

LA TENSION SUPERFICIELLE

1. Pression d'un fluide

1.1 Définition

C'est le quotient de la force de pression F qui s'exerce sur l'élément de surface S par l'aire de cette surface S

$$P = \frac{F}{S}$$

P : Pression s'exprime en pascal (Pa)

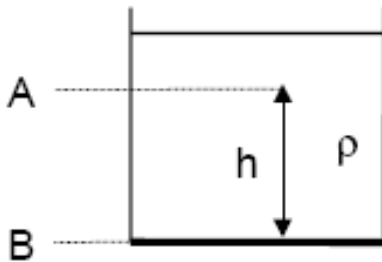
F : force de la pression s'exprime en newton (N)

S : aire de la surface s'exprime en mètre carré (m^2)

1.2. Principe fondamental

Dans un fluide au repos soumis uniquement aux forces de pesanteur et de masse volumique ρ constante, la différence de pression entre deux points A et B est égale à :

$$P_B - P_A = \rho g h$$



P_B, P_A : pressions en B et A : Pa (pascal)

ρ : masse volumique du liquide : kg/m^3

g : accélération de la pesanteur : m/s^2

h : distance verticale entre A et B : m

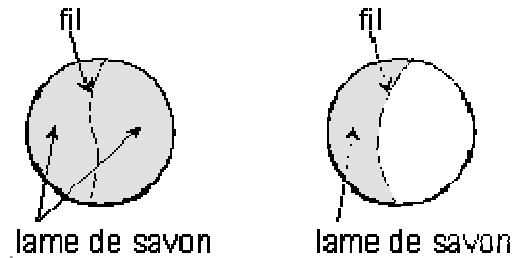
2. Tension superficielle

2.1 Le phénomène

- La surface libre de l'eau dans un tube forme un ménisque près des bords.
- Une aiguille fine en acier flotte à la surface de l'eau.
- L'eau monte dans un capillaire alors que le mercure descend.
- Une plaque de verre adhère très fortement à une surface plane lorsque celle-ci est mouillée.



- Une lame de savon prend une forme telle que sa surface soit minimale.
On forme une lame d'eau de savon sur un verre sur lequel on a placé un fil de coton.
Lorsqu'on perce une partie de cette lame, l'autre partie attire le fil comme une membrane élastique. La surface libre d'un liquide tend à se contracter spontanément de façon à acquérir une aire minimale.



2.2 Définition

La tension superficielle est définie comme étant une force par unité de longueur agissant à la surface libre d'un liquide. Elle tend à diminuer cette surface.

$$\gamma = \frac{F}{L}$$

avec F en N , L en m et γ (ou σ) (tension superficielle) en $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$.

Dans la relation précédente, le coefficient γ s'appelle **tension superficielle** du liquide.

Dans le système international (SI), l'unité de **tension superficielle** n'a pas de nom particulier : ($\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$).

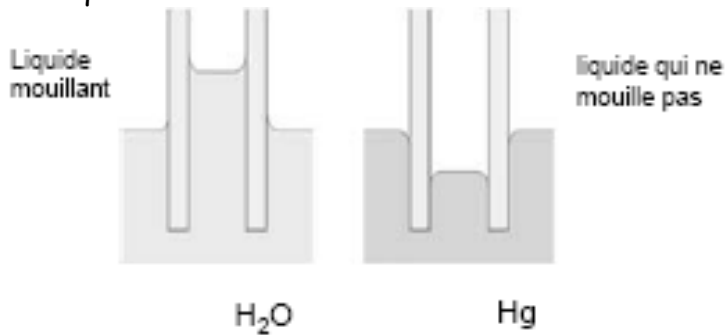
Ordres de grandeur (dans le cas d'interface liquide-air)

Liquide	γ ($\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$) à 20 °C
eau (à 20 °C)	73×10^{-3}
eau (à 0 °C)	$75,6 \times 10^{-3}$
huile végétale	32×10^{-3}
Ethanol	22×10^{-3}
Ether	17×10^{-3}
Mercure	480×10^{-3}

3. Capillarité : Loi de Jurin

3.1 Mise en évidence

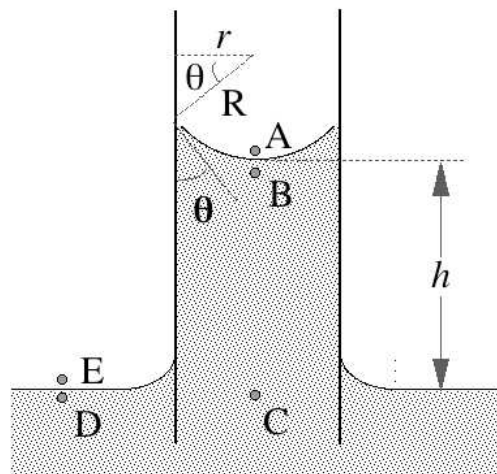
Si on plonge un tube capillaire en verre de rayon r dans un liquide mouillant (eau, par exemple), on observe une ascension immédiate du liquide dans le tube. On constate, en outre, que la surface du liquide dans le tube présente un ménisque concave.



3.2 Loi de Jurin

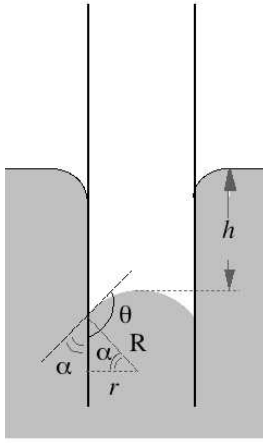
L'élévation h d'un liquide dans un tube est donnée par la loi de Jurin.

a) cas d'un liquide mouillant



$$h = \frac{2\gamma}{\rho g r} \cos \theta \text{ Loi de Jurin}$$

b) Cas d'un liquide non mouillant

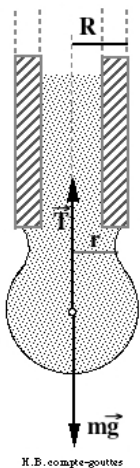


Dans ce cas $\theta > 90^\circ$ donc la loi de Jurin s'écrit :

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

4. Méthodes de mesures de la tension superficielle

4.1 Méthode de la goutte tombante ou stalagmométrie



Lorsqu'un liquide, de masse volumique ρ , s'écoule par un tube fin, le poids des gouttes obtenues est proportionnel à la tension superficielle γ du liquide et au rayon extérieur R du tube :

$$mg = kR\gamma$$

On compte le nombre N de gouttes qui s'écoulent pour un volume V donné délimité par deux traits de jauge gravés sur le tube. :

$$N = \frac{V\rho g}{kR\gamma}$$

Le stalagmomètre est étalonné avec de l'eau pure à 20°C :

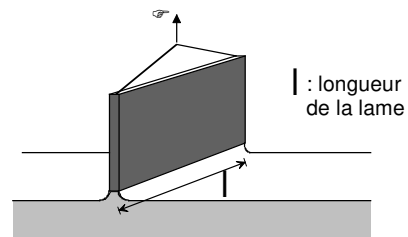
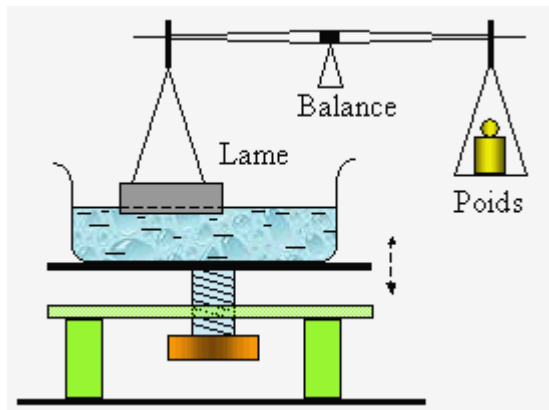
$$N_0 = \frac{V\rho_0 g}{kR\gamma_0}$$

On obtient :
$$\gamma = \gamma_0 \cdot \frac{\rho}{\rho_0} \cdot \frac{N_0}{N}$$

4.2 Méthode de la lame immergée ou de l'anneau immergé

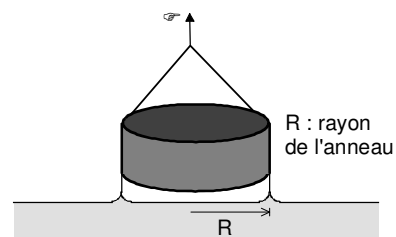
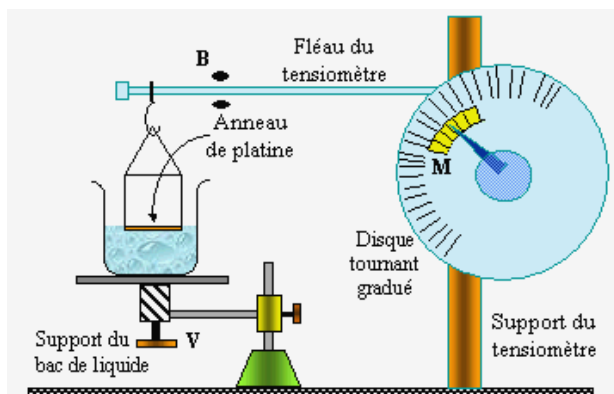
a) La méthode de traction d'une lame verticale

Une lame de platine, parfaitement propre, de longueur L , plongée dans un liquide de tension superficielle γ , est soutenue par le levier d'une balance de torsion qui permet de mesurer la force F exercée sur la lame (le zéro est réglé lorsque la lame est dans l'air). On soulève doucement la lame jusqu'à ce qu'elle affleure le liquide (la poussée d'Archimède est alors nulle) et on mesure alors la force $F = 2 \cdot \gamma \cdot L$. On en déduit une valeur de γ .



b) La méthode d'arrachement

La lame peut être remplacée par un anneau de rayon R , soutenu par un dynamomètre. On soulève lentement l'anneau et, au moment de son arrachement de la surface du liquide, on mesure la force $F = 4 \cdot \pi \cdot R \cdot \gamma$. On en déduit une valeur de γ .



4.3 Méthode du capillaire

On applique la loi de Jurin. On mesure la dénivellation h et connaissant les autres paramètres, on en déduit une valeur de γ .

$$h = \frac{2\gamma}{\rho g r} \quad (\theta = 0^\circ \text{ donc } \cos\theta = 1 \text{ car liquide parfaitement mouillant})$$