NOM : Prénom :

M8 :Capillarité

A- Description du phénomène

Sous l'effet de la pesanteur, chaque molécule d'un liquide descend jusqu'à ce qu'elle ne puisse plus le faire : le liquide épouse alors la forme du récipient.

Cependant, il existe des forces intermoléculaires (de Van der Waals) entre ces molécules. Et en l'absence de pesanteur, ces molécules s'attirent suffisamment pour former alors une sphères (cf expériences dans l'espace).

Il en est de même du mercure abandonné sur une surface lisse : il forme des billes qui roulent !

De la même façon, la surface libre de l'eau dans un tube forme un ménisque près des bords.

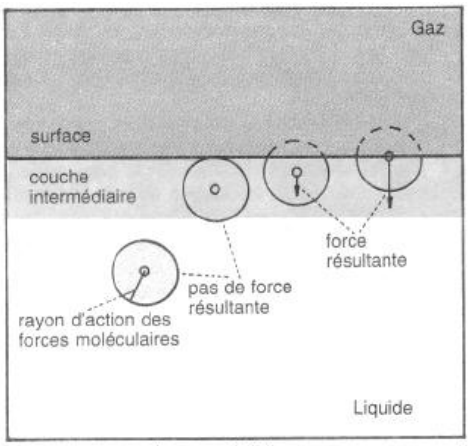
Une aiguille fine en acier flotte à la surface de l'eau.

Une plaque de verre adhère très fortement à une surface plane lorsque celle-ci est mouillée.

Explication :

Au sein d'un liquide, les interactions moléculaires sont plus ou moins uniformes. En revanche, les molécules de la surface libre sont attirées plus fortement vers l'intérieur du liquide, puisque aucune autre molécule de liquide ne compense cette attraction. Elles forment ainsi une pseudo-membrane à la surface du liquide.

La surface libre d'un liquide tend alors à se contracter spontanément de façon à acquérir une surface minimale.



Origine de la tension superficielle

B- La tension superficielle

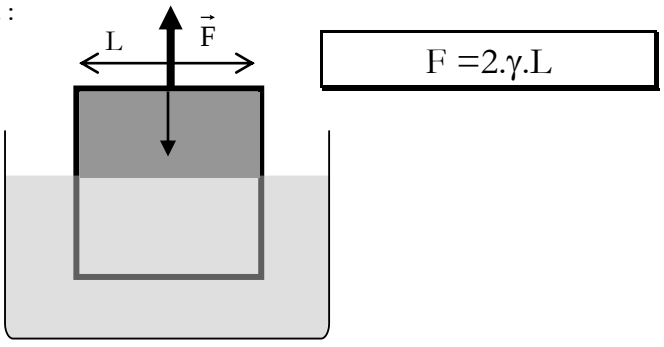
1. Détermination de la force de tension superficielle

Considérons un cadre métallique attaché sur sa longueur L à un dynamomètre, et plongé dans un liquide.

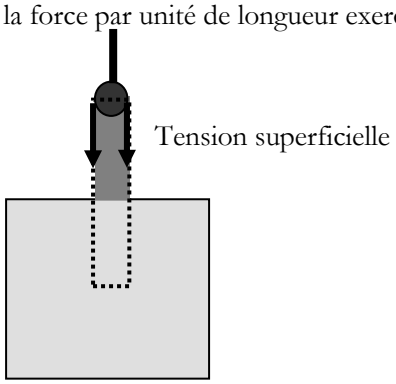
En remontant doucement celui-ci, une couche mince liquide se forme entre les branches du cadre.

On constate par ailleurs qu'au poids du cadre s'ajoute une force F pour maintenir le cadre en équilibre.

Si on suppose que le poids du film liquide est négligeable, alors on peut dire que cette force est exercée par les 2 faces du film sur L. Si on appelle γ **la tension superficielle**, autrement dit la force par unité de longueur exercée par une surface, on a :



$$F = 2.\gamma.L$$



Vue de face Vue de profil

Dimension : $[\gamma] = M.T^{-2}$.

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

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

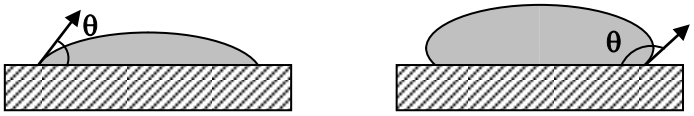
liquide	γ ($N \cdot m^{-1}$) à 20 °C
eau (à 20 °C)	$73 \cdot 10^{-3}$
eau (à 0 °C)	$75{,}6 \cdot 10^{-}3$
huile végétale	$32 \cdot 10^{-3}$
éthanol	$22 \cdot 10^{-3}$
éther	$17 \cdot 10^{-3}$
mercure	$480 \cdot 10^{-3}$

2. Angle θ de raccordement liquide/solide

Une goutte de liquide déposée sur une plaque solide plane et horizontale peut :

- soit s'étaler largement (par exemple de l'eau sur du verre propre) ; dans ce cas, on dit que le liquide mouille parfaitement le solide, et l'angle de raccordement θ vaut 0°,

- soit former une lentille :
  - si θ < 90°, le liquide mouille imparfaitement le solide (par exemple l'eau sur du verre sale)
  - si θ > 90°, le liquide ne mouille pas le solide (par exemple le mercure sur du verre).

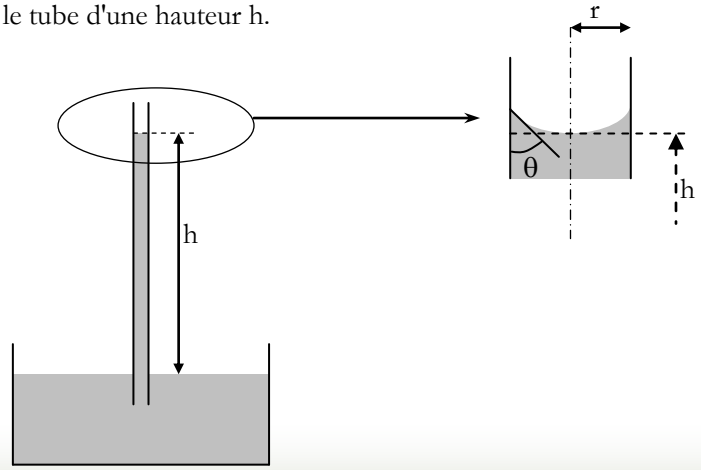


Le même angle de raccordement se retrouve à la surface libre d'un liquide près des bords du récipient et provoque la formation d'un ménisque dans les tubes.

C- Ascension capillaire

Un tube capillaire (du latin *capillus* : cheveu) est un tube de petit diamètre intérieur.

Lorsqu'on plonge un tube capillaire, ouvert aux deux extrémités, dans un liquide, celui-ci monte (si θ < 90 °) ou descend (si θ > 90 °) dans le tube d'une hauteur h.



La loi de Jurin permet de déterminer la hauteur de l'ascension capillaire :

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

r : rayon intérieur du tube (m)
ρ : masse volumique du liquide (kg.m^{-3})
g : intensité de la pesanteur (9,81 m.s^{-2})
γ : tension superficielle du liquide (N.m^{-1})
θ : angle de raccordement liquide/solide

D- Mesures de tension superficielle

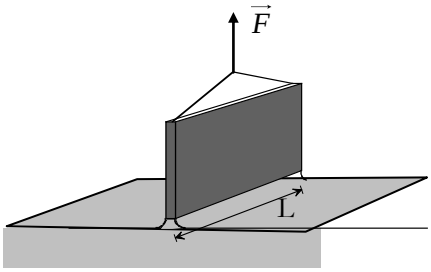
1. Méthode du capillaire

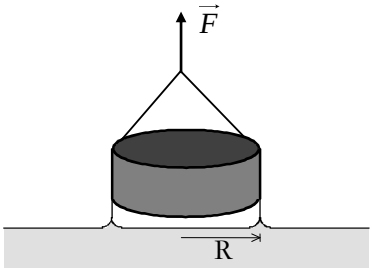
On applique la loi de Jurin. On mesure la dénivellation h et connaissant les autres paramètres, on en déduit une valeur de γ.

2. Méthode de la lame immergée ou de l'anneau immergé

Une lame de platine, parfaitement propre, de longueur L, plongée dans un liquide de tension superficielle γ, est maintenue par un dynamomètre. 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.γ.L . On en déduit une valeur de γ.

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.π.R.γ·. On en déduit une valeur de γ.

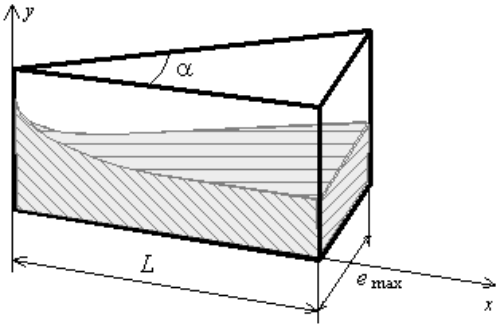




3. Méthode de la lame en coin

Un liquide placé entre deux lames de verre formant un coin d'angle α faible s'élève plus ou moins suivant l'écartement des lames.

La hauteur d'ascension h , mesurée à la distance x du sommet du coin est fonction de l'épaisseur e entre les plaques pour cette abscisse :

$$h = \frac{2.\gamma}{e.\rho.g} \qquad \text{avec } e \approx \alpha.x \text{ (angle petit)}$$

L'intersection de la surface de séparation liquide/air et l'une des plaques du coin peut être assimilée à une hyperbole.