

LP05: Phénomènes interfaciaux impliquant des fluides

Niveau: CPGE ou licence (selon calcul ΔP)

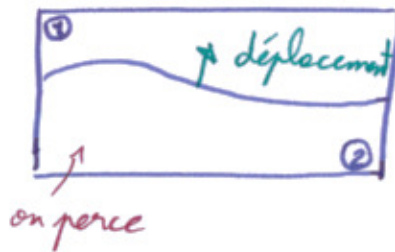
Prérequis: mécanique, thermodynamique, VdW.

- slide : goutte sur feuille (mouillage partiel)
- pièce qui flotte

I - Tension superficielle

1.1. Mise en évidence

exp:



→ ensavonné



"La surface ① exerce une force qui déplace la corde."

tension
superficielle

$$\vec{F} = 2 \gamma L \vec{n}$$

existence
de 2 surfaces.

→ "force qui pousse la surface"

force par longueur

γ : coefficient de tension superficielle (en $N \cdot m^{-1}$)
"avant percage équilibre des forces entre deux surfaces, en en faisant disparaître une → déséquilibre"

→ Origine de l'existence de la surface.

1.2. Origine microscopique

1.3. Energie

(3)

" \vec{F} " a travaillé pour déplacer la ~~cordelette~~ " "

$$\begin{aligned} \delta W &= \vec{F} \cdot d\vec{l} & d\vec{l} &= dl \vec{n} \\ &= 2\gamma \underbrace{L}_{d\Sigma} dl \end{aligned}$$

$$\boxed{\delta W = 2\gamma d\Sigma} < 0 \text{ si } d\Sigma < 0.$$

"La surface a fourni δW pour réduire Σ "
 "Cette énergie est associée à la surface"

γ : est l'énergie surfacique associée à l'existence de l'interface \rightarrow en $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$. $\text{mN} \cdot \text{m}^{-1}$

OG:

$$\gamma_{\text{H}_2\text{O}} \text{ à } 20^\circ\text{C} = 73 \text{ mJ} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{à } 50^\circ\text{C} \underline{68}.$$

4.4. Mesure de γ

$$\gamma_{\text{éthanol}} = 22 \text{ mJ} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\gamma_{\text{Hg}} = 500 \text{ mJ} \cdot \text{m}^{-2}$$

\rightarrow balance à arrachement.

"système à l'équilibre préalable"

"on amène l'eau à affleurement"

\rightarrow "déséquilibre à cause de"



$$T = 2\gamma \cos \theta L$$

$$\begin{aligned} \theta &\simeq 0 \\ \cos \theta &\simeq 1. \end{aligned}$$

"on rétablit l'équilibre par le poids de la balance"

à l'équilibre :

$$mg = 2\gamma L$$

$$\gamma = m \underbrace{\frac{g}{2L}}_{100 \text{ s}^2}$$

$$g = 9,81 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$L = 4,905 \text{ cm}$$

$$\xrightarrow{m} \gamma =$$

$$\gamma_{\text{th}} = 73 \text{ mJ} \cdot \text{m}^{-1}$$

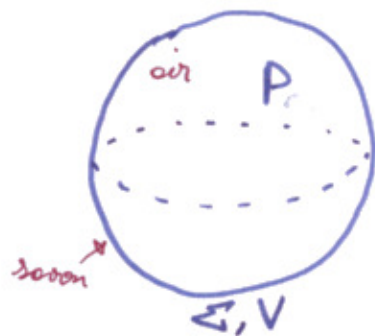
"On a vu l'existence d'une force et une énergie associée à l'existence d'une interface"

"~~Il~~ Voyons maintenant son rôle dans la ^{forme} formation de bulles de savon ou de gouttes"

II - Interfaces statiques

2.1. Surpression due à la tension superficielle.

a) Bulle de savon.



"bulle sphérique car on néglige la gravité"

"On considère la bulle à l'équilibre mécanique."
"Elle subit:"

• "le travail des forces de pression internes et externe":

$$- P_0 dV$$

$$+ P dV$$

→ car sens de variation dV.

$$\delta W > 0 \text{ si } dV > 0 \text{ pour } P$$

• "travail des forces de tension superficielle"

$$- 2 \gamma d\Sigma$$

$$\rightarrow \delta W > 0 \text{ si } d\Sigma > 0.$$

À l'équilibre (TEC) $\delta W_{\text{tot}} = 0$

$$-(P_0 - P) dV + 2 \gamma d\Sigma = 0$$

Or $d\Sigma = 8\pi R dR$

$$dV = 4\pi R^2 dR$$

\Rightarrow

$$P - P_0 = \frac{4\gamma}{R} > 0.$$

"Il y a donc une surpression."

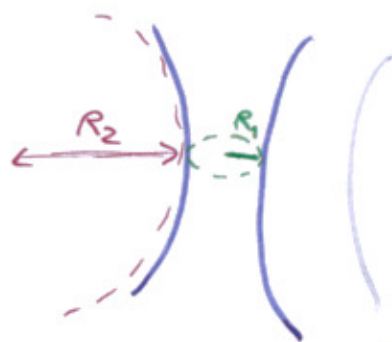
"Le centre de courbure se situe dans la région de forte pression".

"On peut généraliser ce résultat"

b) Loi de Laplace.

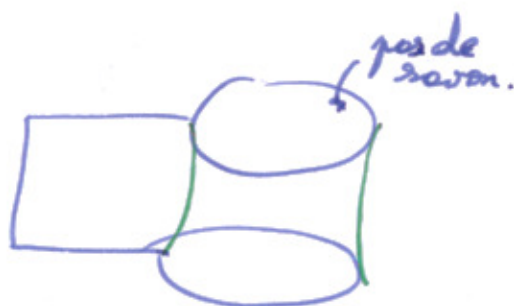
$$\Delta P = 2\gamma C$$

où $C = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
 > 0



R_i algébrique
 < 0 car à l'extérieur

exp:



égalité de R_1 et R_2
 car $\Delta P = 0$.

2.2. Mouillage

slides: goutte eau et mercure.

"C'est due aux \neq Energie de surface impliquée"

"lutte entre 2 situations:

$$\begin{array}{c} G \\ \hline L \\ \hline S \end{array} \quad \begin{array}{l} \gamma_{lg} \\ \gamma_{sl} \end{array}$$

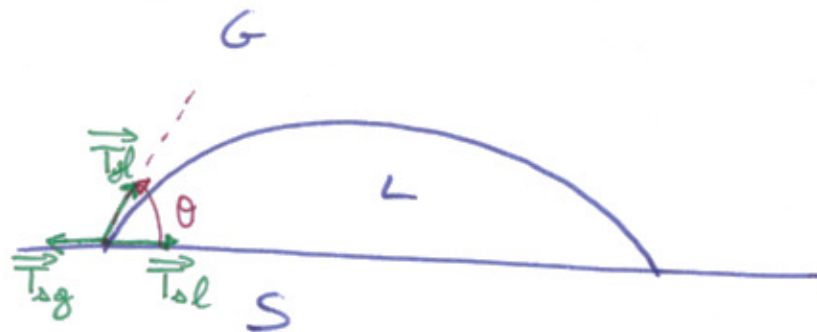
$$\begin{array}{c} G \\ \hline S \end{array} \quad \gamma_{sg}$$

2.2. Equilibre d'une goutte

(6)

a) Angle de mouillage

slide: goutte eau et mercure.



Equilibre sur l'horizontale:

$$0 = \gamma_{gl} dl \cos \theta - \gamma_{sg} dl + \gamma_{sl} dl$$

Donc $\boxed{\gamma_{gl} \cos \theta = \gamma_{sg} - \gamma_{sl}}$

condition d'Young.

Si $\gamma_{sg} < \gamma_{sl} + \gamma_{gl}$, $\cos \theta < 0 \rightarrow \theta > 90^\circ$
 coute moins, il y a mouillage faible.

Si $\gamma_{sg} > \gamma_{sl} + \gamma_{gl}$, θ n'est pas défini,
 le mouillage est totale car sg coute trop.

b) Paramètre de mouillage.

$$\frac{G}{L} \quad \gamma_{sg}$$

$$\frac{L}{S} \quad \gamma_{sl}$$

$$\frac{G}{S} \quad \gamma_{sg}$$

Paramètre d'étallement / mouillage :

$$S = \gamma_{sg} - \gamma_{sl} - \gamma_{lg}$$

"on compare
deux situations"

- $S \gg 0$: plus favorable de former interface
sl et lg \rightarrow film liquide
 \rightarrow mouillage total.
- $S \leq 0$: plus favorable de former interf sg
 \rightarrow mouillage partiel.

"Voyons maintenant le rôle de cette tension dans la forme des bulles de savon ou des gouttes" (4)

II - Interface statique

2.1. Surpression dans une bulle.

T_0, P_0

air



"On va traiter ce pb thermodynamiquement"

"T et P variable \rightarrow G enthalpie libre bon pot pertinent"
syst {b+a}

$$\rightarrow dG = dU + \underset{\substack{\uparrow \\ \text{ext}}}{p_0} dV - \underset{\substack{\uparrow \\ \text{ext}}}{T_0} dS.$$

$$\text{où } dU = dU_a + dU_b$$

$$dU_a = T_a dS_a - p dV$$

$$dU_b = T_b dS_b + 2\sigma d\Sigma$$

\uparrow ? interf air savon.

Alors puisque $dS = dS_a + dS_b$:

$$dG = (T_b - T_0) dS_b + (T_a - T_0) dS_a + (p_0 - p) dV + 2\sigma d\Sigma$$