Module: Biophysique

SVI, Semestre 3

Chapitre 3

ETUDE DES INTERFACES LIQUIDES-GAZ

La tension superficielle



Forme des gouttes d'eau



Déplacement de l'araignée d'eau



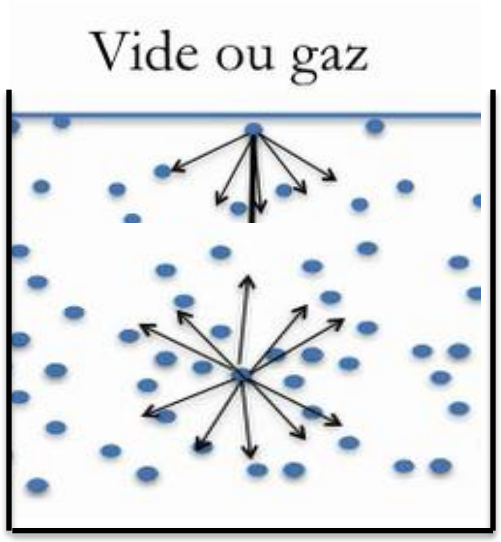
La surface de fluides présente une certaine cohésion. Elle tend vers une surface minimale, un peu comme l'enveloppe élastique d'un ballon

La tension superficielle

Origine des phénomènes de la tension superficielle

Au sein d'un fluide : $\vec{F} = \Sigma \vec{f} = \vec{0}$

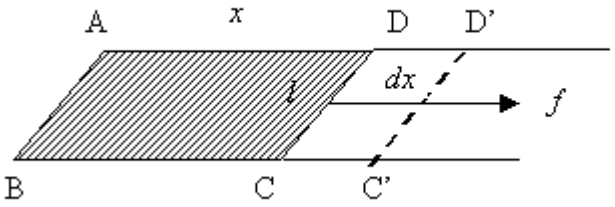
En surface: $\vec{F} = \Sigma \vec{f} \neq \vec{0}$

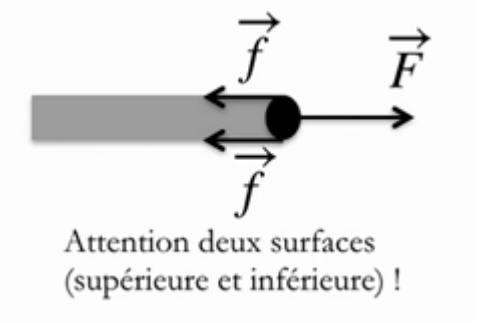


Toute surface libre de liquide aura tendance à contracter le fluide

La tension superficielle

Supposons une lame de savon formée dans un fin cadre métallique ABCD dont l'un des côtés CD est mobile.

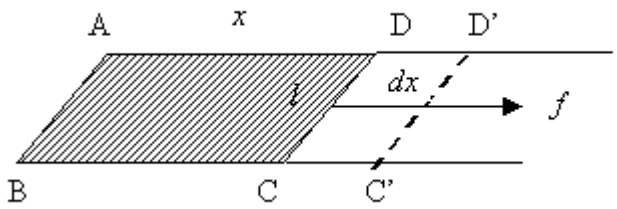




La surface totale de la lame, compte tenu de ses deux faces est 2.x.l. La lame a tendance à se rétracter ; pour maintenir sa surface constante, il faut exercer sur CD une force f. $f = 2 \sigma l$ (N),

La tension superficielle est définie de façon statique par : $\sigma = f / 2l$ (N/m)

La tension superficielle



Pour déplacer le coté CD d'une longueur dx il faut fournir le travail dW

$$dW = F.dx$$

Ce déplacement correspond à un accroissement de la surface de liquide de:

$$dS = 2.l.dx$$

Le travail fourni par unité de surface sera donc:

$$\frac{dW}{dS} = \frac{F.dx}{2.l.dx} = \frac{2.\sigma.l.dx}{2.l.dx} = \sigma$$

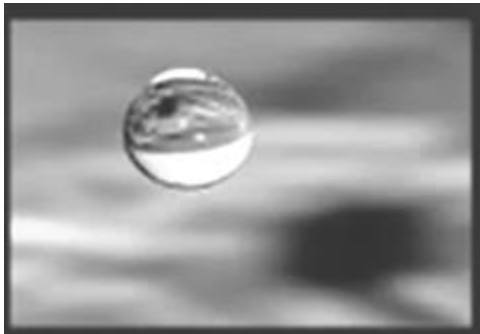
$\sigma = W/S$ (J/m²) ou (N/m)

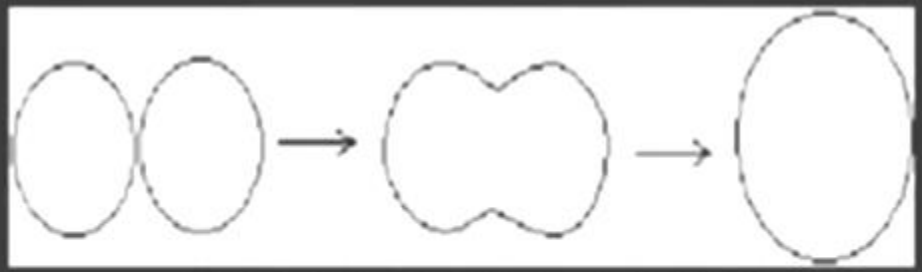
La tension superficielle

Or une condition de stabilité d'équilibre est que l'énergie potentielle soit la plus basse possible Il s'ensuit que:

La surface libre d'un liquide se place naturellement pour être la plus petite possible.

La tension superficielle





Réunion de deux gouttes pour réduire la surface et donc l'énergie

Exemple 1 : *Pourquoi les gouttes sont-elles sphériques?*

Parce que, pour un volume de liquide donné, c'est cette forme qui donne une enveloppe de surface minimale.

Exemple2 : *pourquoi, lorsqu'on rapproche deux gouttes d'eau, celles-ci se fondent-elles en une seule ?*

Si les deux gouttelettes se rencontrent, elles ont donc tendance à fusionner pour minimiser leur surface.

La tension superficielle

La tension superficielle est une propriété des liquides qui permet de maintenir en équilibre leur surface libre.

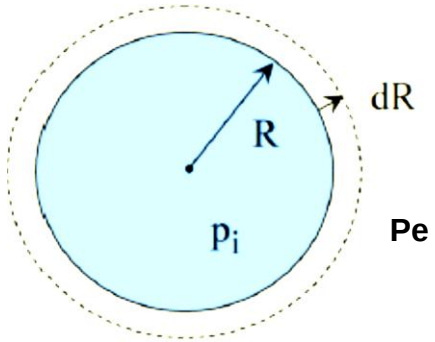
La tension superficielle de certains liquides

Liquide	T(°C)	Tension superficielle σ ($N.m^{-1}$)
Alcool éthylique	20	$2,23.10^{-2}$
Huile d'olive	20	$3,20.10^{-2}$
Glycérine	20	$6,31.10^{-2}$
Eau	0	$7,56.10^{-2}$
Eau	20	$7,28.10^{-2}$
Eau	100	$5,89.10^{-2}$
Eau savonneuse	20	$2,50.10^{-2}$
Mercure	20	$4,65.10^{-1}$

La tension superficielle

Loi de LAPLACE

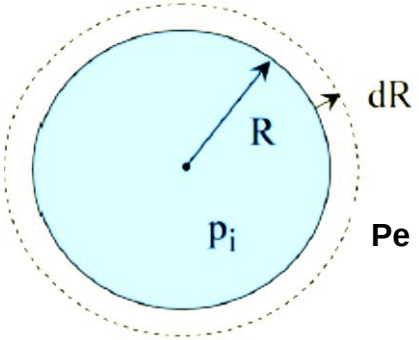
Soit une membrane sphérique remplie d'un liquide. La résultante de toutes les forces de tension superficielle a pour effet d'exercer une compression de façon à réduire la surface de la sphère. Il existe donc une **surpression** à l'intérieur de la sphère
L'existence de cette bulle suggère que la pression interne Pi est supérieure à la pression externe Pe. Calculons **Pi – Pe** en prenant un **élément de surface** de la bulle.



La tension superficielle

Loi de LAPLACE

La loi de Laplace permet de calculer la différence Pi – Pe = Δp en fonction de R et de **σ**.
Si on augmente le rayon R de la goutte de dR, son volume augmente de **S.dR = 4π R² dR** où S est la surface de la goutte.



Travail des forces de pression au cours de cette opération :
$dWe = - Pe\ 4\pi R^2\ dR$
$dWi = Pi\ 4\pi R^2\ dR$
Le travail total est donc : $dW= (Pi – Pe)\ 4\pi R^2\ dR$
Ce travail est égal à celui des forces de tension de surface : **dW = σ dS**
La surface d'une sphère vaut : $S = 4\pi R^2$
Son augmentation dS est égale à : $dS = 8\pi R dR$.

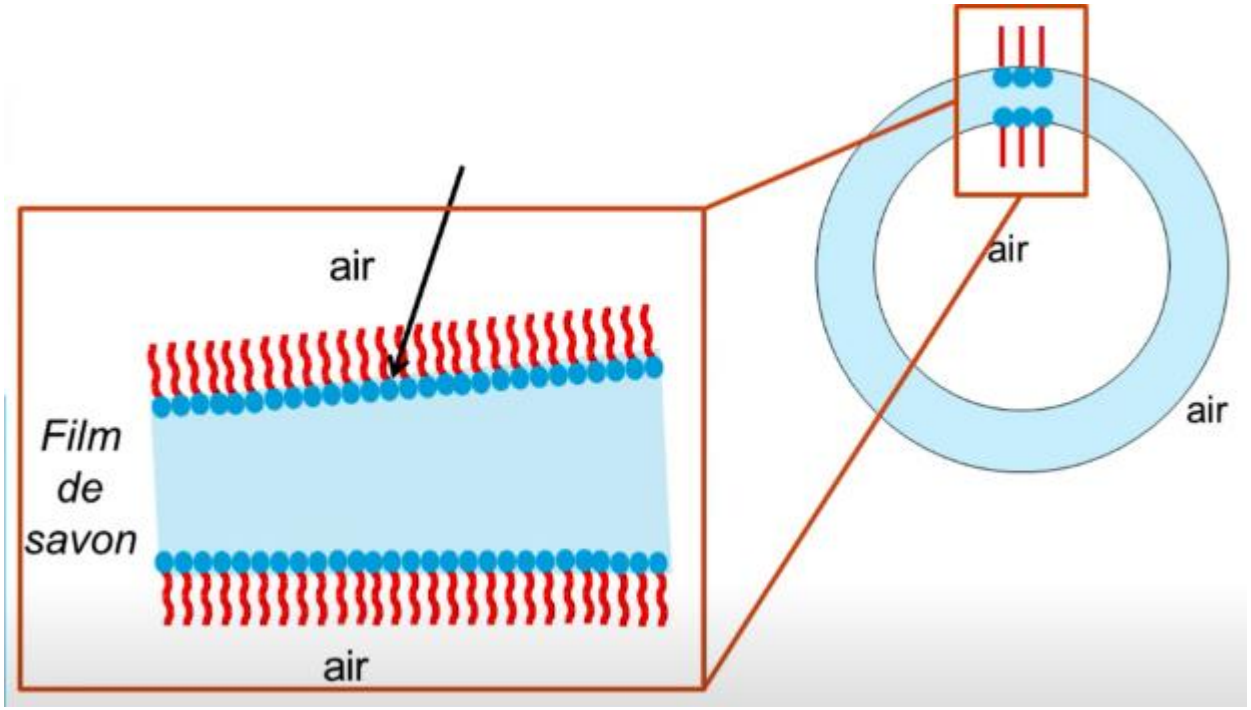
Il s'ensuit $\Delta p = Pi - Pe = \frac{2\sigma}{R}$

La surpression Δp est une fonction inverse du rayon de la goutte

La tension superficielle

Application : Bulle de savon

Une bulle de savon est un film sphérique mince possédant deux surfaces de séparation



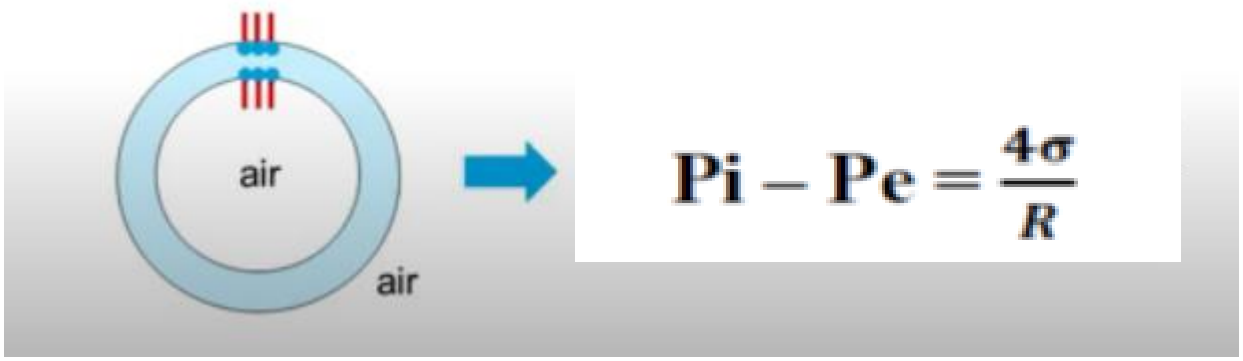
Membrane d'une bulle de savon

La tension superficielle

Application : Bulle de savon

Une bulle de savon est un film sphérique mince possédant deux surfaces de séparation

Il y a donc 2 interfaces gaz-liquide successives, d'où :



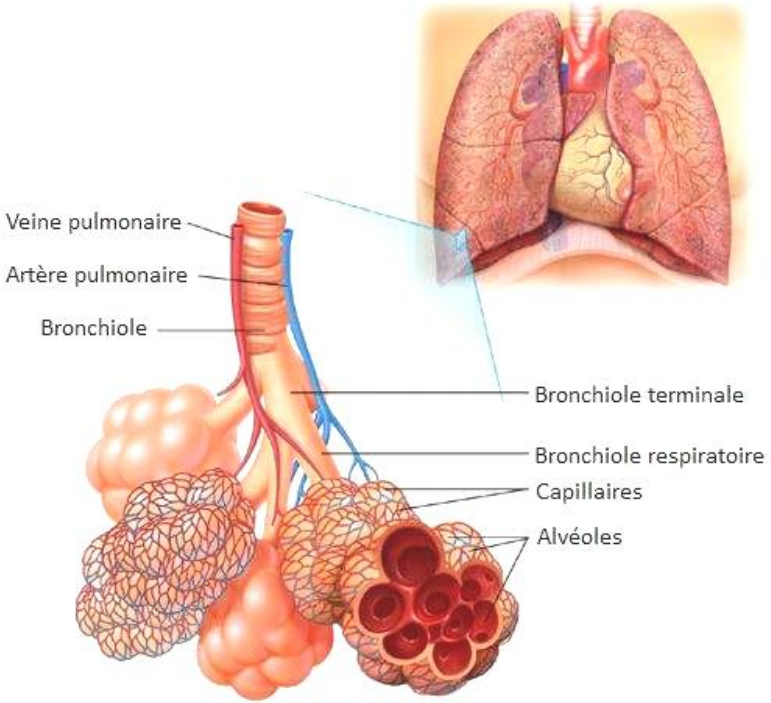
$$Pi - Pe = \frac{4\sigma}{R}$$

Si R augmente, Pi-Pe diminue : la pression est plus grande dans une petite bulle que dans une grande. En conséquence, si on met deux bulles en contact, la plus petite va se dégonfler dans la plus grande

La tension superficielle

La surface des poumons est augmentée par la présence des alvéoles.





Si on dépliait toutes ces **alvéoles** pour les étaler cela représenterait la surface d'un **terrain de tennis**

La tension superficielle

La dilatation des poumons requiert un travail considérable car la tension superficielle qui colle les membranes alvéolaires est élevée.

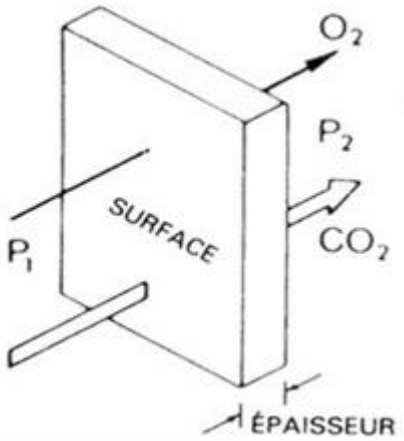
Pour faciliter la ventilation, des **surfactants** réduisent la tension superficielle à la surface interne des alvéoles.

La présence de ces surfactants réduit le travail nécessaire à la dilatation des poumons :

Lorsque l'alvéole se dilate, la concentration des surfactants par unité de surface diminue, la tension superficielle augmente. La résistance à la dilatation augmente et protège les alvéoles contre l'éclatement.

Loi de Fick

La vitesse de transfert d'un gaz à travers une couche d'un tissu est proportionnelle à la surface et à la différence de concentration du gaz de part et d'autre du tissu et inversement proportionnel à l'épaisseur.

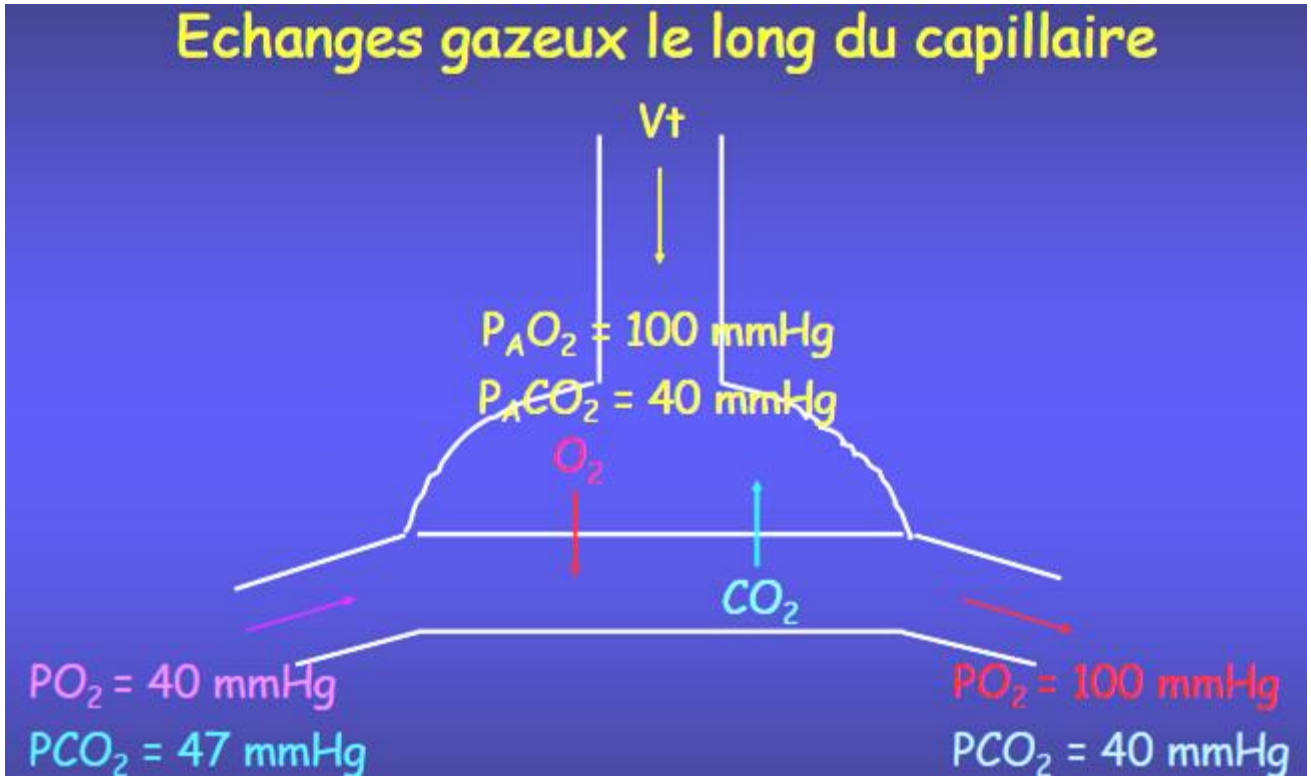


$$\dot{V}_{gaz} = \frac{S}{E} D (P_1 - P_2)$$

$$D = \frac{Sol}{\sqrt{PM}}$$

D = coefficient de diffusion
Sol = solubilité du gaz
PM= Poids moléculaire

Le CO_2 à une plus grande solubilité que l'O_2


Echanges gazeux le long du capillaire
Vt
P_AO_2 = 100 mmHg
P_ACO_2 = 40 mmHg
O_2
CO_2
PO_2 = 40 mmHg
PCO_2 = 47 mmHg
PO_2 = 100 mmHg
PCO_2 = 40 mmHg