

LPS: phénomènes interfaciaux impliquant des fluides

Introduction

- Jusqu'ici on ne s'est pas intéressé à l'interface entre ^{plusieurs} phase et ce qui s'y déroule. Pourtant il y a des situations où l'on ne peut ignorer ses effets:

- * Goutte de liquide sur une surface
- * Expe de l'huile qu'on remue:



I La tension de surface

I.1 Définition thermodynamique

- On considère 2 phases α et β séparées par une interface Σ . Le travail réversible que doit fournir un opérateur pour augmenter l'interface de $d\Sigma$:

$$\delta W_{\alpha\beta}^{rev} = \gamma_{\alpha\beta} d\Sigma$$

$$[\gamma_{\alpha\beta}] = \frac{1}{2} \gamma_T$$

en J/m^2
ou N/m

- 1^{er} principe de la thermo appliqué à $\{\alpha + \beta + \Sigma\}$:

$$dU = TdS - pdV + \sum_i p_i dN_i + \gamma_{\alpha\beta} d\Sigma$$

$$\gamma_{\alpha\beta} = \left(\frac{\partial U}{\partial \Sigma} \right)_{S, V, \{N_i\}}$$

$$\gamma_{\alpha\beta} = \left(\frac{\partial F}{\partial \Sigma} \right)_{T, V, \{N_i\}}$$

$$\gamma_{\alpha\beta} = \left(\frac{\partial G}{\partial \Sigma} \right)_{p, T, \{N_i\}}$$

I.2 Interprétation microscopique

Ride: G



o liquide: état dense et cohésif
o On néglige l'attraction du gaz

- Les forces attractives tendent à abaisser l'énergie potentielle de la particule.

- Conséquence Amener ① sur la surface demande de l'énergie
→ La moitié de l'énergie de cohésion d'une particule

$$\gamma_{\alpha\beta} = \frac{E_{coh}}{2} \times \frac{1}{a^2} \quad \text{à la taille de la molécule.}$$

I.3 Facteurs d'influence

- Temperature $\gamma_{\alpha\beta} \approx \frac{E_{coh}}{2a^2} \approx \frac{k_B(T_{eb} - T)}{2a^2}$

$$\hookrightarrow \frac{p dG}{\gamma_{\alpha\beta} dT} \sim 10^{-2} - 10^{-1} K^{-1} \text{ important!}$$

- Tensioactifs: Esp chimique capable de l'adsorber sur l'interface et de diminuer γ

I.4 Force capillaire

- Autre vision de la capillarité
- Expérience du craquage de surface



- PFD appliquée à la tige si retenue par un opérateur

$$\vec{F}_{op} + \vec{F}_{cap} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{op} \cdot \vec{ex} = -\vec{F}_{cap} \cdot \vec{ex}$$

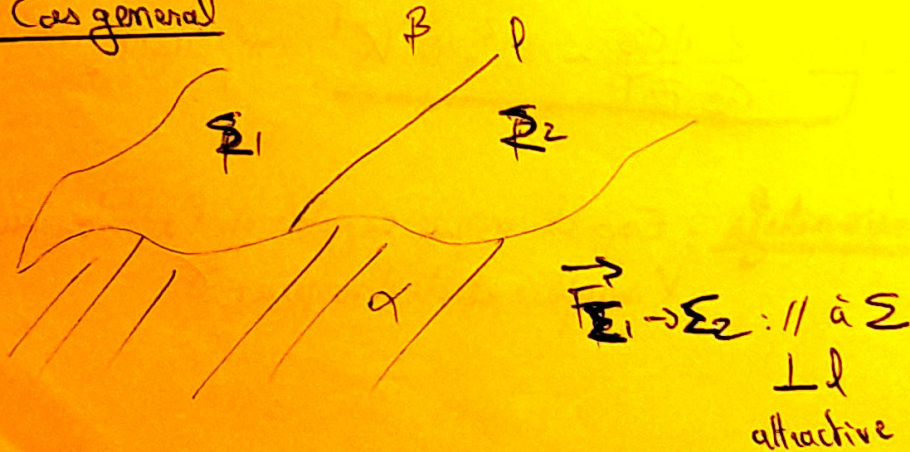
* Si déplacement infinitésimal $d\vec{x}$ $\delta W_{\alpha\beta}^{cap} = \vec{F}_{cap} \cdot d\vec{x}$
 quantitative or $\Rightarrow \delta W_{\alpha\beta}^{cap} = -\delta \alpha_{\beta} dx$

d'aut $\delta W_{\alpha\beta}^{cap} = 2\delta\alpha_{\beta} dx$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{F}_{cap} = (2\delta\alpha_{\beta}) \vec{ex}}$$

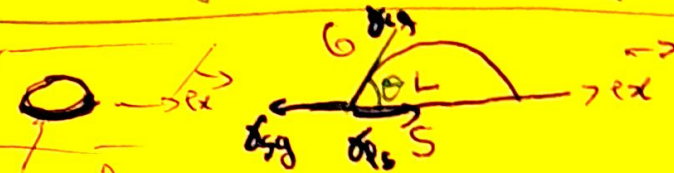
à cause du sillon
 si on passe de 2

Cas général



II Interfaces à l'équilibre

II.1 (Interfaces à l'équil) Young Dupré et mouillage



ligne triple

- PFD appliquée à la ligne triple sur $\vec{ex}$

seules les forces de tension superficielles sont significatives
 (linéique vs volumiques)
 superficielles

$$\Rightarrow \sigma_{lg} \cos \theta + \sigma_{ls} = \sigma_{sg}$$

$$\boxed{\sigma_{lg} \cos \theta = \sigma_{sg} - \sigma_{ls}}$$

Ptes:

- ① Angle de mouillage uniforme le long de la ligne triple
- ② θ unique à l'équilibre

ex. Pierre σ $\theta_1, \theta_2, \theta_3$
 $S \quad | \quad \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 !!!$

Mouillage :

• def paramètre de mouillage $S = \sigma_{sg} - \sigma_{ls} - \sigma_{lg}$

* Avec : $\cos \theta = \frac{\sigma_{sg} - \sigma_{ls}}{\sigma_{lg}} \Rightarrow \boxed{S = \sigma_{lg}(\cos \theta - 1)}$

$$\Rightarrow -2\sigma_{lg} \leq S \leq 0$$

* Cas $S > 0$: interface instable, mouillage totale

* - $S < -2\sigma_{lg}$: in ———, non mouillage



* $-2\sigma_{lg} < S < 0$: interface stable

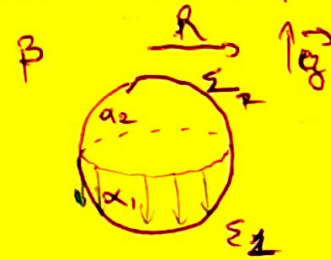
$\theta > \pi/2$: l'ig plutôt ~~non~~ mouill

$\theta < \pi/2$ ——— non mouillant

II-2 Loi de Laplace

Slide Enoncé : Si on a une interface alors il y a potentiellement discontinuité de la pression

Etude mécanique pour la sphère



PFD appliquée à $(\alpha_2 + \varepsilon z)$

$$\vec{F}_{\text{cap}} = 2\pi R \sigma_{lg} \vec{e}_z$$

$$\vec{F}_{\text{mes}} = p_{\text{int}} \cdot \pi R^2 \vec{e}_z$$

$$\vec{F}_{\text{mes } \beta - \alpha_1} = -p_{\text{ext}} \pi R^2 \vec{e}_z$$

$$-2\pi R \sigma_{lg} + \pi R^2 (p_{\text{int}} - p_{\text{ext}}) = 0$$

$$\boxed{(p_{\text{int}} - p_{\text{ext}}) = \frac{2\sigma_{lg}}{R}}$$

II-3 Compétition entre pesanteur et capillarité

Nombre de Bond

* Pour une goutte



$$E_{\sigma} \propto 4\pi R^2 \sigma_{lg}$$

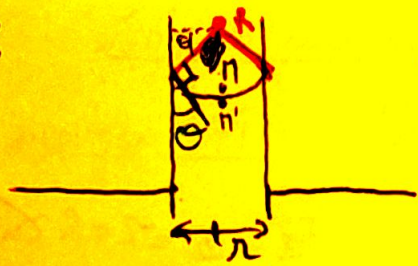
$$E_{pp} \propto \frac{4}{3}\pi R^3 \rho \times R = \frac{4}{3}\pi R^4 \rho$$

$\rightarrow$ On définit $B_0 \propto \frac{E_{pp}}{E_{\sigma}} = 1$

$$B_0 = \frac{E_{pp}}{E_{\sigma}} = R^2 \frac{\rho g}{\sigma} = \left(\frac{R}{l_c}\right)^2$$

avec $l_c = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}$

* Loi de Jurin :



$$R = \frac{r}{\cos \theta}$$

- $$\begin{aligned} P(\pi') &= P(\pi) + \frac{2\sigma}{R} \\ &= p_{atm} + \frac{2\sigma \cos \theta}{r} \\ &= p_{atm} - \rho g h \end{aligned}$$

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$

• H : pour l'éthanol $\cos \theta = 1$ (très bon mouillage)

III Aspects dynamiques