

TENSIONS DE SURFACE

PHENOMENES DE

CAPILLARITE



TENSIONS DE SURFACE

I. Les forces de tension superficielle

Ces quelques observations quotidiennes et simples mettent en exergue ce phénomène :

- montée de l'eau dans un tube capillaire au dessus du niveau dans le récipient.
- Un trombone métallique peut flotter à la surface de l'eau.
- Formation d'un ménisque à la surface d'un liquide, au contact de la paroi d'un récipient.
- Formation des bulles de savon dans l'air.
- Encre est retenue sur la plume d'un stylo.
- Une goutte d'eau accrochée au robinet sans tomber.

Ce sont les interactions intermoléculaires de Van der Waals qui sont à l'origine de ces forces.

Soit un liquide contenu dans un récipient au contact de l'air (figure 1).

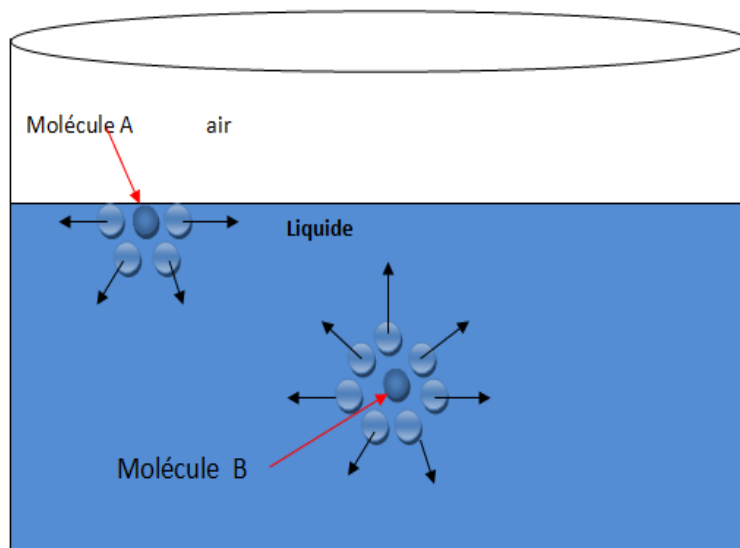


Figure1

Dans le liquide : la molécule B est entourée de molécules identiques; la résultante des forces d'attraction est nulle :

$$\vec{\Sigma F} = \vec{0}$$

A la surface du liquide la molécule A est entourée de molécules différentes ; Les forces de cohésion étant beaucoup plus faibles dans la phase gazeuse que dans la phase liquide, les molécules situées à la surface libre sont soumises à une force d'attraction de la part des molécules de la phase liquide qui tend à les enfoncer au sein du liquide.

La résultante des étant non nulle ; il en résulte une force dirigée vers l'intérieur.

$$\vec{\Sigma F} \neq \vec{0}$$

La surface libre du liquide (l'interface liquide-air) est assimilable à une membrane soumise à des forces dirigées vers le liquide on parle de forces de tension de surface ou forces de tension superficielle ces forces tendent à la minimiser.

Un liquide avec une surface libre possède une énergie superficielle proportionnelle à l'aire de cette surface.

Par ce phénomène toute interface liquide tend à minimiser sa surface. Par exemple une goutte liquide prend la forme sphérique qui correspond à l'aire minimale pour un volume donné.

II. Coefficient de tension superficielle

Soit un film de liquide (eau savonneuse) à l'intérieur d'un cadre rectangulaire BCMN (figure 2). La tige MN étant amovible ; on remarque que si on n'exerce pas une force P sur la tige vers le bas, elle tend à se déplacer vers le haut de façon à diminuer la surface du film. On conclue l'existence d'une force F. Cette force est appelée force de tension superficielle ; elle est répartie uniformément sur toute la tige MN de longueur l ; on définit le coefficient de tension superficielle par :

$$\sigma = \frac{F}{l}$$

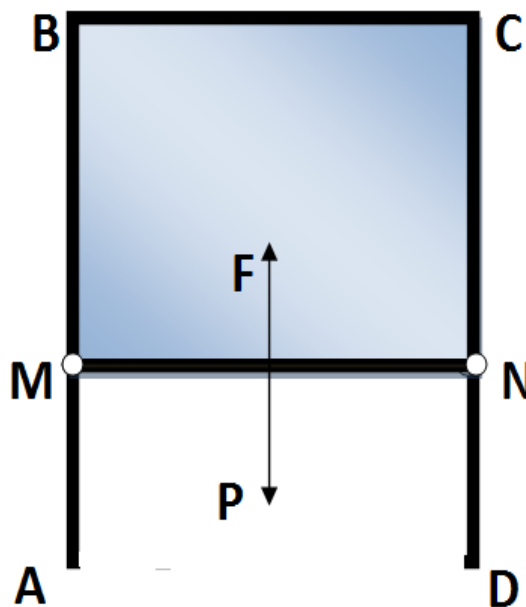


figure 2

F= force de tension.

σ = coefficient de tension superficielle (N/m).

- σ est indépendante de la surface du liquide.
- σ est une constante du liquide.
- σ diminue lorsque la température augmente.

Dans le cas où on l'applique pas la force P ; la force F, dans son déplacement dx ; effectue un travail dw donné par :

$$dw = F dx$$

dx = déplacement de la tige.

Ce travail correspond à une énergie de tension que possédait la surface.

$$dw = F dx \quad \text{avec } F = \sigma.l \quad \longrightarrow \quad dw = \sigma.l.dx$$

$$\text{La surface est donnée par } ds = l.dx \quad \longrightarrow \quad dw = \sigma.ds$$

$$\sigma = \frac{dw}{ds}$$

Remarque

$$\sigma = \frac{\text{force}}{\text{unité de longueur}}$$

$$\sigma = \frac{\text{énergie}}{\text{unité de surface}}$$

Liquide	σ (N /m)
Eau à 0°C	0,076
Eau à 20°C	0,073
Eau à 100 °C	0,059
Mercure à 20°C	0,45
huile : à 20 °C	0.032

Loi de Laplace

Soit une surface courbe de rayons de courbures R_1 et R_2 qui sépare deux fluides (figure 3) ; a la traversé de cette surface de la face convexe vers la face concave la pression subit un accroissement donné par :

$$\Delta P = P_i - P_e$$

$$\Delta P = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

P_i = pression intérieure

P_e = pression extérieure

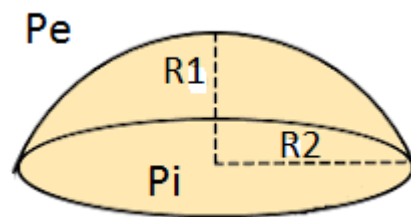


Figure 3

III. Application de la loi de Laplace

1- Goutte d'eau

Soit une goutte d'eau (figure 4).

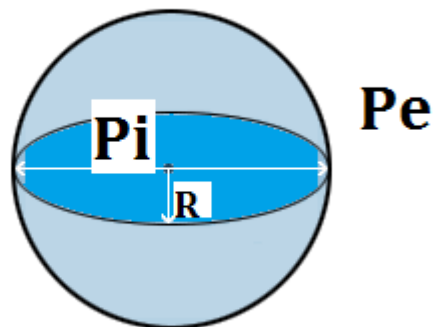


Figure 4

$$\Delta P = P_i - P_e$$

$$\Delta P = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$R_1 = R_2 = R \longrightarrow \Delta P = \sigma \left(\frac{2}{R} \right) \longrightarrow \Delta P = \frac{2 \cdot \sigma}{R}$$

2- Bulle de savon

Soit une bulle d'eau savonneuse (figure 5).

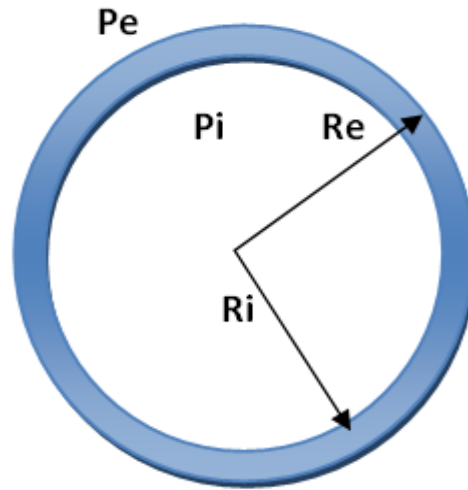


Figure 5

On a $\Delta P = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$

$$\left. \begin{array}{l} P_m - P_e = \frac{2 \cdot \sigma}{R_e} \\ P_i - P_m = \frac{2 \cdot \sigma}{R_i} \end{array} \right\} \longrightarrow P_i - P_e = 2\sigma \left(\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_e} \right)$$

$$R_i \approx R_e = R \longrightarrow P_i - P_e = \frac{4 \cdot \sigma}{R}$$

IV. Loi de Jurin

L'ascension (la dépression) d'un liquide dans un capillaire est appelée phénomène de capillarité.

L'élévation (l'abaissement) est fonction de la tension superficielle, l'angle de contact et du rayon du tube.

Soit un tube capillaire plongé dans un liquide (figure 6), on remarque que le liquide monte jusqu'à une h et s'arrête en restant en équilibre. Les forces auxquelles est soumise la colonne de liquide sont son poids et la force de tension superficielle ; exprimons la hauteur h de montée du liquide.

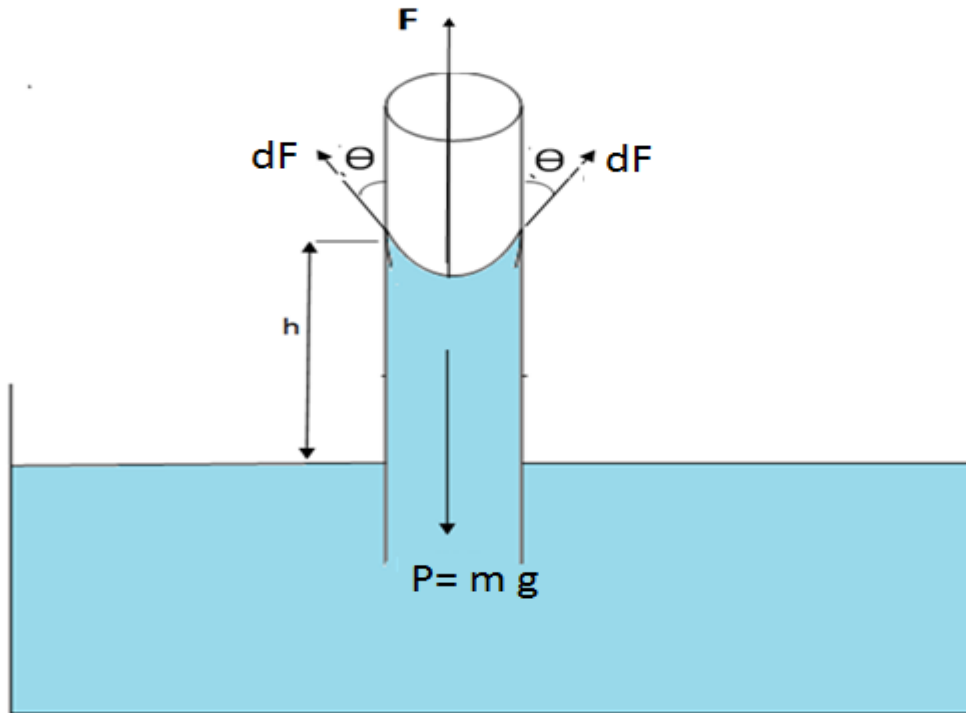


Figure 6

La tension superficielle agit avec un angle autour d'un cercle de rayon r ; la force verticale due à cette tension est donnée par :

$$F = 2 \pi r \sigma \cos(\theta)$$

Cette force est équilibrée par le poids du liquide dans le capillaire elle est donnée par :

$$P = \rho g \pi r^2 h$$

$$F = P \longrightarrow 2 \pi r \sigma \cos(\theta) = \rho g \pi r^2 h$$

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

$$\theta > 0 \longrightarrow h > 0 \text{ il y a montée du liquide (ascension).}$$

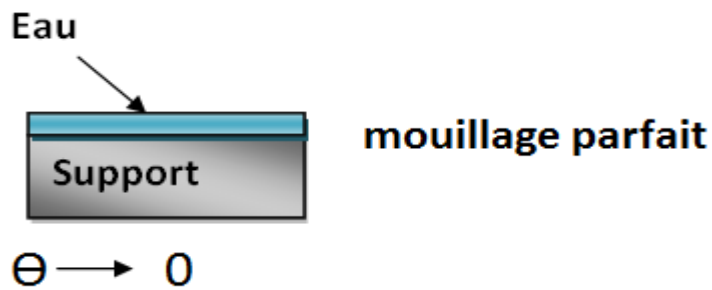
$$\theta = 90 \longrightarrow h = 0$$

$$\theta < 0 \longrightarrow h < 0 \text{ il y a descente du liquide (dépression).}$$

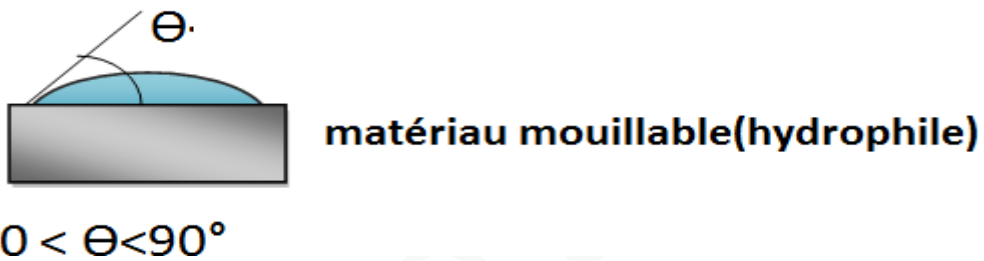
VI. Phénomènes aux interfaces –angles de contact

Soit un liquide en contact avec un corps solide ; quatre situations peuvent être observées selon les forces de contact.

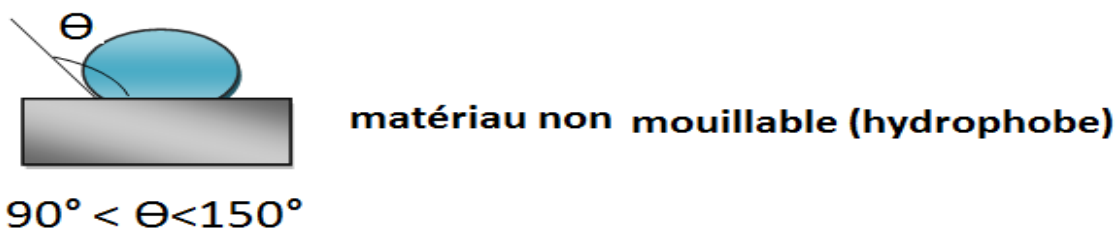
1° cas :



2° Cas



3° Cas :



4° Cas

