

Université de Batna

2006/2007

Faculté de Médecine

Département de Pharmacie

# Cours de Biophysique

2<sup>ème</sup> Année Pharmacie

Chapitre V : Phénomène des surfaces

D'après le cahier de :

*I. Hadeif*

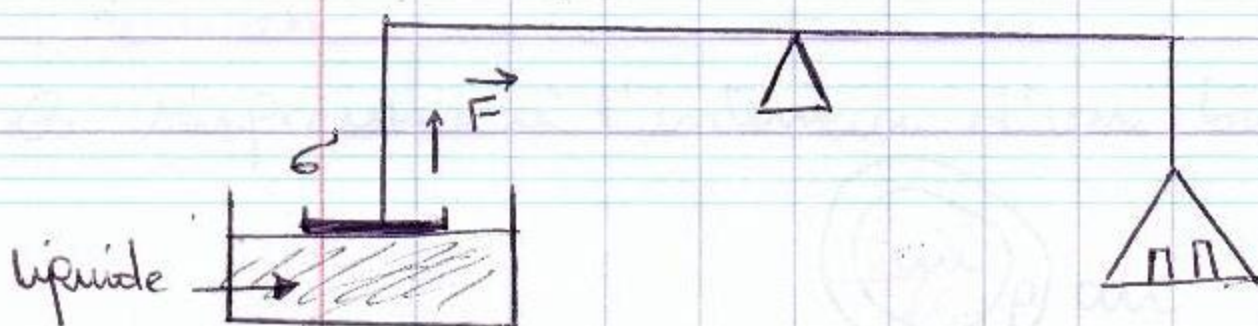
## Ch V : Phénomène de surface =

### 1- Définition de la tension superficielle et interfaciale

Lorsque vous mettez votre main sur la surface d'un liquide et vous le levez progressivement, vous sentez que le liquide vous attire, c'est dû à la tension superficielle.

Si les frontières séparant 2 milieux différents, les gouttes de pluie et l'air, pour la surface de l'interfaciale, les gouttes de pluie prennent une forme sphérique.

Si on verse de l'eau dans un verre, on remarque que les bulles d'air tendent à se rassembler. Si on veut les disperser et par conséquent augmenter l'interface, il faut fournir une énergie mécanique par agitation, donc il y a une proportionnalité entre les 2 paramètres (l'énergie fournie et l'interface).  $W = \sigma \cdot S$  /  $\sigma$  = coeff de tension superficielles et interfaciales  $N/m$ ,  $J/m^2$ .  
 $S$  : surface interfaciale.



## 2. phénomènes superficielles dans les récipients et les capillaires.



liquide mouillant

$H_2O$

liquide non-mouillant

Hg

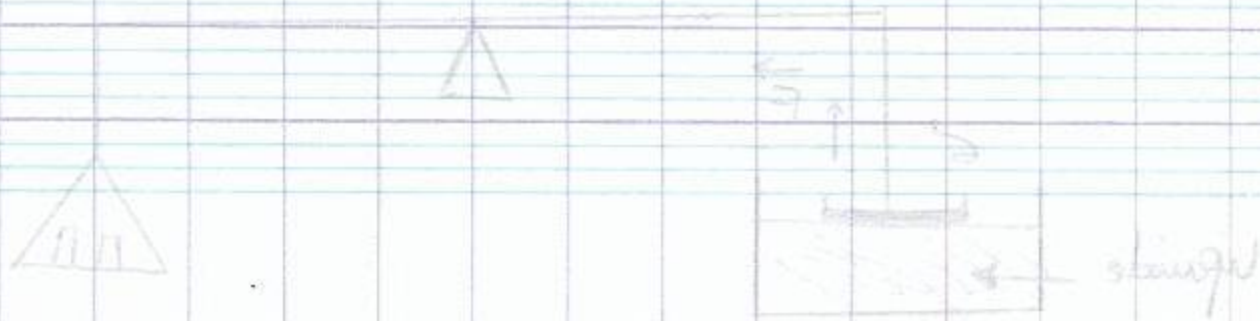
Soit un récipient qui contient un liquide, on observe la surface libre d'un liquide plane dans la partie centrale mais elle s'incline à l'extrémité. Ceci est dû aux phénomènes de tensions superficielles

$\alpha$ : l'angle de raccordement.

Le contact de liquide avec la paroi (air-liquide) se fait selon un angle  $\alpha$  appelé l'angle de raccordement

( $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ )  $\Rightarrow$  pour le liquide mouillant (cas idéal  $\alpha = 0$ )

( $\frac{\pi}{2} < \alpha < \pi$ )  $\Rightarrow$  pour le liquide non mouillant (cas idéal  $\alpha = \pi$ )



3 - surpression à l'intérieur d'une bulle d'air dans un liquide - loi de Laplace:

pour former les bulles d'air il faut que la pression interne est supérieure à la pression externe. la surpression qui s'exerce sur la membrane sphérique de la bulle d'air dans un liquide est donnée par l'expression.

$$\Delta P = P_{in} - P_{ex} = P_{air} - P_{liq}$$

pour former une bulle, on doit fournir une énergie, faire varier le volume de la bulle.

$$W = \Delta P \cdot V \Rightarrow dW = \Delta P \cdot dV$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 \Rightarrow dV = 4 \pi r^2 dr$$

$$dW = \Delta P \cdot 4 \pi r^2 dr \dots \text{①}$$

$$W = \sigma \cdot S \Rightarrow dW = \sigma \cdot dS \quad / S = 4 \pi r^2$$

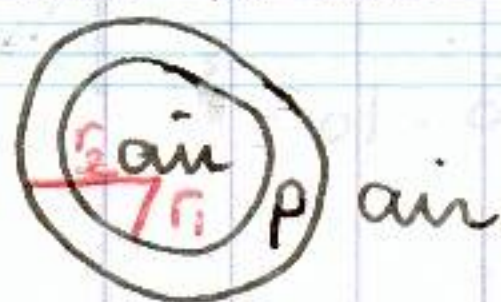
$$dW = \sigma \cdot 8 \pi r dr \dots \text{②}$$

$$\Rightarrow \Delta P \cdot 4 \pi r^2 dr = \sigma \cdot 8 \pi r dr$$

$$\Rightarrow \Delta P = \frac{2 \sigma}{r}$$

4. Surpression à l'intérieur d'une bulle de savon =

6. surpression à l'intérieur d'une bulle  $\Delta P = P_{in} - P_{ex}$



$$\Delta P = \underbrace{(P_{in} - P)}_{\frac{2\sigma}{r_1}} + \underbrace{(P - P_{ex})}_{\frac{2\sigma}{r_2}}$$

$$r_1 \approx r_2 = r.$$

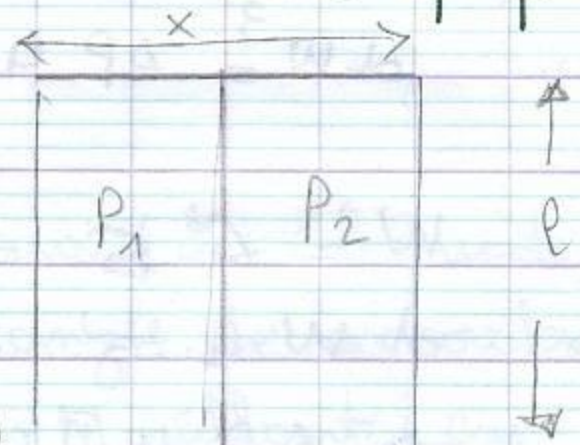
$$\Delta P = \frac{4\sigma}{r}$$

### 5- Loi de la force de la tension superficielle

Soit une membrane (savonneuse), on considère une coupe rectangulaire de longueur  $l$  et de largeur  $x$  pour séparer les 2 parties  $P_1$  et  $P_2$  on doit exercer une force. cette force appelée : Force de tension superficielle

$$F = \sigma \cdot l$$

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dynes}$$



SI: Force (N),  $\sigma$  (N/m),  $l$  (m)

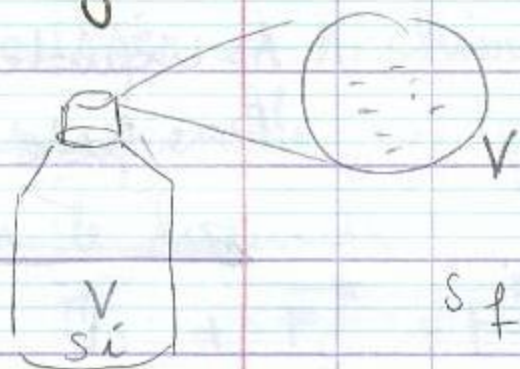
CGS: Force (dynes),  $\sigma$  (dynes/cm),  $l$  (cm)

Liquide	$\sigma$ (N/m)	T (°C)
H <sub>2</sub> O	$72 \cdot 10^{-3}$	20°C
Alcool	$22 \cdot 10^{-3}$	20°C
Hg	$450 \cdot 10^{-3}$	20°C

### a - Energie de cohésion -

Dans un liquide pur, les forces d'attraction intermoléculaires sont appelées **Forces de cohésion**

Si on veut séparer ces molécules, on doit fournir une énergie. Cette énergie s'appelle : Energie de cohésion



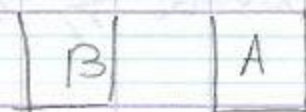
$$W = \sigma (S_f - S_i)$$

### b - Energie d'adhésion

L'énergie d'adhésion de 2 liquides est l'énergie nécessaire pour séparer 2 liq non miscibles (huile, H<sub>2</sub>O) après la séparation, on a éliminé la surface AB.

$$W_a = (\sigma_A + \sigma_B + \sigma_{AB}) S$$

$$\sigma_{AB} S = 0$$

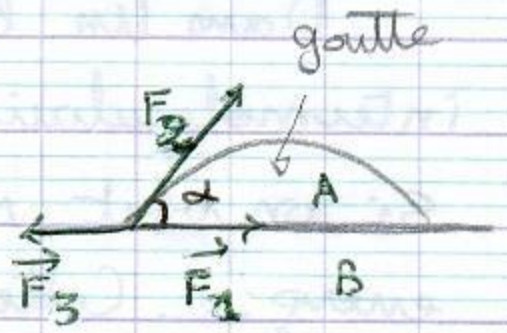


$$\Rightarrow W_a = (\sigma_A + \sigma_B) S$$

## 6 - Contact d'un liquide avec un solide et un gaz =

lorsqu'on met une goutte de liquide sur une surface solide, cette dernière sera soumise en plusieurs forces de tension superficielles.

pour que le liquide reste sous forme de goutte il faut que  $\sum \vec{F} = \vec{0}$ .



A: liquide  
B: solide



$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$$

$$F_1 + F_2 \cos \alpha - F_3 = 0$$

$$F = \sigma l$$

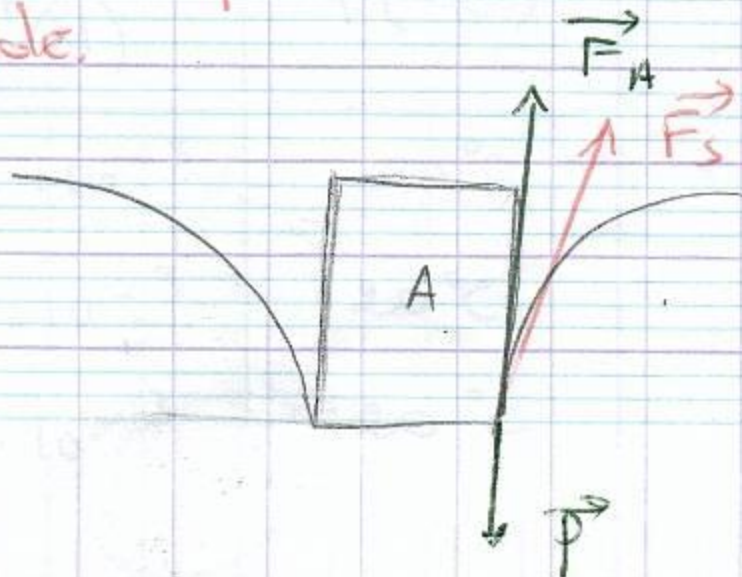
$$\sigma_{AB} l + \sigma_A l \cos \alpha - \sigma_B l = 0 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{\sigma_B - \sigma_{AB}}{\sigma_A}$$

$0 < \cos \alpha < 1 \Rightarrow$  étalement

$-1 < \cos \alpha < 0 \Rightarrow$  pas d'étalement

$\cos \alpha \geq 1 \Rightarrow$  l'étalement parfait  $\Rightarrow \frac{\sigma_B - \sigma_{AB}}{\sigma_A}$

## 7 - Stabilité d'une particule solide sur une surface de liquide.



On met une particule solide sur une surface liquide, cette particule est soumise à 3 forces :

le poids, la poussée d'Archimède et les forces de tension superficielles.

La particule est suffisamment petite, son poids et la poussée d'Archimède sont négligeables devant la tension superficielle, ce qui conduit que la particule flotte sur le liquide.

$$\vec{F}_A + \vec{F}_S + \vec{P} = \vec{0}$$

$$\sigma_A - \sigma_B \cos \alpha - \sigma_{AB} = 0.$$

exemples d'application :

Chez un sujet, la surface totale des alvéoles pulmonaires lors de l'expiration est de  $75 \text{ m}^2$  et le nombre des alvéoles est de  $4 \cdot 10^8$ .

1. Calculer le rayon de ces alvéoles pulmonaire pendant l'expiration.
2. au cours de l'inspiration, le volume alvéolaire est de 4,5 litres. Quel est alors la surface alvéolaire à l'inspiration ?
3. Sachant que la surface alvéolaire est recouverte d'un film lipidique. le coeff de tension superficielle :  $\sigma = 10 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$



Calculer l'énergie nécessaire pour l'augmentation de la surface des Alvéoles

4 - de fait de conséquences pathologiques, la tension superficielle de la surface alvéolaire =  $50 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$   
Calculer l'énergie nécessaire à l'inspiration.

\* Solution:

$$1 - S_T = N S_A \quad / \quad S_T: \text{surface totale.}$$

N: nbre des alvéoles.

$S_A$ : surface d'Alvéoles.

$$\Rightarrow S_A = 4 \pi r_a^2.$$

$$\Rightarrow r_a = \sqrt{\frac{S_T}{N \cdot 4 \pi}} = \sqrt{\frac{75}{4 \cdot 10^8 \cdot 4 \pi}} = 0,12 \text{ mm.}$$

$$2 - V_T = N \cdot V_A \Rightarrow V_A = \frac{V_T}{N} = \frac{4}{3} \pi r^3.$$

$$\Rightarrow r_{ins} = \sqrt[3]{\frac{3 V_T}{4 \pi N}} \Rightarrow r_{ins} = 0,14 \text{ mm}$$

$$S_{ins} = N \cdot 4 \pi r_{ins}^2 = 98,17 \text{ m}^2.$$

$$3 - W = \sigma (S_{ins} - S_{exp}) = 2 \cdot 10^{-3} (98,13 - 75)$$

$$W = 46 \text{ joules}$$

$$4 - W = 50 \cdot 10^{-3} (98,15 - 75)$$

$$= 1,15 \text{ joules}$$

exercice 2:

Un petit flacon de  $14 \text{ cm}^2$  de surface, rempli d'un liquide de  $V = 6 \text{ cm}^3$ .

On se propose de pulvériser totalement en goutellettes sphérique de  $0,1 \mu\text{m}$ .

Quelle est l'énergie nécessaire pour effectuer cette pulvérisation.

$$N = \frac{V}{V_s} = \frac{V}{\frac{4}{3} \pi r^3} = \frac{V}{\frac{4}{3} \pi r^3}$$

$$S_T \text{ goutellette} = N \cdot S \text{ goutellettes.}$$

$$S_T = N 4 \pi r^2 = \frac{V 4 \pi r^2}{\frac{4}{3} \pi r^3} = 3 \frac{V_L}{r_0}$$

$$W = \sigma \left( S_{\text{liq}} - \frac{3 V_L}{r_0} \right)$$
$$= 50 \cdot 10^{-3} \left( 14 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot \frac{6 \cdot 10^{-6}}{0,1 \cdot 10^{-6}} \right)$$

$$W = 9 \text{ J}$$