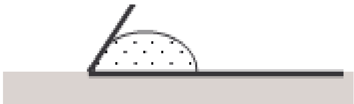
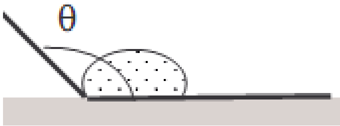
<u>Remarque</u>

- Si l'angle de raccordement θ=0°, le liquide mouille parfaitement le solide (par exemple de l'eau sur du verre propre)

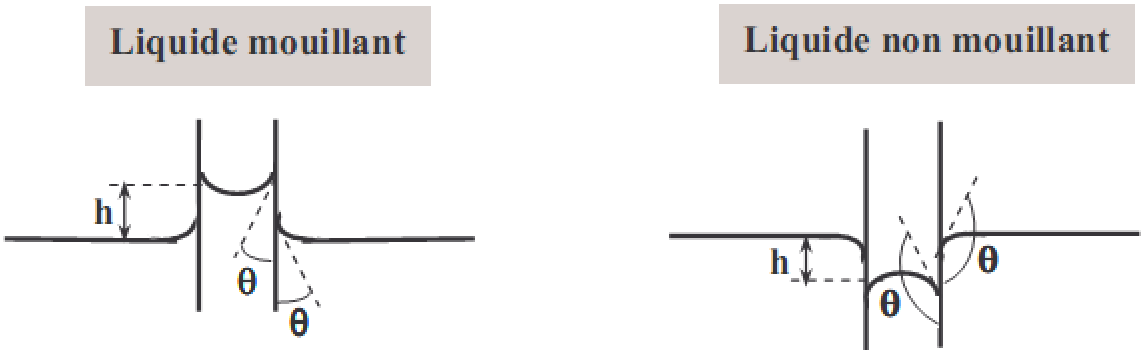
- Si θ<90°, le liquide mouille imparfaitement le solide (par exemple l'eau sur du verre sale)



- Si θ > 90°, le liquide ne mouille pas le solide (par exemple le mercure sur du verre).

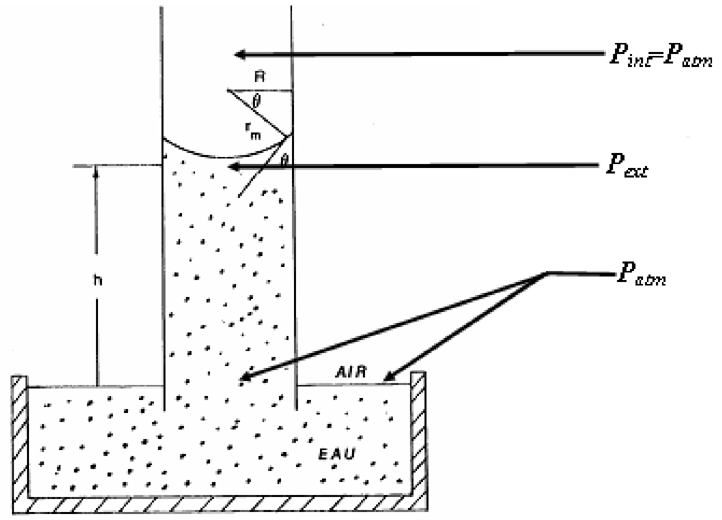



On remarque aussi, que ce phénomène de mouillage se produit également dans le cas d’une paroi de solide verticale, où l’on observe une ascension (avec un ménisque concave vers l’extérieur) ou une descente (avec un ménisque convexe vers l’intérieur).




En *1717* le médecin anglais *James Jurin* a montré que lorsqu'on plonge un tube capillaire de rayon *R*, ouvert aux deux extrémités, dans un liquide de tension superficielle $\sigma$, celui-ci monte ou descend dans le tube d'une hauteur *h*. où il a constaté que la pression dans le liquide situé juste en dessous du ménisque (courbure de liquide) obéit simultanément à deux lois : *la loi hydrostatique* dans le liquide s’écrivant la relation de l’écart de pression sous le ménisque par $\Delta P = P_{atm} - P_{ext} = \rho g h$ et *la loi de Laplace* à travers l'interface constituant le ménisque, qui nous permet de donner l’expression de la surpression

$$\Delta P = P_{\text{int}} - P_{ext} = P_{atm} - P_{ext} = \frac{2\sigma}{r}$$




Où :

*R*: Rayon intérieur du tube.

$\rho$ : Masse volumique du liquide.

$g$ : Intensité de la pesanteur.

$\sigma$ : Tension superficielle du liquide.

$\theta$ : Angle de raccordement liquide/solide.

Avec ces expressions, Jurin a énoncé la relation de la hauteur *h* avec le rayon *R* de tube :

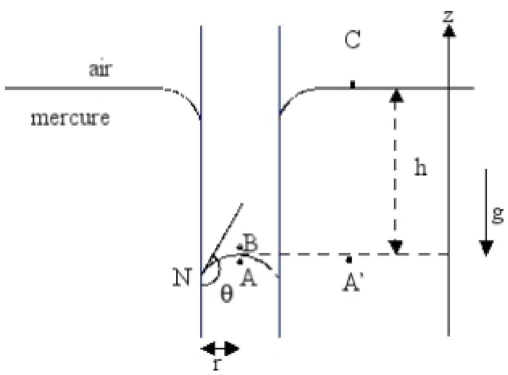
$$h = \frac{2\sigma\cos\theta}{R\rho g}$$

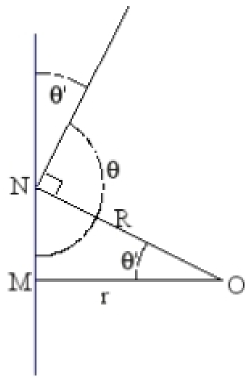
Où il a utilisé la relation suivante $\cos\theta = R / r$.

*Exemple*

Lorsqu'on introduit un tube capillaire d'un rayon intérieur *R* = 2,5 *mm* dans un réservoir de mercure, le niveau du mercure dans le tube se situe à 1,5 *mm* sous le niveau du réservoir. L'angle de contact $\theta$ verre-mercure vaut 129° et la masse volumique du mercure $\rho$ est de 13600 $kg.m^{-3}$. Calculer la tension superficielle $\sigma$ du mercure?

Selon les notions de cet exemple, on note que nous avons un phénomène de capillarité:




D'après la loi de Laplace: $\Delta P = P_{\text{int}} - P_{ext} = P_A - P_B = 2\sigma / r$

Avec $P_{\text{int}} = P_A \; et \; P_{ext} = P_B = P_{atm}$.

Et d'après l'équation fondamentale de l'hydrostatique entre les deux points A et B, nous aurons: $\Delta P = P_{A'} - P_C = P_A - P_B = \rho g h.$

Substituant les deux prédites expressions, on obtient la relation de la tension superficielle de mercure comme $\rho g h = \dfrac{2\sigma}{r} = \dfrac{2\sigma \cos\theta'}{R} \Rightarrow \sigma = \dfrac{\rho g h R}{2\cos\theta'}$

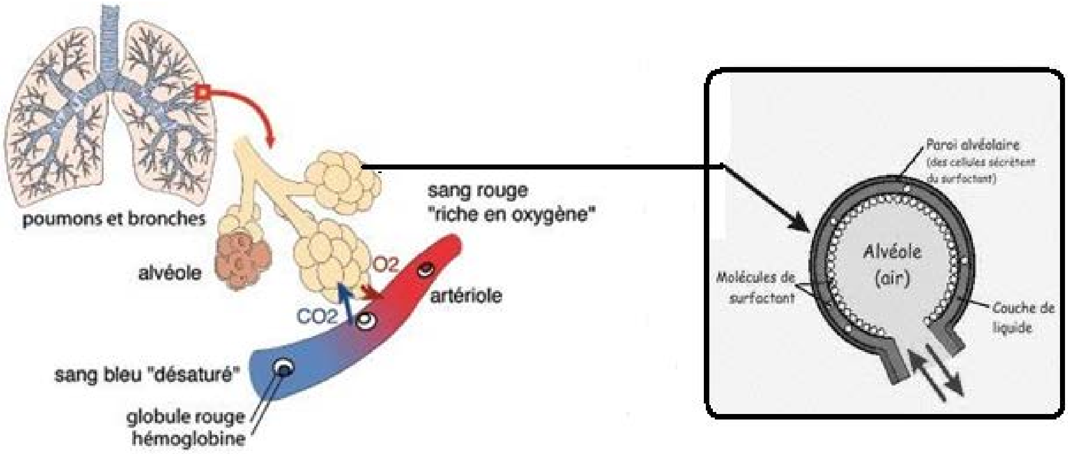
Où nous avons utilisé la relation suivante: $\cos\theta' = R/r$ avec $\theta' = \pi - \theta$.

Application numérique: $\sigma = \dfrac{13600 \cdot 10 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3}}{2\cos(51^0)} = 0{,}397\, Nm^{-1}$

**III-3 Mesure et applications biologiques (L'appareil respiratoire)**

Il est bien connu que grâce à l'appareil respiratoire du corps humain qui comprend les voies aériennes et les poumons, nous pouvons absorber (inspirer) l'oxygène contenu dans l'air et éliminer (expirer) le gaz carbonique du corps. Les deux poumons qui sont situés dans le thorax et qui sont séparés par un espace appelé médiastin jouent un rôle primordial dans le rythme respiratoire.

Plus précisément, la respiration se fait exactement au niveau des alvéoles pulmonaires qui se situent aux extrémités des bronchioles (voir la figure ci-dessous), cela va permettre à l'$O_2$ et au $CO_2$ de passer à travers la membrane des alvéoles (couche de liquide) puis de passer dans les vaisseaux sanguins (artérioles). Ces échanges vont s'effectuer par diffusion entre l'air alvéolaire et le sang des capillaires pulmonaire. L'oxygène diffusant vers le sang et le gaz carbonique vers l'alvéole passant de la région où leur pression partielle est la plus élevée vers celle où elle est la plus basse.




*Exemple d'application :*

D'après la structure des poumons du corps humain qui est schématiquement dessinée sur la figure au-dessus, chez un sujet, la surface totale des alvéoles pulmonaires lors de l'expiration est de 75 m$^2$ est le nombre des alvéoles est de $4.10^8$.

1- Calculer le rayon de ces alvéoles pendants l'expiration ?

Au cours de l'inspiration, le volume alvéolaire est de 4,5*l*

2- Quel est alors la surface alvéolaire à l'inspiration ?

Sachant que la surface alvéolaire est recouverte d'un film lipidique avec un coefficient de tension superficielle $\sigma$=2.10$^{-2}$*N/m.*

3- Calculer l'énergie nécessaire pour l'augmentation de la surface des alvéoles ?

4- Du fait de conséquence pathologique (maladie), la tension superficielle de la surface alvéolaire est $\sigma$=5.10$^{-2}$*N/m*. Calculer l'énergie nécessaire à l'inspiration ?

*Réponse*

1- Calcul de rayon des alvéoles durant l'expiration :

D'une part, on a $S_T = NS_{A_{\exp}}$

Où $S_T$ : représente la surface totale des alvéoles.

$N$ : est le nombre des alvéoles

$S_{A_{\exp}}$ : est la surface d'une seule alvéole.

On d'autre part, nous avons $S_{A_{\exp}} = 4\pi r^2{}_{\exp}$ , ce qui nous conduit à

$$r_{\exp} = \sqrt{\frac{S_T}{4\pi N}} = \sqrt{\frac{75}{4.3{,}14.4.108}} = 0{,}12\, mm.$$

3- Calcul de la surface alvéolaire au cours de l'inspiration:

Avec le même raisonnement que le cas précédant, l'expression de volume total des alvéoles $V_T$ s'écrit comme : $V_T = NV_A \Rightarrow V_A = V_T / N = (4/3)\pi r^3{}_{ins}$.

Ce qui implique que $r_{ins} = \sqrt[3]{\frac{3V_T}{4\pi N}} = \sqrt[3]{\frac{3.4{,}5.10^{-3}}{4.3{,}14.4.108}} = 0{,}14\, mm.$

Finalement la surface alvéolaire à l'inspiration est égale à

$$S_{T_{ins}} = N4\pi r^2{}_{ins} = 4\cdot 3{,}14\cdot 4\cdot 108\cdot\left(14\cdot 10^{-5}\right)^2 = 98{,}17 m^2$$

4- Calcul de l'énergie nécessaire pour augmenter la surface alvéolaire :

D'après la définition de l'énergie de cohésion, on peut écrire

$$\omega = E_{S_f} - E_{S_i} = \sigma\left(S_f - S_i\right) = \sigma\left(S_{ins} - S_{\exp}\right).$$

Application numérique : $\omega = 2\cdot 10^{-2}\left(98{,}17 - 75\right) = 0{,}46\, J$ :

5- Calcul de l'énergie nécessaire à l'inspiration pour des poumons malade :

Nous procédons de la même manière que la troisième question, on trouve

$$\omega' = \sigma'\left(S_{ins} - S_{\exp}\right) = 5.10^{-2}\left(98{,}17 - 75\right) = 1{,}15\, J.$$