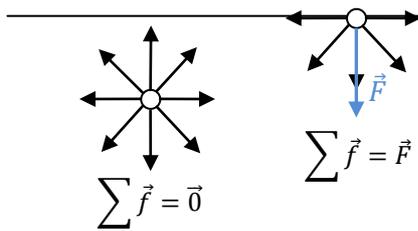


## Tension Superficielle

A l'intérieur des liquides, chaque molécule est soumise à des forces d'attraction de la part des molécules qui l'entourent, de sorte que la résultante de ces forces s'annule.

Par contre, les molécules qui forment la surface du liquide sont attirées par les molécules de l'intérieur sans que les molécules de l'air puissent compenser cette attraction. La résultante des forces est alors non nulle et dirigée vers l'intérieur du liquide (voir schéma ci-dessous).



La surface forme ainsi une sorte de film qui tend à comprimer le reste du liquide de sorte que le liquide occupe le moins de surface possible.

Pour augmenter la surface d'un liquide, il faut ramener des molécules de l'intérieur vers la surface en s'opposant aux forces qui les attirent vers l'intérieur. Il faut alors fournir un travail  $W$  proportionnel à l'augmentation de surface  $\Delta S$ .

$$W = \sigma \Delta S$$

Unités (SI) :  $W$  en Joules (J) ;  $\Delta S$  en  $m^2$ .

Le coefficient de proportionnalité est appelé *Tension Superficielle*, il est noté  $\sigma$  et s'exprime dans le Système International (SI) en  $N/m$ , en  $J/m^2$  ou en  $kg/s^2$ .

Quelques valeurs de sigma :  $\sigma$  de l'eau à  $37^\circ C$  est de  $70 \cdot 10^{-3} N/m$ ,  $\sigma$  de l'eau à  $20^\circ C$  est de  $73 \cdot 10^{-3} N/m$ ,  $\sigma$  de l'eau à  $0^\circ C$  est de  $76 \cdot 10^{-3} N/m$ ,  $\sigma$  du plasma à  $37^\circ C$  est de  $73 mN/m$ ,  $\sigma$  du mercure à  $20^\circ C$  est de  $436 \cdot 10^{-3} N/m$ ...

## Loi de Laplace

### 1-Loi de Laplace pour une surface quelconque:

De part et d'autre de la surface d'un liquide (interface liquide-air), les pressions sont différentes: celle située à l'intérieur (côté concave) de la surface est supérieure à celle située à l'extérieur (côté convexe).

Cette différence de pression (surpression) :  $\Delta P = P_i - P_e$  est donnée pour une surface quelconque de rayons de courbure  $R_1$  et  $R_2$  par la loi de Laplace :

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

Unités (SI) :  $P$  en Pascals (Pa) ;  $R_1, R_2$  en m.

### 2-Cas particuliers:

1-Si la surface est sphérique de rayon  $R$ , les deux rayons de courbure sont égaux :

$$R_1 = R_2 = R \Rightarrow \Delta P = \frac{2\sigma}{R}$$

2-Si la surface est cylindrique de rayon de courbure  $R$ , on a :

$$R_1 = R \text{ et } R_2 \rightarrow \infty \Rightarrow \Delta P = \frac{\sigma}{R}$$

3-Si la surface est plane les deux rayons de courbure sont infinis :

$$R_1 \rightarrow \infty, R_2 \rightarrow \infty \Rightarrow \Delta P = 0$$

### 3-Applications:

1-Pour une bulle sphérique obtenue à partir d'un liquide de tension superficielle  $\sigma$ , dont le rayon intérieur  $R_i$  et le rayon extérieur  $R_e$  sont tels que  $R_i \approx R_e \approx R$  (bulle de savon, par exemple), il y a deux interfaces liquide-air sphériques.

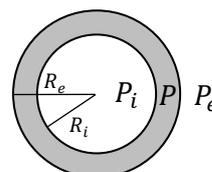
En appliquant la loi de Laplace pour les surfaces sphériques sur chacune de ces deux interfaces, on obtient :

$$\Delta P = (P_i - P) + (P - P_e) = \frac{2\sigma}{R_i} + \frac{2\sigma}{R_e} = \frac{2\sigma}{R} + \frac{2\sigma}{R} \Rightarrow$$

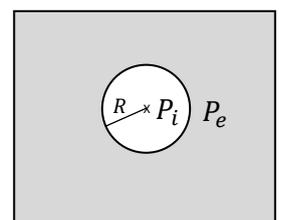
$$\Delta P = \frac{4\sigma}{R}$$

2-Pour une bulle d'air de rayon  $R$  se trouvant dans un liquide de tension superficielle  $\sigma$ , il n'y a qu'une seule interface liquide-air, on a donc :

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{R}$$



Bulle de savon



Bulle d'air dans un liquide

## Angle de contact

### 1-Définition :

Lorsqu'une goutte de liquide est déposée sur une surface solide, la tangente à la surface de la goutte forme un angle avec la surface solide, cet angle est appelé angle de contact et noté  $\theta$ .

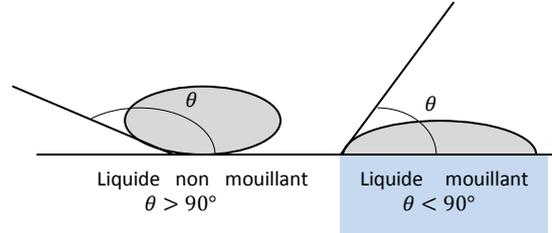
Sa valeur dépend du liquide et du solide considérés ainsi que du gaz qui les entoure.

Si l'angle de contact est inférieur à  $90^\circ$  (la goutte s'étale sur le solide) → Le liquide est dit mouillant

Si l'angle de contact est supérieur à  $90^\circ$  (la goutte se ramasse sur le solide) → Le liquide est dit non mouillant.

### 2-Cas particuliers :

- 1- Lorsque l'on dépose de l'eau sur du verre propre, le liquide s'étale sur la surface ( $\theta = 0^\circ$ ) (on dit alors que le liquide est *parfaitement mouillant*).
- 2- Lorsque l'on dépose du mercure sur du verre propre :  $\theta = 180^\circ$ .



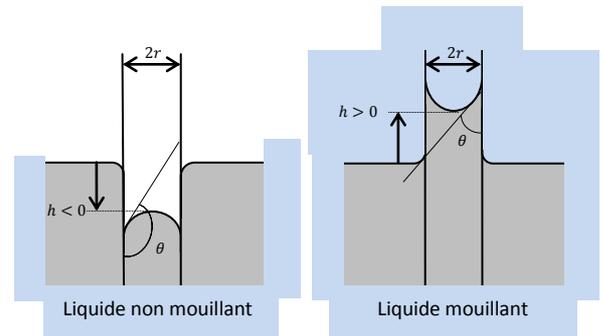
## Loi de Jurin

Lorsque l'on plonge un tube capillaire de rayon  $r$  dans un liquide de masse-volumique  $\rho$ , celui-ci va soit :

- 1- Monter à l'intérieur du tube d'une hauteur  $h$  s'il est mouillant ( $\theta < 90^\circ$ ) (ascension capillaire)
- 2- ou s'enfoncer à l'intérieur du tube d'une hauteur  $h$  s'il est non mouillant ( $\theta > 90^\circ$ ) (dépression capillaire)

La hauteur  $h$  étant donnée dans les deux cas par la loi de Jurin:

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



Remarque : la surface que forme le liquide à l'intérieur du tube est appelée ménisque, elle n'est pas plane, elle est soit creuse dans le cas d'un liquide mouillant ou bombée dans le cas d'un liquide non mouillant. On retrouve ici l'angle de contact  $\theta$ , qui est l'angle qui se forme entre la tangente au ménisque et le verre du tube (en passant par le liquide).

## Mesure de la tension superficielle :

### 1-Force de tension superficielle :

Lorsque l'on met en contact un solide avec la surface d'un liquide, la force d'attraction exercée par les molécules de la surface du liquide sur le solide est proportionnelle à la longueur *mouillée* ( $l$ ), c'est à dire longueur de contact entre la surface du liquide, le solide et l'air. Le coefficient de proportionnalité est la tension superficielle  $\sigma$ .

$$F_{TS} = \sigma \cdot l$$

Pour mesurer cette force et donc la tension superficielle du liquide, une des nombreuses méthodes utilisées est la méthode d'arrachement d'un anneau (anneau de du Noüy).

### 2-Méthode de l'arrachement de l'anneau de du Noüy :

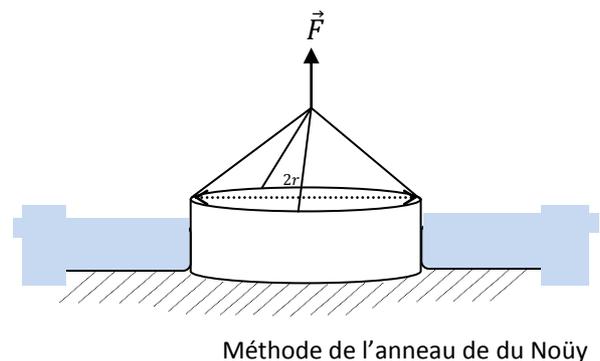
Cette méthode consiste à tremper superficiellement un anneau de masse  $m$  dans un liquide, puis de l'en retirer lentement en usant d'une force de plus en plus grande jusqu'à l'arracher du liquide. A cet instant, la force  $F$  appliquée (que l'on mesurera) équilibre les deux forces qui attirent l'anneau vers le bas : la force de tension superficielle :  $F_{TS}$  et son poids :  $P = m \cdot g$  :

$$F = F_{TS} + P$$

On peut alors, si on connaît la masse de l'anneau et la longueur  $l$ , déterminer la valeur de la tension superficielle, en utilisant :

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

Remarque : ici la longueur est égale à la somme du périmètre intérieur et du périmètre extérieur de l'anneau, c'est-à-dire que l'on a approximativement  $l = 4\pi r$  où  $r$  est le rayon de l'anneau.



Méthode de l'anneau de du Noüy