

OPU

CHI

OP: transformation et transport de la matière.
transposer les résultats pilotes (petites installations) à l'échelle industrielle.

Procédé: Σ OPU ; chaque OPU a un objectif déterminé.

OPU basé sur la thermo. du mélange à l'éq:

coeff de partage; l'éq: K

$$K_1 = \frac{x_{A1}}{x_{B1}}$$

$$K_2 = \frac{x_{A2}}{x_{B2}}$$

$$\alpha = \frac{K_1}{K_2}$$

facteur de séparation

(comment sont partagé les produits ds l)

(efficacité de la séparation)

Distillation: $A+B$ $\xrightarrow{\text{chauffage}}$ $\begin{cases} A \text{ vap} \\ B \text{ liq} \end{cases}$
Agent: Energie

Dépend de la volatilité β

volatilité $\beta = \frac{P_A}{x_A}$
 P_A ← P. partiel de A de la gaz
 x_A ← teneur de A ds la liq

Volatilité relative $\alpha = \frac{\beta_A}{\beta_B}$
 exprimé / au constituant le \oplus volatil (A)
 (possibilité de séparation: $\alpha \gg 1$)

Loi de Raoult: $P_A = P_A^0 \cdot x_A$; $\alpha = \frac{P_A^0}{P_B^0}$
 P_A^0 : P. de vap saturante: exercée par la vap sur le liq et ne peut être dépassée.
 le \oplus volatil: $P^0 \oplus$ importante.

but distillation: séparer ou enrichir

• Absorption :



Loi d'Henry :

$$P = x \cdot H$$

Utilisé pour de faible $[]$ de soluté.

- P : P du soluté (A).
- x : composition de (A) ds le liq.
- H : wt d'Henry.

• Extraction L-L :

(au d'eq)

• coeff de partage :

$$K = \frac{y_A}{x_A}$$



diluant

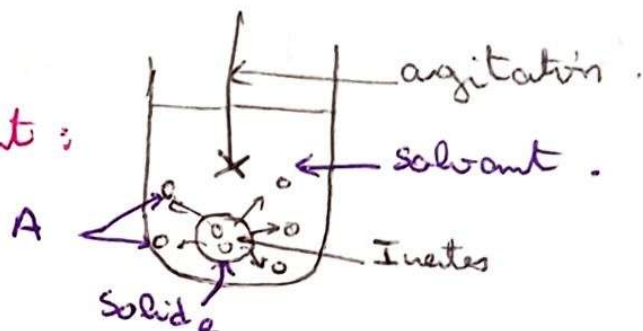
dissout le soluté ; immiscible pr le diluant.

• y_A : $[]$ A ds l'extrait.

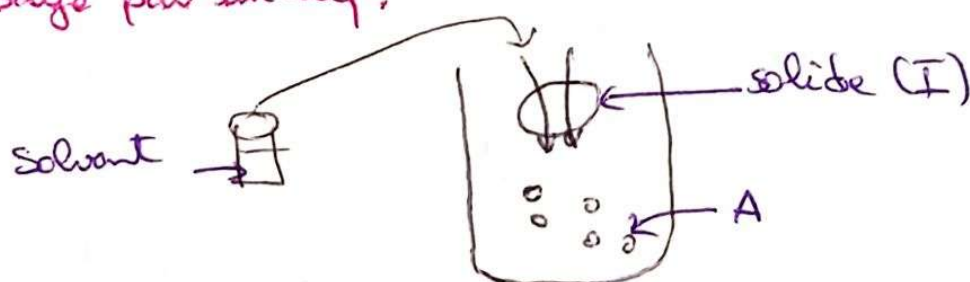
• x_A : $[]$ A ds le Raffinat.

• Extraction S-L :

• par immersion ds un solvent :



• par usage pour un liq :



solide A + I

+
solvent



$$\left\{ \begin{array}{l} \text{surverse : riche en solvent + A} \\ \text{sousverse : riche en I} \end{array} \right.$$

but : extraire, séparer ou dissoudre.

Type de fonctionnement des procédés :

- Processus continu : Régime permanent : paramètres est ds le temps

Mélange à séparer arrive en un point, produits sortent en un autre

- Processus discontinu (batch) :

• faire fonctionner l'appareil, arrêter, relancer une O. ...

- Syst. change ds le temps.

- Processus semi-continu : fonctionne vs des interruptions à intervalles réguliers

Modes de mise en contact :

- Contre courant : (P. en continu en général)

• Surface de contact \uparrow \Rightarrow meilleur transfert \Rightarrow meilleure séparation

• temps de contact \uparrow

- Courant croisés ou parallèles :

moins efficace que le contre courant.

Bilan :

$$G: E = \text{Accumulation} + S$$

pas de R^A en OPV

P :

- Estimer la productivité et le rendement de l'O.

- Envisager ou non des recyclages \uparrow

- Dimensionner les appareils.

- Se renseigner sur la bonne marche d'un appareil.

B. thermique ou d'enthalpie :

- Evaluer le coût énergétique

- Choisir le procédé le mieux adapté

- Dimensionner les surfaces d'échanges

CH II Absorption - Stripping

- absorption (lavage des gaz)

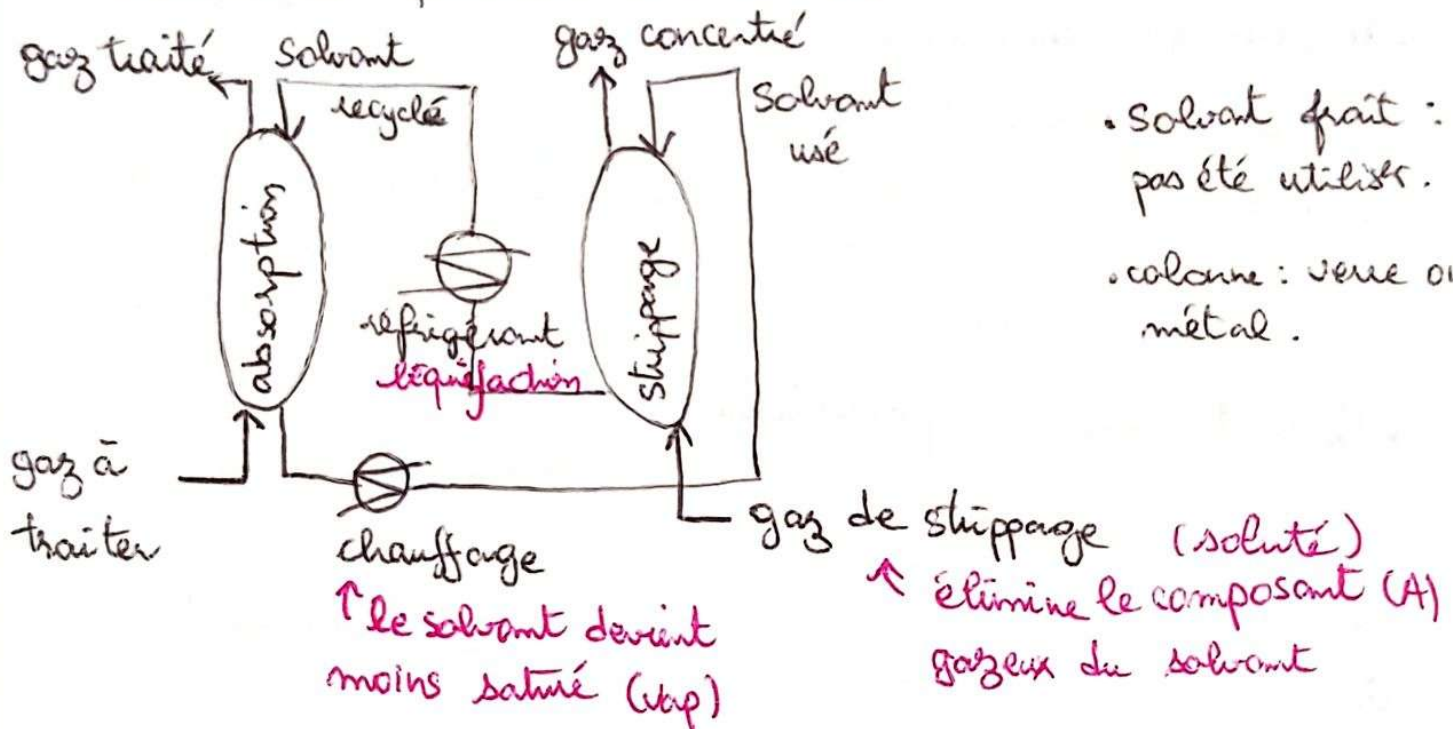
- gaz + solvant $\xrightarrow[\text{contact}]{\text{mise en}}$ TM par dissolution.

- Type :

- physique : dissolution physique, solubilité gaz-liq,

- chimique : dissolution ds le liq & formation de composés chimiques

- Contact : le \oplus souvent utilisé : contre-courant.



Loi de Dalton :

$$y = \frac{P_i}{P_T} \Rightarrow P_i = y \cdot P_T$$

P_i : P. partiel d'un constituant

P_T : P. totale

- stripping : gaz + solvant (liq chaud) $\xrightarrow[\text{contact}]{\text{mise en}}$ TM par évaporation

• Equilibre G-L, solubilité.

OPV

• gaz vecteur insoluble ds le solvant.

• Solvant non volatil. • système isobare, isotherme

la variance :

$$V = C - \varphi + 2$$

• on a : 3 espèces et 2 C $\Rightarrow V = 3$

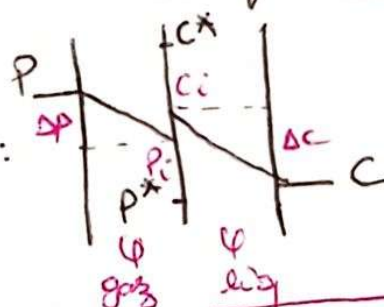
Test + Post $\Rightarrow V = 1$

• une seule donnée d'éq suffit \Rightarrow composition (teneur, C)

cette dernière est relativement faible \Rightarrow Loi d'Henry. $P = x \cdot H$

• Echange G-L :

• Double film Whitman :



P^* : P à l'éq.

P_i : P à l'interface

• Soluté de la φ_{gaz} à l'interface :

flux : $N = k_p (P - P_i) \cdot A$ ← air interfaciale (*)

Dalton : $P_i = y_i P_t$ dans (*) :

$\frac{1}{k_p}$: Résistance du TM ds φ_{gaz}
 ΔP : force de TM

$$N = k_p (y \cdot P_t - y_i \cdot P_t) \cdot A \Rightarrow N = k_p \cdot P_t (y - y_i) \cdot A$$

$$\Rightarrow N = K_y (y - y_i) \cdot A$$

$$K_y = k_p \cdot P_t$$

• Soluté de l'interface à la φ_{liq} : flux : $N = k_c (C_i - C) \cdot A$

$C = x \cdot \rho_M$ x : titre molaire du soluté
 ρ_M (kg/m^3) ou (g/cm^3)

$$\Rightarrow N = k_c (x_i \rho_M + x \rho_M) A = k_c \rho_M (x_i - x) \cdot A$$

$$\Rightarrow N = k_x (x_i - x) A$$

$$k_x = k_c \cdot \rho_M$$

$\frac{1}{k_c}$: Résistance du TM dans φ_{liq}
 ΔC : force de TM

• Coef global K_p ; K_c ; valeur à l'éq P^* ; C^*

$$\Rightarrow N = K_p (P - P^*) \cdot A$$

• $\frac{1}{K_p}$: Résistance
• $\Delta P : P - P^*$

$$N = K_c (C^* - C) \cdot A$$

• $\frac{1}{K_c}$: Résistance
• $\Delta C : C^* - C$

• Relation entre les coef du TM :

Résistance globale = ΣR_i :

$$\frac{1}{K_p} = \frac{1}{K_{G \leftarrow \text{gaz}}} = \frac{1}{K_p} + \frac{u_{\text{moy}}}{K_c} \quad \frac{1}{K_c} = \frac{1}{K_{L \leftarrow \text{liq}}} = \frac{1}{K_c} + \frac{1}{u_{\text{moy}} \cdot k_p}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{K_G} = \frac{u_{\text{moy}}}{K_L}$$

• cas particulier : gaz très soluble : $K_G = k_p$ ($\frac{u_{\text{moy}}}{K_c} = 0$:

transfert rapide : pas de résistance de la ℓ liq)

• gaz très peu soluble : $K_L = k_c$ ($\frac{1}{u_{\text{moy}} \cdot k_p} = 0$) : résistance

de la ℓ gaz est négligée, résistance du film liq est prépondérante

• Loi d'Henry applicable \Rightarrow

$$\frac{1}{K_c} = \frac{1}{k_p} + \frac{1+c}{k_c}$$

($u_{\text{moy}} = H$)

R_g colonne $N = K_y \cdot A (y - y^*)$
 $A = a \cdot V = a \cdot S \cdot z$
 \uparrow
air de la section droite

$$\frac{1}{K_c} = \frac{1}{k_c} + \frac{1}{Hc - k_p}$$

$$\Rightarrow N = K_y (a \cdot S \cdot z) (y - y^*)_{\text{moy}} \quad \Delta y_m = (y - y^*)_m = \frac{\Delta y_p - \Delta y_s}{2.3 \log \frac{\Delta y_p}{\Delta y_s}}$$

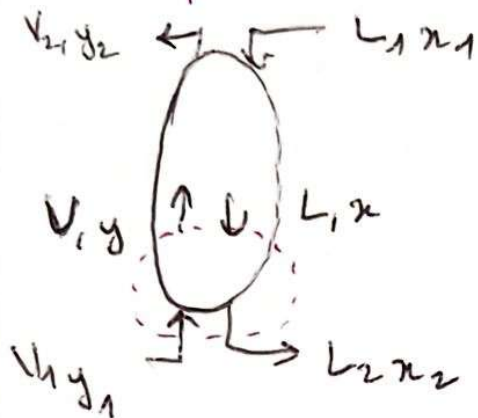
$$\text{Pour } \frac{\Delta y_p}{\Delta y_s} < 2 : \Delta y_m = \frac{\Delta y_p + \Delta y_s}{2}$$

• $y^* = f(x)$: courbe d'équilibre.

• détermination du nombre d'étage : escalier

1 étage = 100% de transfert

• absorption ds une colonne à contre courant :



BG : $L + V_1 = L_2 + V$

$Lx + V_1 y_1 = L_2 \cdot x_2 + Vy$

BP : on tire y : $y = \frac{L}{V} x + \frac{V_1}{V} y_1 - \frac{L_2}{V} x_2$

Equation de la courbe opératoire

• Cas Particuliers :

• gaz à faible teneur en soluté :

$\begin{cases} V_1 \approx V_2 \approx V \\ L_1 \approx L_2 \approx L \end{cases}$

droite

eq $\Rightarrow y = \frac{L}{V} x + \frac{V}{V} y_1 - \frac{L}{V} x_2 \Rightarrow y = \frac{L}{V} (x - x_2) + y_1$

ds ce cas : l'équilibre :

$y^* = m \cdot x$

graphiquement

• la droite opératoire est tracée pour

$\left(\frac{L}{V}\right)_{\min} = \frac{y_1^* - y_2}{x_1 - x_2}$

(rapport minimal pr que l'absorption y est)

• gaz à forte teneur en soluté :

$Y = \frac{L'}{V'} (X - X_2) + Y_1$

ds ce cas : on utilise des rapport :

$X_A = \frac{\text{mole de A}}{\text{mole de S}}$

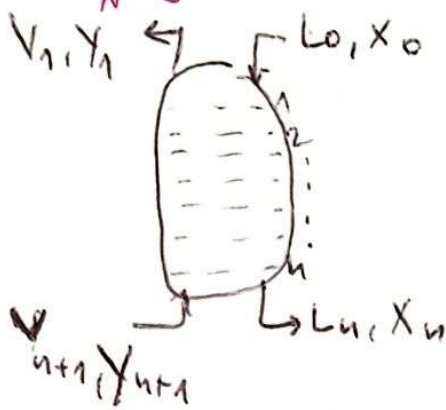
$Y_A = \frac{\text{mole de A}}{\text{mole de I}}$

I inerte.

$y^* = f(x)$

droite
d'équilibre

• Stippage d'une colonne à contre courant :



• $X_0, Y_{n+1}, \frac{L}{V}$: donnée.

• X_1 (C) du gaz à la sortie :

D.O : $y = \frac{L}{V} (X - X_0) + Y$: m que absorpt

• stippage n'est pas isotherme

• quantité max du gaz : $\left(\frac{L}{V}\right)_{max}$

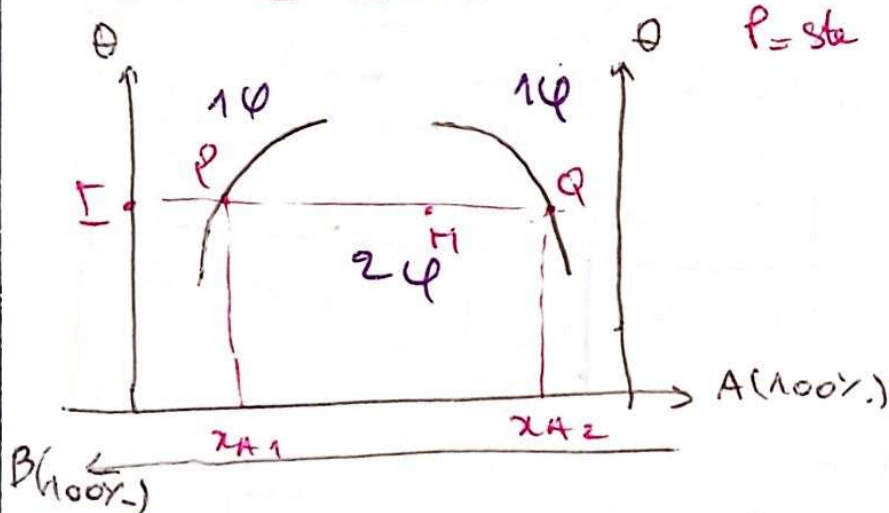
• D.E est au dessus de D.O

soluté de φ liq à φ gaz.

CH III : Extraction Liq Liq.

• Miscibilité : Si un liq est soluble à un autre (partiel et immiscibilité totale)

Courbe de miscibilité :



$P = \text{ste}$

Règle des leviers :

$$\frac{\text{composition en P}}{\text{composition en Q}} = \frac{\overline{MQ}}{\overline{MP}}$$