Chapitre 4

Distillation discontinue

- En général, les unités de distillation opèrent en continu.

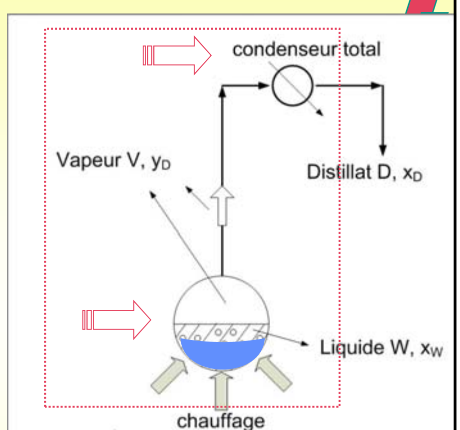
- Mode d'opération discontinue préférable pour:

  - de petites quantités à traiter
  - un produit de composition variable
  - un produit occasionnel
  - un produit contenant de faible quantité d'impuretés plus légères et/ou plus lourdes

4.1 Distillation différentielle ou distillation simple

- Le ballon fait l'office d'un étage théorique et la vapeur produite est en équilibre avec le liquide restant dans le ballon.

- Au fur et à mesure que l'opération se poursuit, la quantité de liquide dans le ballon diminue, la composition du liquide change et la température d'ébullition augmente.



Bilan matière en régime transitoire:

$$\cancelto{0}{ce\ qui\ entre} - ce\ qui\ sort + ce\ qui\ est\ \cancelto{0}{produit}$$
$$= ce\ qui\ s'accumule$$

Si on appelle W le nombre de mole dans le ballon

le bilan total s'écrit $\quad -ce\ qui\ sort = ce\ qui\ s'accumule$

$$-D = \frac{\partial W}{\partial t} \qquad [4.1]$$

le bilan partiel:

$$-Dx_D = \frac{\partial (x_W W)}{\partial t} = W\frac{\partial (x_W)}{\partial t} + x_W\frac{\partial (W)}{\partial t}$$

$$\left(\frac{\partial W}{\partial t}\right) x_D = W\frac{\partial x_W}{\partial t} + x_W\frac{\partial W}{\partial t} \quad \Rightarrow \boxed{\frac{\partial W}{\partial t}(x_D - x_W) = W\frac{\partial x_W}{\partial t}}$$

$$\frac{\partial W}{\partial t}(x_D - x_W) = \boxed{\left(\frac{\partial W}{\partial x_W}\right)\left(\cancel{\frac{\partial x_W}{\partial t}}\right)}(x_D - x_W) = W\cancel{\frac{\partial x_W}{\partial t}}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\partial W}{\partial x_W}\right)(x_D - x_W) = W \qquad \boxed{\Rightarrow \frac{\partial W}{W} = \frac{\partial x_W}{x_D - x_W}}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial W}{W} = \frac{\partial x_W}{x_D - x_W}$$

t

t=0

$$\boxed{\int_{\boxed{Wo}}^{\boxed{W}} \frac{\partial W}{W} = \int_{\boxed{x_{W_0}}}^{\boxed{x_W}} \frac{\partial x_W}{x_D - x_W} \qquad [4.3]}$$

Équation de Raleigh qui relie la quantité W de liquide restant dans le bouilleur aux concentrations du liquide (x_W) restant et de la vapeur produite (x_D)

Pour une distillation simple: x_W en équilibre avec $y_D = x_D$ $\qquad x_D = Kx_W$

Si on suppose que la volatilité K est constante
(acceptable si la température d'ébullition du liquide varie peu)
les deux membres de l'équation de Raleigh s'intègrent:

$$\boxed{Ln\frac{W}{W_O} = \int_{x_{Wo}}^{x_W} \frac{\partial x_W}{(Kx_W - x_W)}} = \boxed{\int_{x_{Wo}}^{x_W} \frac{\partial x_W}{(K-1)x_W} = \frac{1}{(K-1)}\int_{x_{Wo}}^{x_W} \frac{\partial x_W}{x_W}}$$

$$\boxed{Ln\frac{W}{W_O} = \frac{1}{(K-1)} Ln\frac{x_W}{x_{W_O}} \qquad [4.4]}$$

Volatilité relative ≅ constante

$$\boxed{x_D = y_D = \frac{\alpha\, x_W}{1+(\alpha-1)\,x_W} \quad [1.16]} \qquad \int_{W_0}^{W}\frac{\partial W}{W} = \int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\partial x_W}{x_D - x_W} \quad [4.3]$$

$$\int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\partial x_W}{\boxed{x_D} - x_W} = \int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\partial x_W}{\boxed{\frac{\alpha\, x_W}{1+(\alpha-1)\,x_W} - x_W}} = \boxed{\int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\left(1+(\alpha-1)\,x_W\right)\partial x_W}{\alpha\, x_W - x_W\left(1+(\alpha-1)\right)x_W}}$$

$$\boxed{= \int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\left(1+\alpha x_W - x_W\right)\partial x_W}{\alpha\, x_W - x_W\left(1+\alpha x_W - x_W\right)} = \int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\left(1+\alpha x_W - x_W\right)\partial x_W}{\boxed{\alpha\, x_W - x_W - \alpha x_W{}^2 + x_W{}^2}}}$$

$$= \int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\left(1+\alpha x_W - x_W\right)\partial x_W}{\boxed{x_W\left(\alpha-1\right) - x_W{}^2\left(\alpha-1\right)}} = \int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\left(1+\alpha x_W - x_W\right)\partial x_W}{\boxed{x_W\left(\alpha-1\right)\left(1-x_W\right)}}$$

$$\boxed{= \int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\boxed{\left(1-x_W+\alpha x_W\right)\partial x_W}}{x_W\left(\alpha-1\right)\left(1-x_W\right)}} = \int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\boxed{\left(1-x_W\right)\partial x_W}}{x_W\left(\alpha-1\right)\left(1-x_W\right)} + \int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\boxed{\alpha x_W\,\partial x_W}}{x_W\left(\alpha-1\right)\left(1-x_W\right)}$$

$$\int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\cancel{\left(1-x_W\right)}\partial x_W}{x_W\left(\alpha-1\right)\cancel{\left(1-x_W\right)}} + \int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\alpha\,\cancel{x_W}\,\partial x_W}{\cancel{x_W}\left(\alpha-1\right)\left(1-x_W\right)}$$

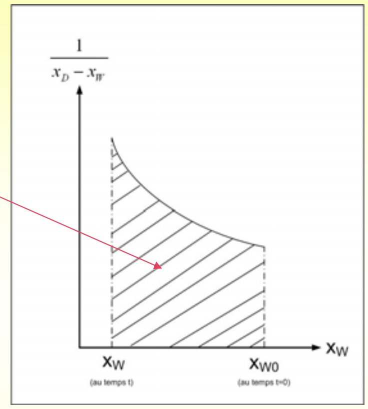
$$= \int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\partial x_W}{x_W\,\underline{\left(\alpha-1\right)}} + \int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\underline{\alpha}\,\partial x_W}{\underline{\left(\alpha-1\right)}\left(1-x_W\right)}$$

$$\boxed{= \frac{1}{\left(\alpha-1\right)}\left[\int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\partial x_W}{x_W} - \alpha\int_{x_{W_0}}^{x_W}\frac{\partial\left(1-x_W\right)}{\left(1-x_W\right)}\right]}$$

$$\boxed{Ln\frac{W}{W_O} = \frac{1}{\alpha-1}\left[Ln\left(\frac{x_W}{x_{Wo}}\right) - \alpha\, Ln\left(\frac{1-x_W}{1-x_{Wo}}\right)\right] \quad [4.5]}$$

$$\int_{Wo}^{W} \frac{\partial W}{W} = \boxed{\int_{x_{W_0}}^{x_W} \frac{\partial x_W}{x_D - x_W}} \qquad [4.3]$$

La valeur de l'intégrale du membre de droite de l'équation 4.3 peut s'obtenir graphiquement: c'est l'aire sous la courbe.



Dans certain problème, il peut être plus avantageux d'utiliser une expression différente de l'équation de Raleigh, celle-ci utilise, les nombres (n_A et n_B) des moles présentes dans le liquide plutôt que les fractions molaires.

$$n_A \, , n_B \ \left(et\ n = n_A + n_B\right) \quad , \quad dn \ variation\ élémentaire$$

$$\boxed{y_A = K_A x_A} \ , \ \boxed{y_B = K_B x_B} \Rightarrow \boxed{\frac{y_A}{y_B}} = \boxed{\frac{K_A x_A}{K_B x_B}} = \boxed{\alpha_{AB} \frac{x_A}{x_B}}$$

$$\boxed{\frac{n_A}{n_B} = \frac{x_A}{x_B},} \quad \boxed{dn_A = y_A dn} \ , \ \boxed{dn_B = y_B dn}$$

$$\frac{dn_A}{dn_B} = \frac{y_A}{y_B} = \alpha_{AB} \frac{x_A}{x_B} = \boxed{\alpha_{AB} \frac{n_A}{n_B} = \frac{dn_A}{dn_B}}$$

$$\frac{1}{\alpha_{AB}} \frac{dn_A}{n_A} = \frac{dn_B}{n_B} \qquad \Rightarrow \frac{1}{\alpha_{AB}} \int_{n_{A0}}^{n_A} \frac{dn_A}{n_A} = \int_{n_{B0}}^{n_B} \frac{dn_B}{n_B}$$

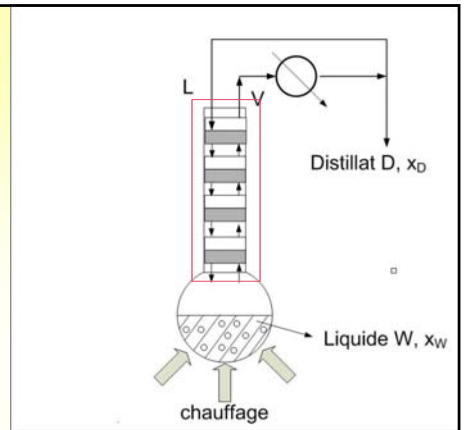
$$Ln\left[\frac{n_B}{n_{B0}}\right] = \frac{1}{\alpha_{AB}} Ln\left(\frac{n_A}{n_{A0}}\right) \qquad \boxed{\frac{n_B}{n_{B0}} = \left(\frac{n_A}{n_{A0}}\right)^{\frac{1}{\alpha_{AB}}} \quad [4.6]}$$

4.2 Rectification discontinue

Dans la distillation simple, il n'y a qu'un étage théorique. Il est possible d'installer sur le ballon une colonne permettant ainsi une séparation avec plusieurs étages.

Il y a deux façons d'opérer l'installation:

- **à reflux constant** (c'est x_D qui varie)
- **à composition constante x_D** (c'est le reflux qui varie)



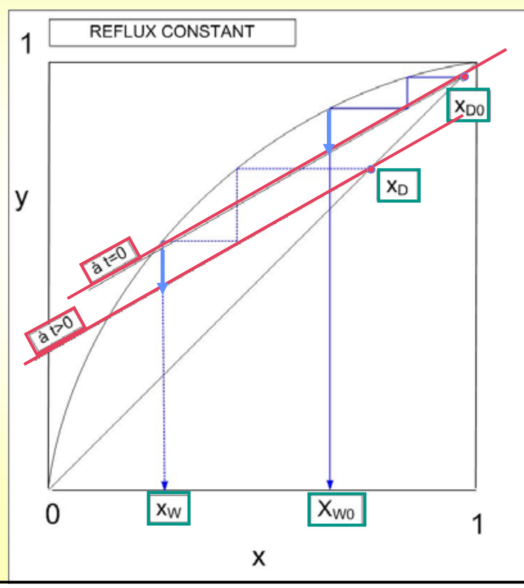
	REFLUX CONSTANT			COMPOSITION CONSTANTE		
t=0	x_{DO}	x_{W0}	L/V	x_{D0}	x_{W0}	$(L/V)_0$
t >0	x_D	x_W	L/V	x_{D0}	x_W	(L/V)

$$\int_{Wo}^{W} \frac{\partial W}{W} = \int_{x_{W_0}}^{x_W} \frac{\partial x_W}{x_D - x_W} \qquad [4.3]$$

Supposons 1 ballon + 1 plateau = 2 étages

Rectification discontinue: une seule droite opératoire

4.2.1 Construction à reflux constant:



4.2.2 Composition constante *(Supposons 1 ballon + 1 plateau = 2 étages)*