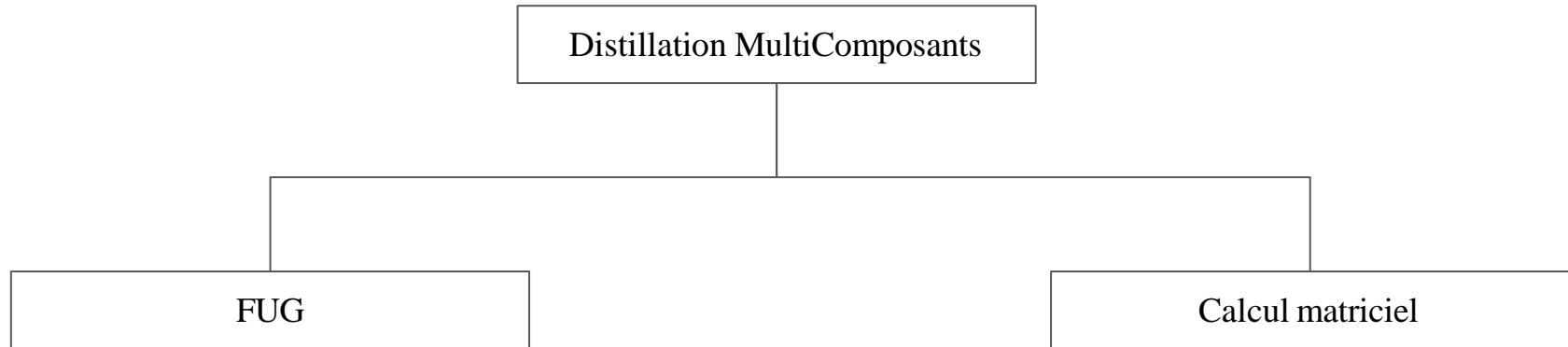
- 1.Introduction
2. la méthode FUG
3. la méthode matricielle

# Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

## 1. Introduction

les méthodes de résolution et la conception des problèmes de séparation par distillation des mélanges multiconstituants (supérieur à 2 éléments) se classent en deux catégories :

- Méthodes basées sur des approximation dite méthode FUG
- Méthodes rigoureuses basées sur des calculs matriciels.



## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

### 1. Méthode FUG:

Bien que des méthodes rigoureuses soient disponibles pour résoudre les problèmes de séparation à plusieurs composants, des **méthodes approximatives** continuent d'être utilisées pour la conception préliminaire, des études paramétriques pour établir des conditions de conception optimales, des études de synthèse de processus pour déterminer des séquences de séparation optimales et pour obtenir **des approximations initiales** pour des méthodes itératives rigoureuses.

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

### 1. Méthode FUG:

Bien que des méthodes rigoureuses soient disponibles pour résoudre les problèmes de séparation à plusieurs composants, des **méthodes approximatives** continuent d'être utilisées pour la conception préliminaire, des études paramétriques pour établir des conditions de conception optimales, des études de synthèse de processus pour déterminer des séquences de séparation optimales et pour obtenir **des approximations initiales** pour des méthodes itératives rigoureuses. les méthodes empiriques ou dite **SHORTCUT** sont basées sur des hypothèses fondamentales suivants :

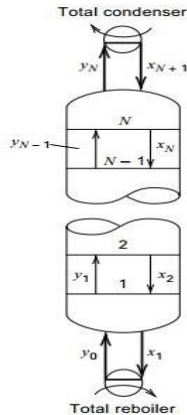
- la colonne utilisée est sans soutirage intermédiaire et adiabatique
- La variation de la volatilité est presque nulle et ils demeurent constant le long de la colonne.
- On considère le mélange multiconstituant et pseudo-binaire: il faut spécifier deux constituants clés.

# Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

## 1. Méthode FUG:

Pour le cas de conception avec des alimentations à plusieurs composants, la spécification de deux composants clés et leur répartition entre le distillat et les fonds est requise. Les estimations préliminaires de la distribution des composants non clés peuvent être suffisamment difficiles pour exiger la procédure itérative de la méthode FUG.

### a. Equation de FENSKE pour la détermination de $N_{\min}$



$$N_{\min} = \frac{\log \left\{ [(x_{i,N+1})/x_{i,1}] [x_{j,1}/(x_{j,N+1})] \right\}}{\log \alpha_{i,j}}$$

i : LK  
j : HK

$$\alpha_m = [(\alpha_{i,j})_N (\alpha_{i,j})_1]^{1/2}$$

x représente la fraction molaire au distillat et rebouilleur

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

### 1. Méthode FUG:

b. Equation de UNDERWOOD pour calcul de  $R_{\min}$ :

$$\sum_i \frac{(\alpha_{i,r})_{\infty} x_{i,D}}{(\alpha_{i,r})_{\infty} - \Theta} = 1 + (R_{\infty})_{\min}$$

dans des cas on considère  
r: référence par rapport  
HK

avec  $\Theta$  la solution de l'équation :

$$\sum_{i=1}^c \frac{\alpha_{i,moy} * z_i}{\alpha_{i,moy} - \Theta} = 1 - q = \frac{H_f(T_{rosée}) - h_f(T_F)}{H_f(T_{rosée}) - h_f(T_{bulle})}$$

avec  $1,1 R_{\min} < R < 1,5 R_{\min}$   
dans le cas générale  $R = 1,3 R_{\min}$

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

### 1. Méthode FUG:

#### c. Corrélation de Gilliland

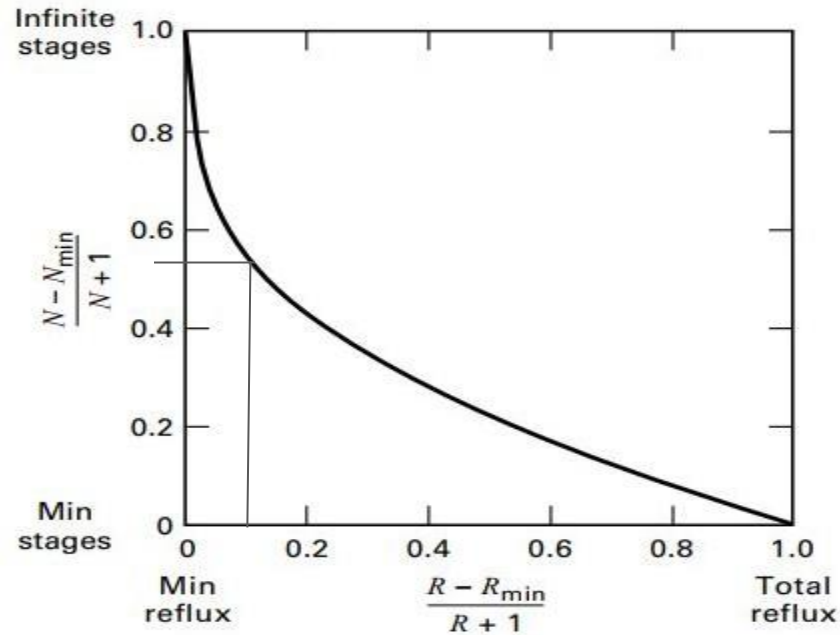
$$Y = \frac{N - N_{\min}}{N + 1} = 1 - \exp \left[ \left( \frac{1 + 54.4X}{11 + 117.2X} \right) \left( \frac{X - 1}{X^{0.5}} \right) \right]$$

$$X = \frac{R - R_{\min}}{R + 1}$$

# Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

## 1. Méthode FUG:

### c. Corrélation de Gilliland

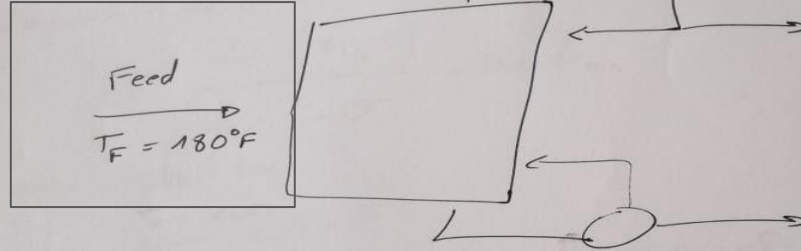




# 1. Méthode FUG:

Ex 1

5. Calcul de  $L_{i,HK}/F$



$L_{i,HK}$  (par rapport au Température 180°F)

$$L_{iC4/HK} = 2,43 \quad , \quad L_{nC4(LK)} = 1,93$$

$$L_{iC5(HK)} = 1 = \frac{K_{iC5}}{K_{iC5}} \quad , \quad L_{nC5} = 0,765$$

$$L_{nC6} = 0,362 \quad L_{nC7} = 0,164 \quad L_{nC8} = 0,072$$

$$L_{nC9} = 0,0362$$

6.  $q$  ?

$$q = 1 - \text{Taux de vaporisation} = 1 - 0,1334 = 0,8666$$

7. Equation d'Underwood

$$\sum \frac{\alpha_{i,avg} \cdot z_i}{\alpha_{i,avg} - \theta} = 1 - q$$

1. Méthode FUG:

La résolution donne deux solutions

(2)

$$\sigma_1 = 1,04504$$

$$\sigma_2 = 978014$$

③ L'équation de Underwood peut s'écrire:

$$\sum \frac{q_{ir} (x_{i,D} D)}{q_{ir} - \sigma} = D + L_{\min}$$

avec l'équation

$$\sum x_{i,D} D = D$$

on a  $D$ ,  $L_{\min}$  et on connaît les valeurs exactes de

$$x_{i,D} D = ?$$

3 variables  $\iff$  3 équations! ( $2\sigma + \sum x_{i,D}$ )

$$R_{\min} = \frac{L_{\min}}{D}$$

$$\sigma_1 = 1.04504$$

$$\sigma_2 = 0.78014$$

# 1. Méthode FUG:

$$\frac{\sum \frac{d_{ir} (x_{i,D} D)}{d_{ir} - \sigma}}{\alpha_{i,HK}} = D + L_{min}$$

$\alpha_{i,HK}$

Component	lbmol/n
iC <sub>4</sub>	(12)
nC <sub>4</sub>	442
iC <sub>5</sub>	13
nC <sub>5</sub>	<input type="text"/>
	(468)

Etape 1 : calculer Alpha i hk 123 °F

Etape 2 : on 2 theta  $x_{nC5D} * D$  inconnu!

3 variable : D , Lmin,  $x_{nC5D} * D \Rightarrow$  3 equations

equation 1  $\Rightarrow$  theta 1

equation 2  $\Rightarrow$  theta 2

equation 3 : somme ( $x_{i,D} * D$ ) = D

# Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

## 2. Calcul matriciel

Pour une analyse détaillée d'une colonne de distillation  $i$ ; faut résoudre pour chaque étage les équations **MESH** pour chaque constituant:

M : Matière

E: Équilibre thermodynamique entre les phases

S: Somme des fractions vapeur

B : Bilans Entalpique

L'objectif de résolution des équations **MESH** dans les logiciels de simulation c'est pour déterminer les profils de température, concentration et les débits dans la colonne.

Pour résoudre le système d'équations il faut avoir un degré de liberté nul afin de trouver des solutions uniques des variables inconnues.

Les variables spécifiques sont des données liées au fonctionnement de la colonne :  $F, Z_i, T_F, P, T, T_{\text{Reflux}}, R$  et  $D$ ) ainsi des données liées au dimensionnement  $N, N_F$ .

on considère le cas générale d'un plateau  $J$  qui peut recevoir une alimentation ou soutirage ou encore échanger de la chaleur  $q_j$  avec le milieu extérieur:

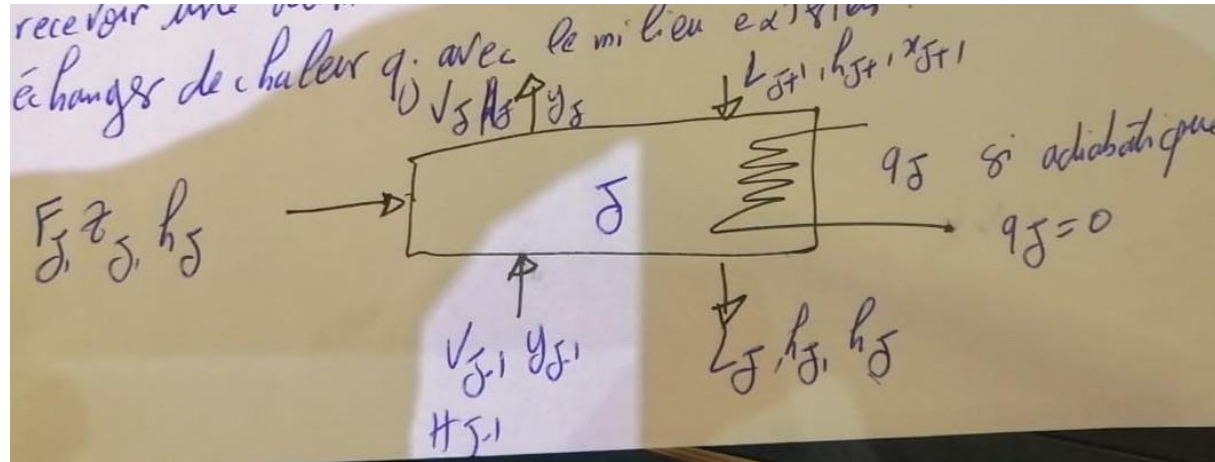
# Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

## 2. Calcul matriciel

étage N



étage 1



## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

### 2. Calcul matriciel

#### **Les hypothèses pour la méthode méticielle ou dite “Equilibrium-Based Methods”:**

1: Le liquide est considéré un mélange idéal ( $K_j = K_i(P, T_j)$ )

2: on considère le rebouilleur partiel comme étage 1 (il est possible d'inverser la nomenclature des étages inversement)

3: condensateur totale Etage N (il est possible d'inverser la nomenclature des étages inversement)

4: Efficacités 100% pour chaque Plateau théorique

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

### 2. Calcul matriciel

Mise en équation des Bilans MESH

Bilans Matières:

Par un plateau  $J$  : Bilan d'un constituant  $i$  :

$$\text{I} \quad V_J y_J + L_J x_J - V_{J-1} y_{J-1} - L_{J+1} x_{J+1} = F_J z_J$$

avec  $\text{II} \quad y_J = K_J x_J$

~~III~~  $y_{J-1} = K_{J-1} x_{J-1}$

~~IV~~  $x_J = \frac{L_J}{K_J}$

~~V~~  $x_{J+1} = \frac{L_{J+1}}{K_{J+1}}$

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

### 2. Calcul matriciel

on replace 2, 3, 4, 5 dans l'équation 1 =

$$A_J L_{J-1} + B_J L_J + C_J L_{J+1} = D_J \quad 1 \leq J \leq N$$
$$A_J = - \frac{K_{J-1} V_{J-1}}{L_J}$$
$$B_J = 1 + \frac{K_J V_J}{L_J}$$
$$C_J = -1$$
$$D_J = \frac{F}{\theta} z_J$$

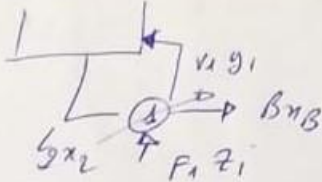
$J = 2 \dots N-1$



## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

### 2. Calcul matriciel

per un rebouilleur partiel  $N = 1$

$$-L_2 x_2 + V_1 y_1 + B x_B = F_1 z_1$$


$$y_1 = K_1 x_1$$

$$L_1 = L_1 x_1$$

$$B_1 l_1 + C_1 l_2 = D_1$$

avec

$$\begin{cases} B_1 = 1 + \frac{K_1 V_1}{L_1} \\ C_1 = -1 \\ D_1 = F_1 z_1 \end{cases} \quad J=1$$

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

### 2. Calcul matriciel

Pour condensat Total  $J=N$

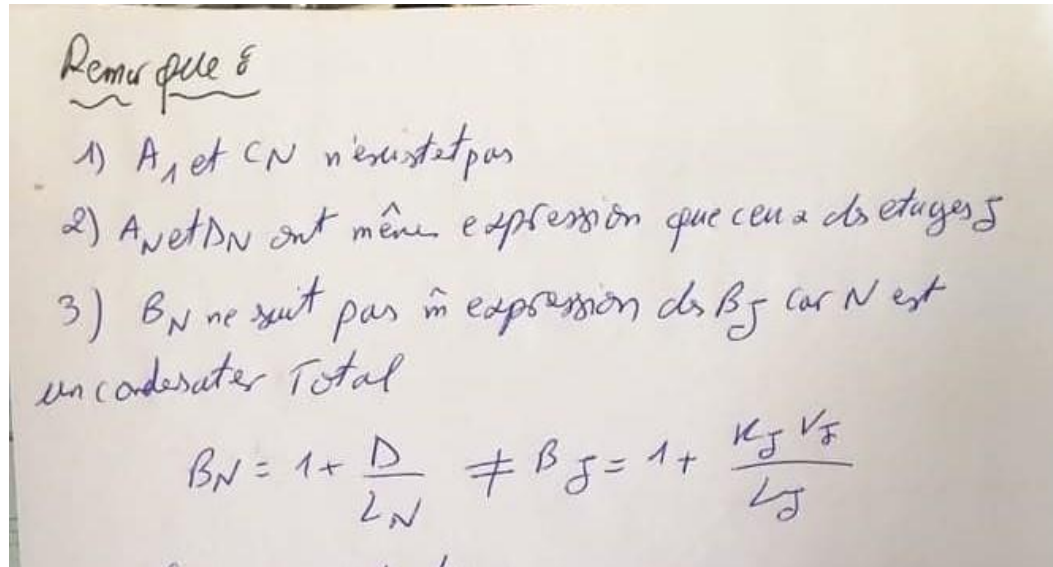
$$L_N x_N + D x_D - V_{N-1} y_{N-1} = F_N z_N$$
$$x_N = x_D = \frac{L_N}{L_N}$$
$$y_{N-1} = K_{N-1} x_{N-1}$$
$$A_N L_{N-1} + B_N L_N = D_N$$

avec

$$A_N = - \frac{K_{N-1} V_{N-1}}{L_{N-1}}$$
$$B_N = 1 + \frac{D}{L_N}$$
$$D_N = F_N z_N$$

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

### 2. Calcul matriciel



# Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

## 2. Calcul matriciel

pour chaque constituant  $i$  on a :

$$\begin{aligned}
 j=1 &\Rightarrow B_1 p_1 + C_1 p_2 = D_1 \\
 2 \leq j \leq N-1 &\quad A_j p_{j-1} + B_j p_j + C_j p_{j+1} = D_j \\
 j=N &\quad A_N p_{N-1} + B_N p_N = D_N
 \end{aligned}$$

Par chaque constituant

$$\begin{bmatrix}
 B_1 & C_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 A_2 & B_2 & C_2 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 0 & A_3 & B_3 & C_3 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & A_{N-1} & B_{N-1} & C_{N-1} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & A_N & B_N
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 p_1 \\
 p_2 \\
 p_3 \\
 \vdots \\
 p_{N-1} \\
 p_N
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 D_1 \\
 D_2 \\
 D_3 \\
 \vdots \\
 D_{N-1} \\
 D_N
 \end{bmatrix}$$

# Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

## 2. Calcul matriciel

Par chaque colonne

$$\begin{bmatrix} B_1 & C_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ A_2 & B_2 & C_2 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A_3 & B_3 & C_3 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & A_{N-1} & B_{N-1} & C_{N-1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & A_N & B_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ \vdots \\ p_{N-1} \\ p_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ \vdots \\ D_{N-1} \\ D_N \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} B_1 & C_1 & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ A_2 & B_2 & C_2 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & A_3 & B_3 & C_3 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & A_{N-2} & B_{N-2} & C_{N-2} \\ 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 & A_{N-1} & B_{N-1} \\ 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 & 0 & A_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ \vdots \\ p_{N-1} \\ p_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{i,1} \\ x_{i,2} \\ x_{i,3} \\ \dots \\ x_{i,N-2} \\ x_{i,N-1} \\ x_{i,N} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ \dots \\ D_{N-2} \\ D_{N-1} \\ D_N \end{bmatrix} \quad (10-12)$$

# Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

## 2. Calcul matriciel

L'inversion de cette matrice ABC relative au constituants i permet de calculer les débits partiels de l'élément i tout au long de la colonne.

On peut utiliser n'importe quelle méthode d'inversion mais il est préférable de prendre en considération la particularité de cette matrice " Matrice creuse" c'est pour on peut utiliser l'algorithme de Thomas ou élimination de Gauss.

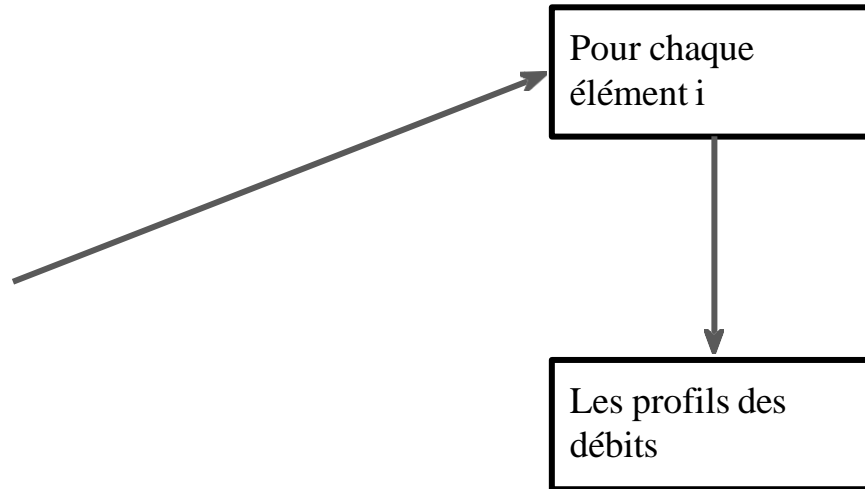
$$\begin{bmatrix}
 B_1 & C_1 & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\
 A_2 & B_2 & C_2 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\
 0 & A_3 & B_3 & C_3 & 0 & \dots & \dots & 0 \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & A_{N-2} & B_{N-2} & C_{N-2} & 0 \\
 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 & A_{N-1} & B_{N-1} & C_{N-1} \\
 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 & 0 & A_N & B_N
 \end{bmatrix}
 \times
 \begin{bmatrix}
 x_{i,1} \\
 x_{i,2} \\
 x_{i,3} \\
 \dots \\
 \dots \\
 \dots \\
 x_{i,N-2} \\
 x_{i,N-1} \\
 x_{i,N}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 D_1 \\
 D_2 \\
 D_3 \\
 \dots \\
 \dots \\
 \dots \\
 D_{N-2} \\
 D_{N-1} \\
 D_N
 \end{bmatrix}
 \quad (10-12)$$

# Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

## 2. Calcul matriciel

Il est noté qu'il faut développer pour chaque constituant  $i$  sa propre matrice ABC et ensuite procéder à son inversion ce qui permet la connaissance des profils des débits parties liquides de tous les constituants du mélange

$$\begin{bmatrix}
 B_1 & C_1 & 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\
 A_2 & B_2 & C_2 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\
 0 & A_3 & B_3 & C_3 & 0 & \dots & \dots & 0 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & A_{N-2} & B_{N-2} & C_{N-2} \\
 0 & \dots & \dots & \dots & 0 & 0 & A_{N-1} & B_{N-1} & C_{N-1} \\
 0 & \dots & \dots & 0 & 0 & 0 & A_N & B_N
 \end{bmatrix}
 \times
 \begin{bmatrix}
 x_{i,1} \\
 x_{i,2} \\
 x_{i,3} \\
 \vdots \\
 \vdots \\
 \vdots \\
 x_{i,N-2} \\
 x_{i,N-1} \\
 x_{i,N}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 D_1 \\
 D_2 \\
 D_3 \\
 \vdots \\
 \vdots \\
 \vdots \\
 D_{N-2} \\
 D_{N-1} \\
 D_N
 \end{bmatrix}
 \quad (10-12)$$



## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

Remarque  
un problème d'initiation s'impose par la résolution de la matrice  $ABC$ , les termes  $A, B, C$  doivent être calculés au préalable mais ceux-ci dépendent à la fois des débits globaux  $L$  et  $V$  et rat et  $s$  et rat de chaque étage ainsi que de la température.



## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

Après la première itération de résolution de la matrice ABC par inversion le profil des Températures dans chaque étage J il doit être corrigé par le calcul des température-bulle de chaque étage, pour faire la convergence on fait appel à la méthode  $\Theta$  de convergence.

le principe de cette méthode :

- Corriger les débits partiels des constituants  $i$  pour satisfaire le débit spécifique
- Par la suite calculer les fraction molaire pour chaque étage pour calculer la température de bulle et déterminer le profil de température

$$\triangleright FZ_i = (d_i)_{cor} + (b_i)_{cor} \text{ bilan partiel de l'élément } i \text{ dans la colonne.}$$

$$\triangleright \sum (d_i)_{cor} = D_{spécifique}$$

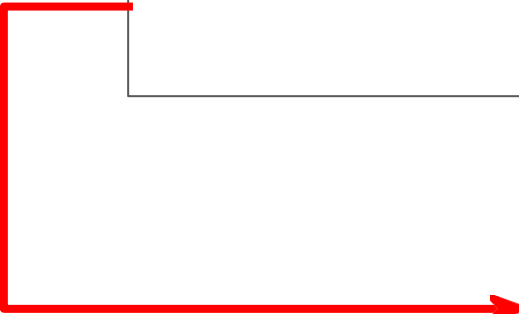
## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

Ces deux conditions sont satisfaites simultanément en choisissant un facteur  $\Theta$ :

➤  $FZ_i = (d_i)_{cor} + (b_i)_{cor}$  bilan partiel de l'élément  $i$  dans la colonne.

$$\text{➤ } \sum (d_i)_{cor} = D_{spécifique}$$

$$\frac{b_i}{d_i}_{cor} = \Theta \frac{b_i}{d_i}_{calc}$$


$$d_{i,cor} = \frac{F Z_i}{1 + \Theta \left( \frac{b_i}{d_i} \right)_{calc}}$$

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

$$D_{spécifique} = \sum_{i=1}^C d_{i, cor} = \sum_{i=1}^C \frac{F Z_i}{1 + \theta \left( \frac{b_i}{d_i} \right)_{calc}}$$

$$g(\theta) = \sum \left( \frac{F Z_i}{1 + \theta \left( \frac{b_i}{d_i} \right)_{calc}} \right) - D_{spécifique}$$

$$\theta_{n+1} = \theta_n - \frac{g(\theta_n)}{g'(\theta_n)}$$

$$\theta_{n+1} = \theta_n - \frac{g(\theta_n)}{\sum_{i=1}^C \left[ \frac{F Z_i \left( \frac{B x_{i,1}}{D x_{i,N}} \right)}{\left\{ 1 + \theta_n \left( \frac{B x_{i,1}}{D x_{i,N}} \right) \right\}^2} \right]}$$

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

$$g(\theta) = \sum \left( \frac{F Z_i}{1 + \theta \left( \frac{b_i}{d_i} \right)_{calc}} \right) - D_{spécifique}$$

$$\theta_{n+1} = \theta_n - \frac{g(\theta_n)}{g'(\theta_n)}$$

$$\theta_{n+1} = \theta_n - \frac{g(\theta_n)}{\sum_{i=1}^C \left[ \frac{F Z_i \left( \frac{B x_{i,1}}{D x_{i,N}} \right)}{\left\{ 1 + \theta_n \left( \frac{B x_{i,1}}{D x_{i,N}} \right) \right\}^2} \right]}$$

**correction de  $d_i$**

$$d_{i, cor} = \frac{F Z_i}{1 + \theta \left( \frac{b_i}{d_i} \right)_{calc}}$$

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

Après les corrections on calcule les fractions molaire corrigées à partir des débits corrigés :

$$x_{i,j} = \frac{(l_{i,j})_{cor}}{\sum_{i=1}^C (l_{i,j})_{cor}}$$

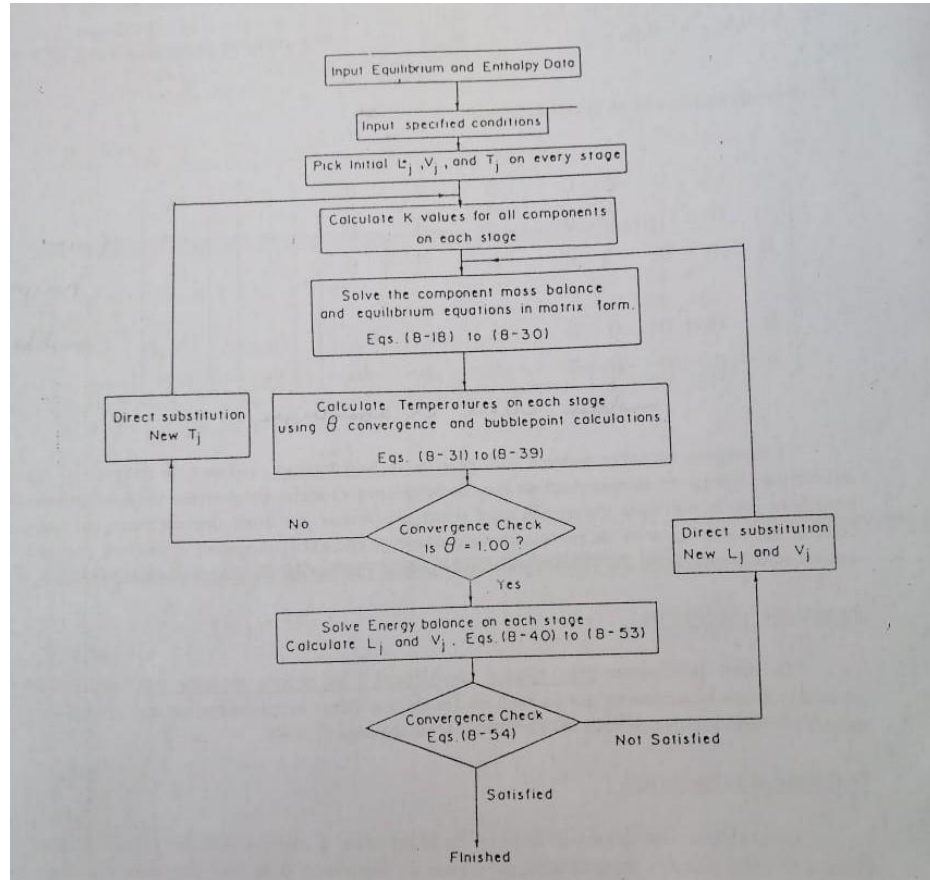
Recalculer les  
température de  
bulles pour chaque  
étage



jusqu'à critère de  
convergence :  
 $\Theta = 1 + \varepsilon$

Recalculer les les  
valeur de  $k_{i,j}$

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants



## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

Bilan Énergétique:

Après la résolution du ~~du~~ Matériel et la convergence du boucle de matière et Température les débits globaux doivent être corrigés utilisant les bilans énergétiques:

Bilans des étages  $J \quad 1 < J < N$

$$\text{I} \quad L_J h_J + V_J H_J = V_{J+1} H_{J+1} + L_{J+1} h_{J+1} + F_J h_J + Q_J$$

$$\text{avec II} \quad L_J = V_{J+1} + B - \sum F_k \quad (k=1 \dots J-1)$$

$$\text{III} \quad L_{J+1} = V_J + B - \sum F_k \quad (k=1 \dots J)$$

} selon les bilans de matière

on remplace 2 et 3 dans 1 :

$$\text{IV} \quad (h_J - H_{J+1}) V_{J+1} + (H_J - h_{J+1}) V_J = F_J h_J + Q_J + B(h_{J+1} - h_J) + \sum_{k=1}^{J-1} F_k h_J - \sum_{k=1}^J F_k h_{J+1}$$

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

Bilan autour d'une cuiller partiel  $J=1$

$$\text{V} \quad F_1 h_{F_1} + Q_1 + L_2 h_2 = B h_B + V_1 h_1$$

$$\text{VI} \text{ avec } L_2 = B + V_1 - F_1$$

$$\text{VII} \quad (H_1 - h_2) V_1 = F_1 h_{F_1} + Q_1 + B(h_2 - h_1) - F_1 h_2$$

Bilan autour du condenseur Total  $J=N$

$$\text{VIII} \quad Q_N + V_{N-1} H_{N-1} + F_N h_{F_N} = V_N h_N \quad (V_{N-1} \Rightarrow \text{condensation Total} = \text{indébit})$$

$$\text{IX} \quad (h_N - H_{N-1}) V_{N-1} = F_N h_{F_N} + Q_N$$



## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

Bilan autour d'une cuiller partiel  $J=1$

$$\text{V} \quad F_1 h_{F_1} + Q_1 + L_2 h_2 = B h_B + V_1 h_1$$

$$\text{VI} \text{ avec } L_2 = B + V_1 - F_1$$

$$\text{VII} \quad (H_1 - h_2) V_1 = F_1 h_{F_1} + Q_1 + B(h_2 - h_1) - F_1 h_2$$

Bilan autour du condenseur Total  $J=N$

$$\text{VIII} \quad Q_N + V_{N-1} H_{N-1} + F_N h_{F_N} = V_{N-1} h_N \quad (V_{N-1} \Rightarrow \text{condensation Total} = \text{indébit})$$

$$\text{IX} \quad (h_N - H_{N-1}) V_{N-1} = F_N h_{F_N} + Q_N$$

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

Le système des équations:

$$\begin{cases} (H_1 - h_2) V_1 = F_1 h_{F1} + Q_1 + B(h_2 - h_1) - F_1 h_2 \\ (h_J - H_{J-1}) V_{J-1} + (H_J - h_{J+1}) V_J = F_J h_{FJ} + Q_J + B(h_{J+1} - h_J) \\ \quad + \sum_{k=1}^{J-1} F_k h_J - \sum_{k=1}^J F_k h_{J+1} \\ (h_N - H_{N+1}) V_{N-1} = F_N h_{FN} + Q_N \end{cases}$$

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

$$\begin{bmatrix}
 B_{E1} & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 A_{E2} & B_{E2} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 0 & A_{E3} & B_{E3} & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & A_{E4} & B_{E4} & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & A_{EN-1} & B_{EN-1} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & A_{EN} & B_{EN}
 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}
 V_1 \\
 V_2 \\
 V_3 \\
 \vdots \\
 V_{N-1} \\
 V_N
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 D_{E1} \\
 D_{E2} \\
 D_{E3} \\
 \vdots \\
 D_{N-1} \\
 D_N
 \end{bmatrix}$$

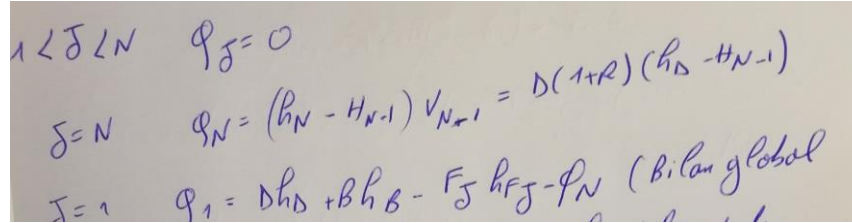
Pour calculer les coef  $A_E, B_E, D_E$  on a besoin des  
 enthalpies du liquide et vapeur

$$H_i = \sum_{j=1}^C x_j \bar{h}_j(T_i) \text{ (état pur)}$$

$$H_i = \sum_{j=1}^C y_j \bar{h}_j(T_i) \text{ (état par)}$$

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

Dans le cas général on considère la colonne  
adiabatique



Handwritten equations for distillation column energy balances:

$$\begin{aligned} 1 < J < N & \quad Q_J = 0 \\ J = N & \quad Q_N = (h_N - H_{N-1}) V_{N+1} = D(1+R)(h_D - H_{N-1}) \\ J = 1 & \quad Q_1 = D h_D + B h_B - F_J h_{FJ} - Q_N \quad (\text{Bilan global}) \end{aligned}$$

la résolution de cette matrice donne les  
valeurs des débits du vapeur  $V$ , par la  
suite les valeurs des débits du liquide  
sont calculés par des bilans de matière

## Chapitre 6: Distillation des mélanges multicomposants

Dans le cas général on considère la colonne  
adiabatique

est calculés par les boucles  
ces résultats (débits selon boucle enthalpique) sont  
comparés avec les débits calculés par boucle matière

$$\frac{L_E - L_H}{L_E} \leq \varepsilon \quad \& \quad \frac{V_E - V_H}{V_E} \leq \varepsilon$$

si non il faut ~~recommencer~~ refaire la procédure jusqu'à  
la convergence des deux boucles