REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE AHMED ZABANA RELIZANE

FACULTE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE CHIMIE

chimie des surfaces et interfac

Master 2 : Chimie des matériaux

Contenu de la matière :

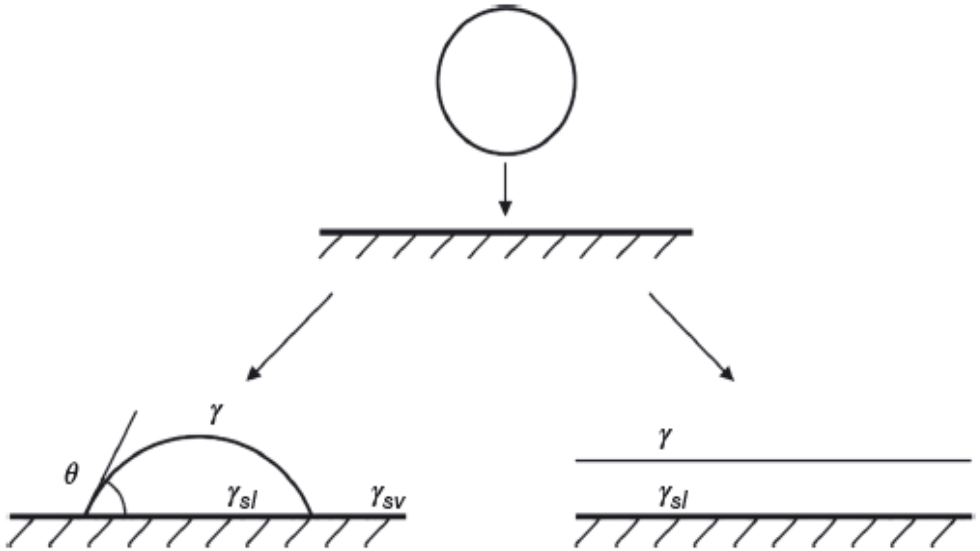
1. Phénomènes de surface.
2. Interfaces, films et membranes.
3. Systèmes moléculaires organisés aux interfaces.
4. Capillarité et mouillage.
5. Films de Langmuir à l'interface eau-air.
6. Physico-chimie de la tensio-activité, détergence

Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

étaler ou ne pas étaler :

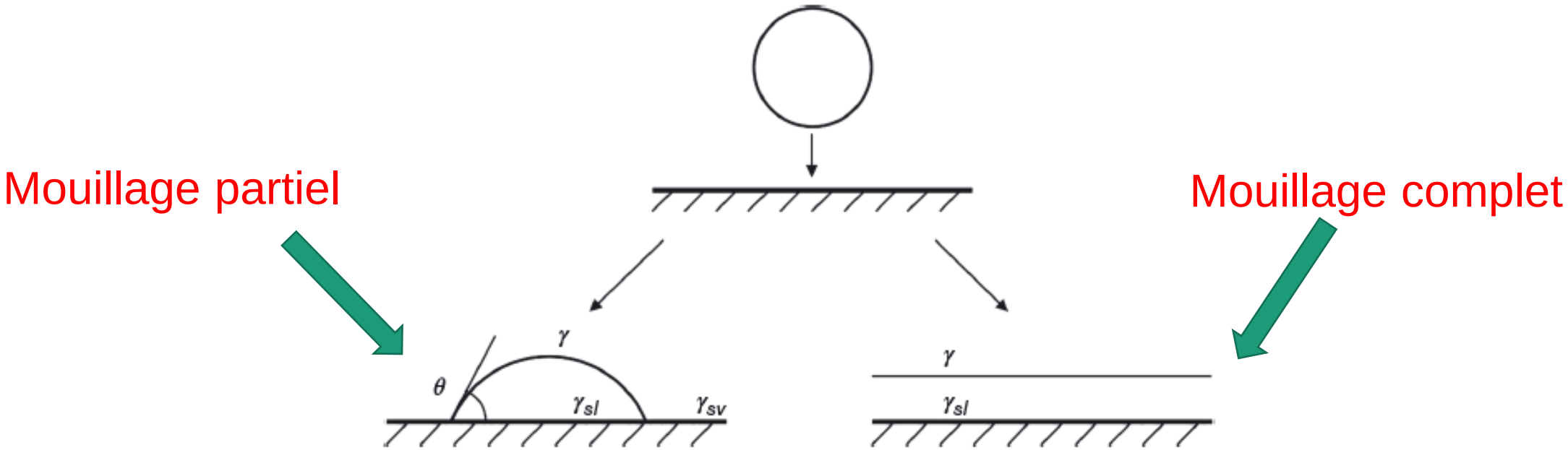
Tout d'abord, nous notons que le concept physique de tension superficielle qui n'est pas limité aux liquides. Aussi pour les solides, les molécules ou les atomes à la surface manquent de partenaires de liaison par rapport à la masse. Par conséquent, les solides également

Le mouillage de base commence par le dépôt d'une goutte de liquide sur une surface solide. Suite au dépôt de la goutte, soit le liquide s'étale complètement pour former un film liquide qui recouvre toute la surface solide, soit il ne s'étale que partiellement et forme une goutte avec un angle de contact fini θ.



Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

Le premier cas est appelé mouillage complet et le second mouillage partiel. Si la surface est homogène, la goutte prendra une forme de calotte sphérique pour garantir une pression constante partout à l'intérieur du liquide.



Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

Pour comprendre la différence entre mouillage complet et mouillage partiel, on considère l'énergie macroscopique du système avant et après le dépôt de la goutte. Comme précédemment, l'équilibre est déterminé par le minimum de l'énergie libre du système. Si la surface du substrat est très grande et que le volume de goutte est

l'énergie à l'état initial est essentiellement l'interface solide-vapeur

$$G_i \approx A_{sv}\,\gamma_{sv}.$$

Ici, l'aire d'interface solide-vapeur (A_{sv}) est identique à la surface totale (A) du solide

Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

Pour un mouillage partiel, l'énergie de surface totale du système n'est fondamentalement pas affectée par le dépôt de la goutte car la surface goutte-substrat et l'interface goutte-vapeur sont négligeables par rapport à A_{sv}. En revanche, pour un mouillage complet, l'interface solide-vapeur est remplacée par deux interfaces macroscopiques, à savoir l'interface solide-liquide et l'interface liquide-vapeur. Par conséquent, l'énergie de surface à l'état final est

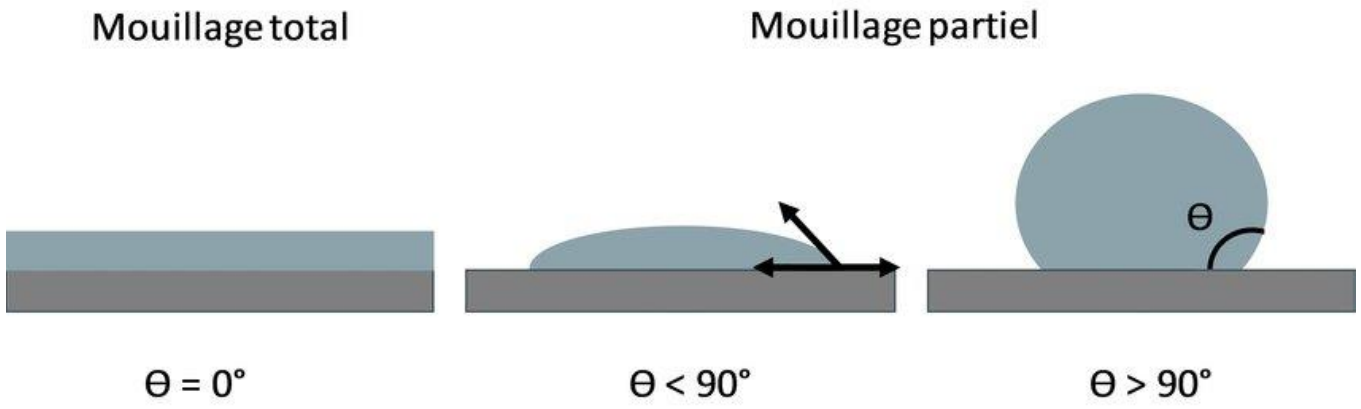
$$G_f = \gamma A_{lv} + \gamma_{sl} A_{sl} = A(\gamma + \gamma_{sl})$$

$$S = \frac{G_i - G_f}{A} = \gamma_{sv} - (\gamma_{sl} + \gamma)$$

Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

Si S > 0, l'interface solide-vapeur est énergétiquement défavorable par rapport à la somme des interfaces solide-liquide et liquide-vapeur. Par conséquent, le liquide se répand en un film mince couvrant toute la surface, c'est-à-dire que le système affiche un mouillage complet.

Inversement, pour S < 0, localiser le liquide dans une goutte partiellement mouillante avec un angle de contact fini est énergétiquement plus favorable.

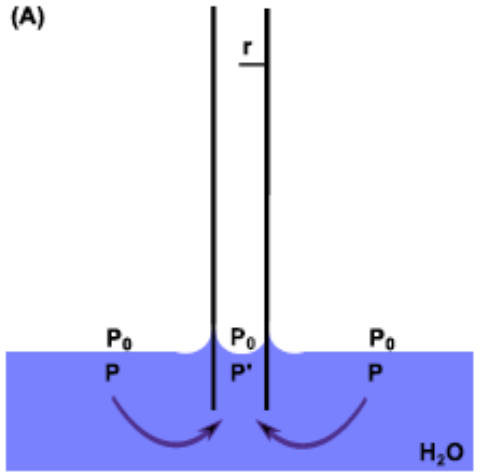


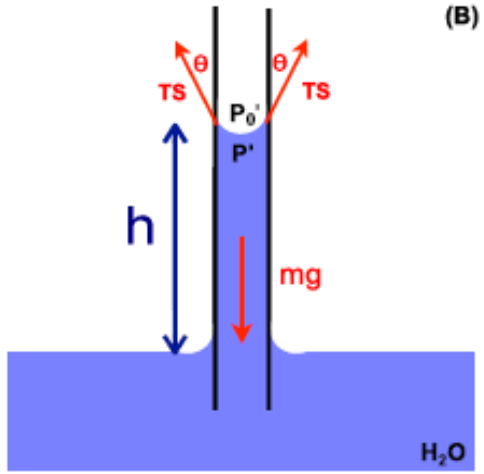
Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

Méthodes de mesure de la tension superficielle

Ascension et dépression capillaires

Lors de l'immersion d'un tube de verre capillaire dans un liquide mouillant, par exemple l'eau , on observe une ascension du liquide par rapport au niveau de la surface libre du récipient. Le ménisque concave fait un angle avec la paroi du tube. Il semble donc qu'il y a une force qui défie la gravité. Dans ce qui suit, on expliquera les raisons de cette ascension



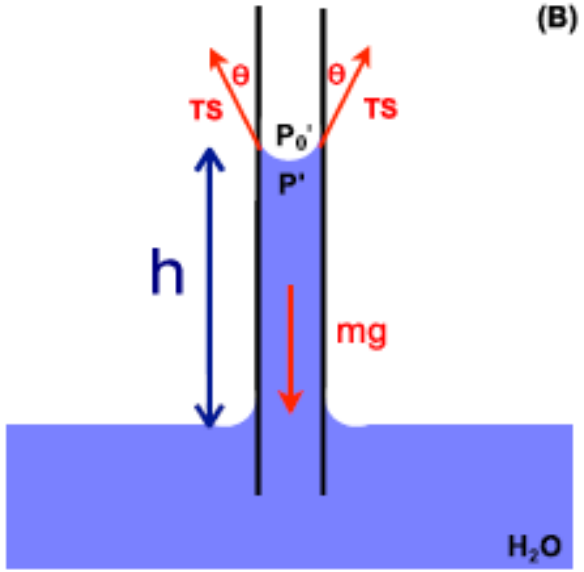


Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

Quand le tube capillaire est introduit, il y a eu création d'une interface courbe et dans ce cas, la loi de Laplace impose une différence de pression entre le liquide et l'air. Ainsi, on aura une diminution de la pression au niveau convexe du ménisque. Pour compenser cette réduction de pression, le liquide subit une ascension de hauteur, h, provoquée par une pression hydrostatique P > P0

Pour la phase liquide, $P = P' + \varrho_l \, g \, h$

Pour la phase gazeuse, $P_0 = P_0' + \varrho_0 \, g \, h$

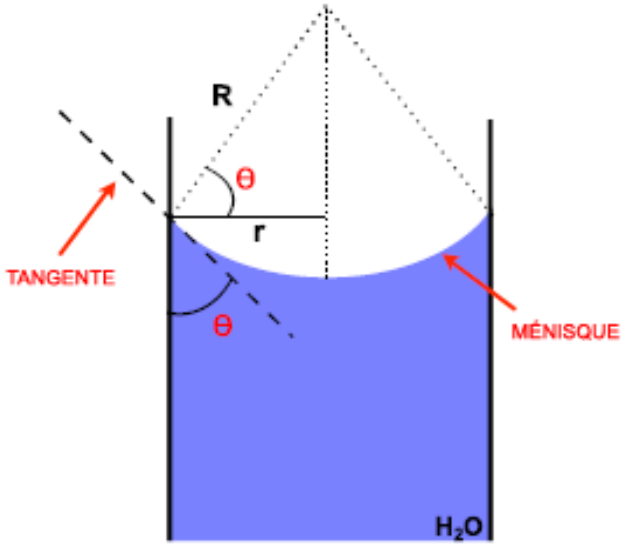


Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

Comme à l'équilibre P = P0

$$P_0' + \varrho_0\, g\, h = P' + \varrho_l\, g\, h$$

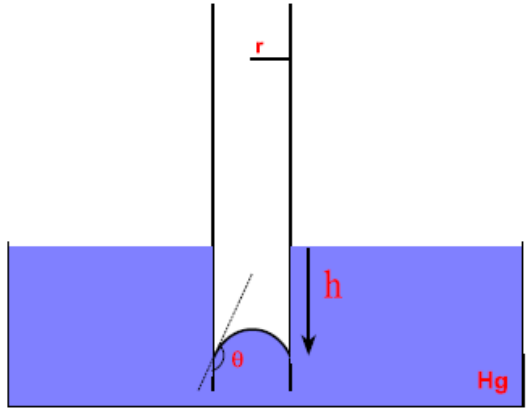
$$P_0' - P' = \frac{2\,\gamma}{R} = (\varrho_l - \varrho_0)\, g\, h \Longrightarrow h = \frac{2\,\gamma}{(\varrho_l - \varrho_0)\, g\, R} \qquad R = r \Big/ \cos\theta$$



obtient ainsi la relation que l'on appelle Loi de Jurin

$$h = \frac{2\,\gamma\,\cos\theta}{(\varrho_l - \varrho_0)\, g\, r}$$

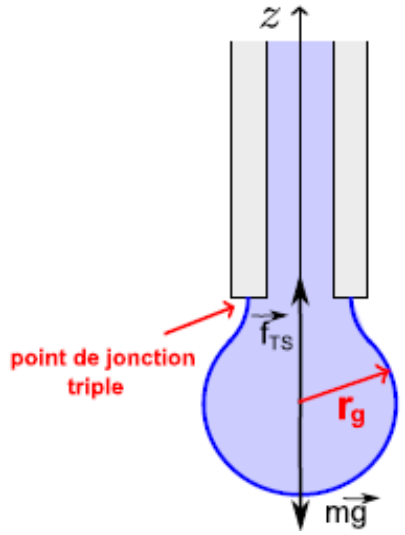
Si au contraire le liquide ne mouille pas les parois du tube capillaire, c'est-à-dire > π/2 , dans ce cas on observera une dépression capillaire. La loi de Jurin donnera une hauteur négative :



Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

Méthode du stalagmomètre

Lorsqu'un liquide ayant une masse volumique s'écoule par un tube capillaire, il a été mis en évidence que le poids des gouttes, issues du tube, est proportionnel à la tension superficielle du liquide et au rayon intérieur r du tube



La forces de tension superficielle s'exerçant sur tout le périmètre du tube vaut :

$$f_{TS} = \int_0^{l=2\pi r} \gamma \, dl = \gamma \, 2 \, \pi \, r$$

il existe donc une autre force qui contrecarre celle de la tension superficielle, soit : F=mg

$$m \, g = 2 \, \pi r \, \gamma.$$

Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

Pour un volume V d'une solution $$M = V \times \varrho_l = N_l \times m$$

$$2\,\pi r\,\gamma_l = m\,g = \frac{V_l \varrho_l}{N_l} \times g \Longrightarrow V_l = \frac{N_l \times 2\,\pi\,r\,\gamma_l}{g\,\varrho_l}$$

pour un même tube capillaire, un même volume du liquide et en prenant un liquide de tension superficielle connue, l'eau par exemple 72.8 dynes/cm, on peut écrire de façon analogue :

$$V_e = \frac{N_e \times 2\,\pi\,r\,\gamma_e}{g\,\varrho_e}$$

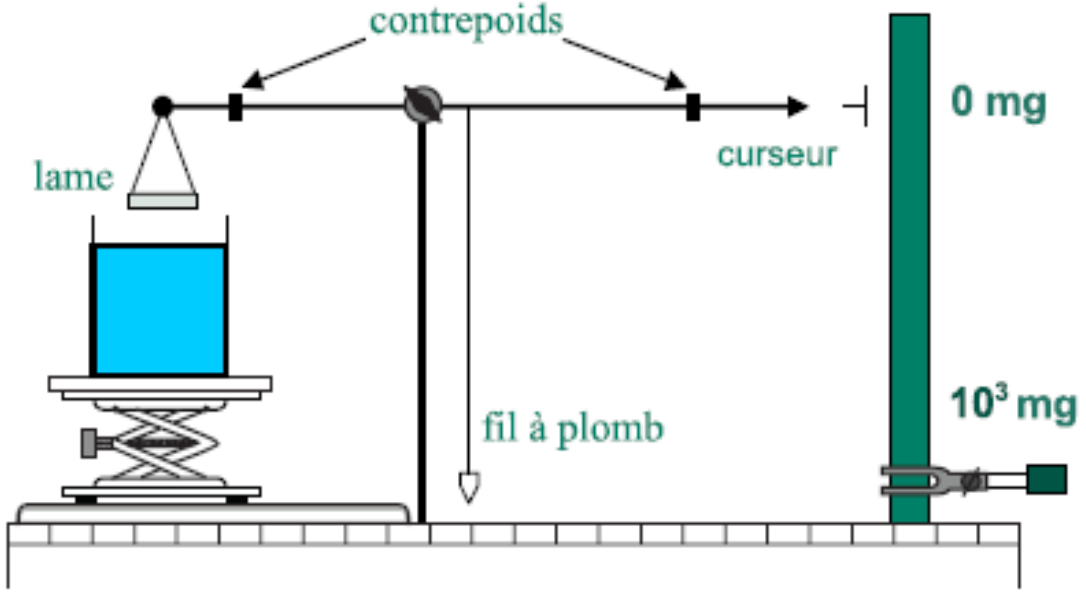
$$V_l = V_e \Leftrightarrow \frac{N_l \times 2\,\pi\,r\,\gamma_l}{g\,\varrho_l} = \frac{N_e \times 2\,\pi\,r\,\gamma_e}{g\,\varrho_e}$$

$$\gamma_l = \frac{\varrho_l}{\varrho_e} \times \frac{N_e}{N_l} \times \gamma_e$$

Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

Méthode de l’arrachement de l’anneau

Le principe de base de cette méthode consiste à mesurer la force requise pour arracher un anneau plongé dans le liquide à étudier.



Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

L’anneau est soumis à une force tension superficiel dirigée vers le bas

$$2\,l\,\gamma\,\cos\theta$$

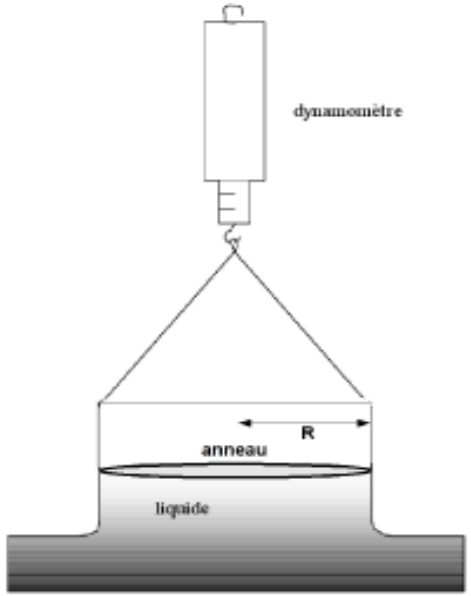
L’anneau est soumis aussi à une force de poids dirigée vers le haut
P = m g

A l’équilibre force tension superficiel = force de poids

$$m\,g = \gamma\,2\,l = 2\,\pi\gamma\phi \Longrightarrow \gamma = \frac{m\,g}{2\,\pi\phi} = \frac{m\,g}{4\,\pi\,r}$$

B - Mesure de force : méthode de du Noüy

La figure ci-dessous illustre une méthode de mesure de la tension superficielle σ d'un liquide par le biais d'une mesure de force. Un anneau métallique de rayon R est suspendu à un dynamomètre et est plongé dans le liquide. On tire alors doucement et délicatement sur l'ensemble pour le remonter petit à petit. L'anneau ressort du liquide et entraîne avec lui un **film** cylindrique de liquide. Avant que le film ne se rompe, la lecture du dynamomètre indique la force totale exercée : poids de l'anneau et tension de surface due au film de liquide.



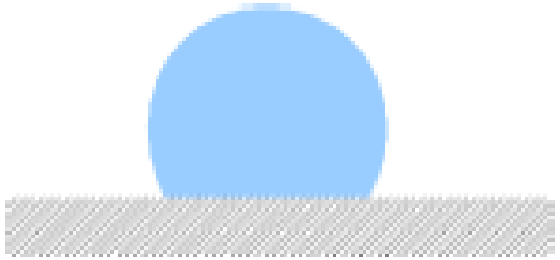
Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

1. Exprimer la force exercée par le film de liquide sur l'anneau.
2. Avec un anneau de 6 cm de diamètre et de masse 6,5 g, on réalise l'expérience successivement avec de l'eau puis de l'éthanol. Les forces totales à l'arrachement mesurées sont respectivement 116 mN et 82 mN. Calculer les tensions superficielles des deux liquides (on prendra l'accélération de la pesanteur g égale à 9,8 $N.kg^{-1}$).
3. Comparer aux valeurs obtenues par d'autres méthodes :

$$\sigma_{eau} = 0{,}072 \text{ N.m}^{-1} \text{ et } \sigma_{éthanol} = 0{,}023 \text{ N.m}^{-1}$$

Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

On considère une surface goutte d'eau déposée sur une surface hydrophobe considéré comme plane (voir figure ci-dessous).



1. Reproduire œ schéma en indiquant l'angle de contact θ et écrire la loi de Young Dupré.

On définit le coefficient d'étalement S d'une goutte sur un substrat par la formul suivante :

$$S = \gamma_{SG} - (\gamma_{SL} + \gamma_{LG})$$

2. Quel est le signe de S dans la situation ci-dessus ?
3. À quelle situation correspondrait une valeur de S supérieure à 0 ?

Chapitre 2 :Capillarité et mouillage.

14.1.2 L'acétone s'étale sur le verre. Calculer sa tension superficielle sachant qu'il monte de 2,52 cm dans un tube capillaire de 0,47 mm de diamètre. A 20°C, la masse volumique de l'acétone est de 0,7899 g cm^{-3} et celle de l'air à 1 atm de 1,2047 g L^{-1}.