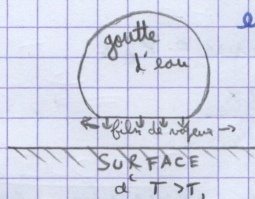
PHYSIQUE de la MATIÈRE MOLLE

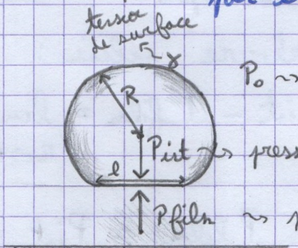
COURS 3

I. Effet Leidenfrost

- Suspension d'une goutte au-dessus d'une surface chauffée à une température $T > T_L$, où T_L, la température critique, est appelée "température de Leidenfrost".



→ . Par évaporation, une couche gazeuse se forme et soutient une goutte. La pression de la vapeur étant supérieure à la pression atmosphérique, la vapeur sous la goutte s'échappe sur les côtés (haute pression → basse pression constamment tandis que de la vapeur continue de se former sous la goutte par évaporation progressive de celle-ci.



- Condition pour que la goutte soit en suspension :

$$P_{film} \sim P_{int} + P_0$$

Surface de contact vapeur-goutte sous la goutte : $S = l^2$

Notons F le poids de la goutte.

Avec ρ la masse volumique,

On a : $F = \underbrace{\frac{4}{3}\pi R^3 \cdot \rho}_{\text{masse de la goutte}} \cdot g$

et $P_{int} = \frac{F}{S} = \frac{F}{l^2}$

$\hookrightarrow$ $P_{film} \sim \frac{\rho \cdot R^3 \cdot g}{l^2} + P_0$ (1)

• Laplace donne, pour une goutte avec tension superficielle γ dans l'air à $P_{atmosphérique} = P_0$:

(goutte de rayon R) $P_{int} - P_0 = \frac{2\gamma}{R}$

$\hookrightarrow$ Appliquons à la goutte en suspension par effet Leidenfrost :

• À l'interface air ambient - goutte, on a un rayon de courbure R et $P_{int} - P_0 = \frac{2\gamma}{R}$

• À l'interface film - goutte, on a une surface plane, ce qui correspond à un rayon de courbure infini :

$P_{int} - P_{film} = \lim_{r \to +\infty} \frac{2\gamma}{r} = 0$

$\hookrightarrow$ $P_{film} = P_{int} = \frac{2\gamma}{R} + P_0$ (2)

- En remplaçant dans (1) P_{film} par son expression donnée par (2), on trouve :

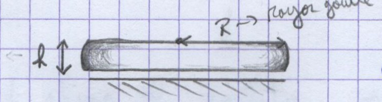
$\frac{(2)\gamma}{R} \sim \frac{\rho R^3 g}{l^2}$

- On déduit : $l \sim \left(\frac{\rho R^4 g}{\gamma}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{R^2}{\boxed{\sqrt{\frac{\gamma}{\rho g}}}} = K^{-1}$

liée au rapport de forces gravité - tension de surface

en longueur capillaire

- Voyons, pour une goutte présentant cette configuration au-dessus d'une surface :



On a une goutte de volume $V = 4\pi R^2 . l$

Bilan d'énergie : $\Delta E = \underbrace{\pi R^2 \gamma}_{\text{énergie liée à la tension superficielle}} + \underbrace{\frac{1}{2}\pi R^2 l^2 \rho g}_{\text{énergie gravitationnelle}}$

Avec $\frac{\partial \Delta E}{\partial R} = 0$, on obtient une hauteur $\underline{l \sim K^{-1}}$

II. Résolution de l'exercice 6 abordé au cours 2 (chapitre I.)

- On s'interroge sur la possibilité de faire fondre de la glace par la simple différence de pression lorsqu'on applique la lame d'un patin chaussé par un patineur (On estime sa masse à 70 kg) sur celle-ci.

On souhaite utiliser la version générale de l'équation de Clausius - Clapeyron pour résoudre l'exercice (PAS l'équation vue en BAC1 pour les gaz) :

$$\boxed{\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T . \Delta V_l}}$$

$\Delta V_l = 9.10^{-5} \frac{m^3}{kg}$

$L = 333.10^3 \frac{J}{kg}$

pour H_2O

NÉCESSITÉ D'AVOIR COMPRIS une ÉQUATION pour L'UTILISER CORRECTEMENT.

On encore : $dP = \frac{L}{\Delta V_e} \cdot \frac{dT}{T}$

- En intégrant à gauche entre la pression $P_1 = P_{atm}$ et P_2 (la pression exercée par les patins sous le poids du patineur et sur la glace $\leftarrow \tilde{P}_2$ + P_{atm}), on obtient :

$$\underbrace{P_2 - P_1}_{:= \Delta P} = \frac{L}{\Delta V_e} \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{T_2}{T_1} = \exp\left(\frac{\Delta V_e \cdot \Delta P}{L}\right) \qquad (3)$$

Pour déterminer $\tilde{P}_2$, on utilise le poids du patineur $F \simeq 700\,N$

et la surface de contact lames - glaces

(largeur d'une lame $\simeq 10^{-3}\,m \;:= l_1$

longeur " " $\simeq 2{,}5 \cdot 10^{-1}\,m \;:= l_2$)

$$S = \underbrace{2}_{} \cdot l_1 \cdot l_2$$

2 lames sur lesquelles le poids total du patineur est réparti

$$\tilde{P}_2 = \frac{F}{S} \qquad (\Delta P = P_2 - P_1 = \tilde{P}_2)$$

- Finalement, en remplaçant par les valeurs numériques dans (3), on obtient :

$$\frac{T_2}{T_1} = \underbrace{1{,}0000\ 378\ 386}_{:= k}$$

Voyons pour de la glace à $-5°C$ ($\simeq 268\,K$)

$$T_2 = k \cdot T_1 < 0°C \quad (\simeq 273\,K)$$

$\Rightarrow$ on n'aura pas fonte de la glace !

- Calculons la différence de pression nécessaire à faire fondre de la glace à $-1°C$; autrement dit, nécessaire au passage de celle-ci de $-1°C$ à $0°C$:

$$\Delta P = \frac{L}{\Delta V_e} \cdot \ln\left(\frac{273\,K}{272\,K}\right)$$

$$\simeq \frac{4}{3} \cdot 10^7 \text{ Pa} \simeq \underline{\underline{135}} \text{ atm}$$

↳ haute différence !

- En réalité, le phénomène permettant d'expliquer le glissement des patineurs sur la glace n'est pas clairement compris, mais est probablement lié à la notion d'énergie de surface.

(↳ encore plus de difficultés à expliquer de manière précise les phénomènes permettant de skier !)

III. Exercice à résoudre pour le cours 4

- Calculer l'énergie de liaison dans un cristal de $NaCl$. (liaisons ioniques → force électrostatique).
- Expliquer pourquoi le sel se dissout dans l'eau.

- Possibilités de recherches personnelles supplémentaires :
  - Pression de Laplace en détails
  - Applications liées à l'effet Leidenfrost (sous-marins ; ...)
  - Énergie de surface et adhésion dans neige et glace.