

# LP.27 Mouillage

Annabelle

## | Élément imposé – Stalagmométrie

**Niveau :** L2

**Pré-requis :**

- Interactions faibles : VdW, LH
- Travail d'une force
- Manipulation de vecteurs
- Bilan de forces, PFD

**Difficultés :**

- Tension superficielle : nouvelle notion
- ne pas confondre les différents types de mouillage
- ne pas se tromper dans les bilans de forces

**Activité :**

- Etude de doc sur le traitement de surface
- TD sur le phénomène de capillarité
- TP mesure de l'angle de mouillage sur différentes surfaces

**Biblio :**

- Sanz
- Pierre Gilles de Gennes
- Fruchart
- TI j2140

## Plan proposé

1	La tension superficielle . . . . .	2
1.1	Définition, origine microscopique . . . . .	2
1.2	Aspect énergétique . . . . .	2
1.3	Mesure de la tension superficielle par la méthode d'arrachement . . . . .	3
1.4	La stalagmométrie . . . . .	3
2	Mouillage . . . . .	4
2.1	Mise en évidence . . . . .	4
2.2	Loi de Young-Dupré . . . . .	4
1	Tension superficielle . . . . .	6
1.1	Mise en évidence expérimentale . . . . .	6
1.2	Origine microscopique . . . . .	7

1.3	Mesure de $\gamma$ . . . . .	7
1.4	Retour sur Marangoni . . . . .	7
2	Mouillage . . . . .	7
2.1	Loi de Laplace . . . . .	7
2.2	Loi de Jurin et loi de Dupré . . . . .	8

## Intro pédagogique

Insister sur le coté expérimental plutot que théorique

## Leçon

### Intro

Suite sur les fluide : tension superficielle. Phénomène partout dans le quotidien : méniques, capillaire, goutte sur une surface, bulle de savon que bulle d'eau

[vidéo petite aiguille à la surface de l'eau <https://www.youtube.com/watch?v=dn1DrcEmzKk>]

### 1 La tension superficielle

#### 1.1 Définition, origine microscopique

**Tension superficielle** : Phénomène physique qui est caractérisé par la présence de forces surfaciques à une interface

[Interaction à l'interface liq/gaz Wiki] : Dans le liq, beaucoup d'interactions entre molécules d'eau, à la surface ça coute de l'énergie car on a moins d'interactions stabilisantes. [vidéo si on pousse l'aiguille, elle tombe]. Les molécules d'eau à la surface essayent donc de se rapprocher

#### 1.2 Aspect énergétique

Pour accroître de  $dS$  l'interface liquide gaz on doit fournir un travail

$$\delta W = \gamma_{LG} dS$$

avec  $\gamma_{LG}$  coefficient de tension superficelle en  $J/m^2$  ou  $N/m$  (caractérise la capacité d'un liquide à former une surface avec un solide)

	eau	eau savonneuse	toluène
$\gamma_{LG}$ (mN/m)	72	50	30

TABLEAU 1 – OdG

Coefficient plus faible permet de former plus facilement des bulles avec eau savonneuse car tension superficielle plus basse. Logique que ce soit élevé, car bcp d'interactions dans l'eau

### 1.3 Mesure de la tension superficielle par la méthode d'arrachement

Présentation de l'appareil. [schéma au tableau]

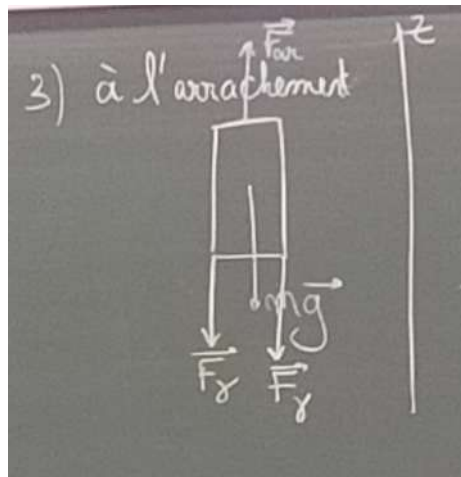


Figure 1 – Bilan des forces à l'arrachement

[arrachement PGDG p64]

A l'arrachement :

$$F_{ar} - mg = 2 \times \gamma 2\pi$$

avec  $\gamma_{LS}$  tension superficielle de l'interface air-eau, et R rayon intérieur de l'anneau. Far est mesuré au dynamomètre. Donc

$$\gamma = \frac{F_{ar} - mg}{4\pi R} = \frac{0.072 - 4.77 \times 10^{-3} \times 9.8}{4\pi \times 5.8 \times 10^{-2}} = 69 \text{mN/m}$$

(coff 2 car 2 interfaces : intérieur/extérieur)

### 1.4 La stalagnométrie

Stalagnomètre : un dispositif permettant de mesurer la tension superficielle d'un liquide en comptant le nombre de goutte qui tombent depuis un capillaire contenant un volume de liquide connu

Loi de Tate (1864) :

$$m = \frac{\gamma k R}{g}$$

avec m la masse d'une goutte d'eau, R rayon du capillaire, k coefficient de forme du compte-goutte. Pour trouver k on compare à la tension superficielle d'un liquide connu

[manip quantitative : mesure de masse de goutte]

$$\frac{m_{eau}}{\gamma_{eau}} = \frac{m_{lb}}{\gamma_{lb}}$$

donc

$$\gamma_{lb} = \frac{\gamma_{eau} m_{lb}}{m_{eau}} = \frac{69 \times 0.43}{0.73} = 41 \text{ mN/m}$$

## 2 Mouillage

### 2.1 Mise en évidence

[manip quali goutte] : 2 différentes surfaces, pas même taille de goutte

**Mouillage** : Ensemble des phénomènes qui se produisent lorsqu'on dépose un liquide sur un solide

[schéma angle de mouillage]

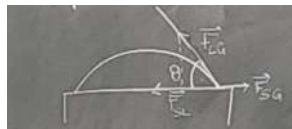


Figure 2 – Schéma angle de mouillage et projection des forces

### 2.2 Loi de Young-Dupré

PFD :

$$0 = -F_{SL} + F_{SG} - F_{LG} \times \cos(\theta) = -\gamma_{SL} dx + \gamma_{SG} dx - \gamma_{LG} \cos(\theta) dx$$

$$\text{Loi de Young-Dupré : } \cos(\theta) = \frac{\gamma_{SG} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LG}}$$

Différents types de mouillages en fonction de la valeur de l'angle

## Conclusion

Etudes de différents phénomènes, importants pour le revêtement, la chimie, etc...

## Questions/Réponses

Questions	Réponses
<i>OdG liaisons</i>	<i>kJ/mol vdw et 10 kJ/mol LH</i>

## L. Titre

---

<i>Ménisque</i>	Loi de Jurin, hauteur dans le capillaire
<i>Toujours un ménisque ?</i>	Pas toujours visible
<i>Minimiser surface de contact ?</i>	minimiser l'énergie
<i>Pk petite aiguille</i>	Compétition poids
<i>Définition par rapport à l'énergie, mais par rapport à la force ?</i>	Force qui déplace sur dx un liquide
<i>Exemple <math>\sigma</math> plus grand que l'eau ?</i>	mercure 480 mN/m, verre fondu 300 mN/m
<i>Pk un seul <math>\gamma</math> dans balance d'arrachement ?</i>	A l'arrachement donc plus de contact avec le solide
<i>Anneau ?</i>	bizoté
<i>N'importe quel fluide stalag ?</i>	Pas forcément
<i>angle <math>&gt;90^\circ</math>? Absence de mouillage ?</i>	Mouillage partiel, non-mouillant
<i>Eau et huile, surface</i>	
<i>Surface rugueuse ?</i>	exalte le propriété initiale : plus hydrophile ou plus hydrophobe
<i>Exemples classiques ?</i>	Mercure (descend dans le capillaire), azote liquide
<i>mouillage total</i>	huile de silicone

---

## Debrief

Faire le lien énergie force dès le début (définition mécaniques)  
Faire une seule mesure  
Parler hydrophobe/hydrophile

Présenté par Marie

| **Élément imposé** – Effet Marangoni

**Niveau** : L2

**Pré-requis** :

- Statique des fluides (RFSF, forces de pressions) (L1)
- Lois de Newton, conditions d'équilibre, énergie potentielle (2ndaire)
- Notion de travail, analyse dimensionnel (L1)

**Difficultés** :

- Effet macro aux sources micro : difficile à saisir
- Beaucoup de lois et de vocabulaire

**Activité** :

- TD : buvard invasion fluide dans un milieu poreux
- TP : mesures d'angles de Young Dupré

**Biblio** :

- Hydrodynamique (Guyon p403 Effet Marangoni)
- Physique exp Fruchard p466 manip
- Goutte, bulles, perles et ondes, PGDG (Pierre Gilles de Gènes)
- Ce que disent les fluides, Guyon (effet + exos)

## Plan proposé

## Intro pédagogique

Au milieu d'une séquence sur l'étude des fluides. Action et contact subies par un fluide

Loi de Young Dupré en TD car pas en cours

## Leçon

### Intro

Effet marangoni, perle de vin sur les parois, bourrelet qui retombe en goutte

### 1 Tension superficielle

#### 1.1 Mise en évidence expérimentale

Film de savon [Manip minimisation des interfaces]

Forces capillaires : dirigées dans le sens de la minimisation des interfaces

[figure PGDG : forces]

$= F \cdot dx = 2\gamma L dx$  (2 car 2 cotés de la surface)

$\gamma$  : tension superficielle J/m<sup>2</sup>

Energie nécessaire pour augmenter la surface d'une interface d'une unité

## 1.2 Origine microscopique

liquide : interactions attractives avec TOUS les voisins d'énergie U

$$\gamma = \frac{U}{2a^2} \approx 20 \text{ mJ/m}^2 \text{ pour l'eau}$$

$\gamma$  dépend de

— T

— Nature du liquide

## 1.3 Mesure de $\gamma$

[Manip mesure de tension superficielle **balance d'arrachement**] 1ère phase, anneau au dessus du liquide : seule force = poids

2ème phase : dans le liquide : poids, poussée d'archimède, et tension superficielle

Moment en décrochement avec le liquide ? Juste P et tension superficielle [image : méthode de du Noüy]

$$\vec{F}_\gamma = p\gamma\cos(\theta). \text{ Au décrochement, } \cos(\theta) = 1 \text{ (p = périmètre de l'interface)}$$

$$P = 0.044 \text{ N}$$

$$\text{Décrochement à } 0.071 \text{ N} = P + F_\gamma$$

$$\text{Donc } \gamma = \frac{P - F}{p} = \frac{P + F_\gamma - P}{2 \times 2\pi R} = \frac{0.071 - 0.044}{4\pi \times 30 \text{ mm}}$$

$$[\text{Gum}] : \gamma = 0.07 \pm 0.02 \text{ J/m}^2$$

$$\gamma_{\text{ethanol}} = 23 \text{ mJ/m}^2$$

[Manip : Poivre sur du liquide vaisselle, quand on met son doigt/eau savonneuse au centre le poivre s'écarte]

## 1.4 Retour sur Marangoni

????? Différence de gamma entre les liquide du vin, directions différentes??

Evaporation de l'éthanol dans le vin, avec juste l'eau, gradient de tension superficielle

## 2 Mouillage

Mouillage : Etude de l'étalement d'un liquide disposé à une interface solide-air

### 2.1 Loi de Laplace

Sphère de rayon R séparée en 2 : BdA :  $F_{ext}^{\vec{}} = -P_{ext}\pi^2\vec{u}_z$  ,  $F_{int}^{\vec{}} = P_{int}\pi^2\vec{u}_z$ ,  
 $F_{\gamma 2 \rightarrow 1}^{\vec{}} = -2\gamma\pi u \vec{z}$

$$\text{Bilan des forces à l'équilibre : } \text{Loi de Laplace (Pour une sphère)} : P_{int} - P_{ext} = \frac{2\gamma}{R}$$

Mais alors, Capillaire??

## 2.2 Loi de Jurin et loi de Dupré

Redémontrée en TD :

$$h = \frac{2(\gamma_{SL} - \gamma_{SV})}{\rho g r} \text{ pour un capillaire de rayon } r$$

Dessin sur un capillaire de rayon  $r$ , on note le rayon du ménisque  $R$  avec  $R = \frac{r}{\cos(\theta)}$

On utilise la Loi de Laplace et la loi du capillaire là, plus le fait que la pression intérieure se retrouve avec la statique des fluides :  $h = \frac{2\gamma_{LV}\cos(\theta)}{??}$

$$\text{Donc Loi de Young Dupré : } \cos(\theta) = \frac{\gamma_{SV} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LV}}$$

Conclusion

## Questions/Réponses

Questions	Réponses
<i>VP : Science est une croyance ?</i>	Pas le temps de tout redémontrer donc part de confiance, mais EXPERIENCE dans la vie de tous les jours!!!! Peut être remis en question

## Debrief

I ok, mais Il pas nécessaire  
Pas loi de Girard et Laplace  
Montrer l'angle de Mouillage  
Coefficient de mouillage ??  
Feuilles de Lotus, insectes qui marchent sur l'eau ?  
Point triple pour démontrer Young Dupré, mais composante verticale ? visco-élasticité de réaction du support