

# Mouillage

Annabelle Peyronnet

31 mai 2022

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Phénomène de tension superficielle</b>	<b>2</b>
1.1	Définitions, origine microscopique . . . . .	2
1.2	Aspect énergétique . . . . .	2
1.3	Mesure d'un coefficient de tension superficielle par la méthode d'arrachement . . . . .	3
<b>2</b>	<b>La stalagnométrie</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Mouillage</b>	<b>4</b>
3.1	Mise en évidence . . . . .	4
3.2	Loi de Young Dupré . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Application dans le BTP (Si le temps)</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Retour</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Retour</b>	<b>8</b>

## Introduction pédagogique

Niveau : L2

### Prérequis :

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

### Difficultés :

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

**En plus** TD phénomène de capillarité - Loi de Jurin, calcul d'une longueur capillaire / TD rôle des tensioactif/ TP non fait dans la leçon / Etude de document sur le traitement de surface.

### Biblio

- Sanz PC/PC\* Dunod Physique
- Pierre Gilles de Gennes
- TI j2140 Lois du mouillage et de l'imprégnation
- Fruchart

# Introduction

Vous avez dû déjà vous demander : d'où vient le ménisque qu'on observe dans un tube à essai ou une burette, pourquoi les liquides montent-ils dans un capillaire, ou encore comment on peut expliquer la forme d'une goutte d'eau déposée sur une surface ou pourquoi les bulles de savons sont plus résistantes que les bulles d'eau. Tous ces phénomènes ont un point commun : ils ont pour origine le phénomène de tension superficielle. Ce cours va tenter d'expliquer ce que c'est et de l'illustrer par divers exemples.

## 1 Phénomène de tension superficielle

### 1.1 Définitions, origine microscopique

Vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=dn1DrcEmzKk> de 0 à 25 s. (Poser une aiguille sur la surface d'eau dans un verre, réalisable)

**Tension superficielle** : phénomène physique caractérisé par la présence de forces surfaciques à l'interface entre un liquide et un autre milieu, dues au déséquilibre des forces subies par les molécules situées sur cette interface de la part de celles contenues dans chacun des deux milieux qu'elle sépare. Le système minimise sa surface de contact entre deux interfaces pour minimiser son énergie.

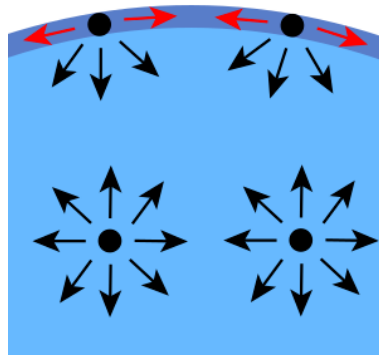


FIGURE 1 – Interaction à l'interface liquide gaz (Wikipédia)

Pourquoi l'aiguille reste-t-elle à la surface ? Elle ne flotte pas (si on la pousse elle coule) mais elle est retenue par la tension superficielle.

### 1.2 Aspect énergétique

A l'interface liquide vapeur : pour accroître de  $dS$  la surface de l'interface liquide vapeur on doit fournir un travail :

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

où  $\gamma_{LV}$  est appelé coefficient de tension superficielle de l'interface liquide vapeur, il est positif, en N/m. C'est ce coefficient qui caractérise le phénomène de tension superficielle. Il ne dépend que de la nature des différentes interfaces.

Quelques ordres de grandeur du coefficient de tension superficielle :

	eau	eau savonneuse	toluène
$\gamma$ (N/m)	0,07	0,05	0,03

TABLE 1 – Coefficient de tension superficielle liquide air pour différent liquide

Le coefficient de tension superficielle plus faible pour l'eau savonneuse que pour l'eau explique que les bulles de savon soient plus résistantes.

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

Dans cette expérience on va mesurer la tension superficielle de l'eau par la méthode dite d'arrachement en utilisant un anneau de Lecompte Noüy.

*Faire schéma, donner mesure et incertitudes*

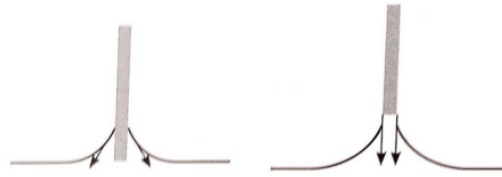


FIGURE 2 – Pierre Gilles de Gennes p.64

Lorsqu'on arrache l'anneau, la force passe par un maximum.

## 2 La stalagnométrie

Un stalagnomètre est un dispositif qui permet de mesurer la tension superficielle d'un liquide en comptant le nombre de gouttes qui tombent depuis un tube capillaire contenant un volume de liquide connu. La technique se nomme stalagnométrie.

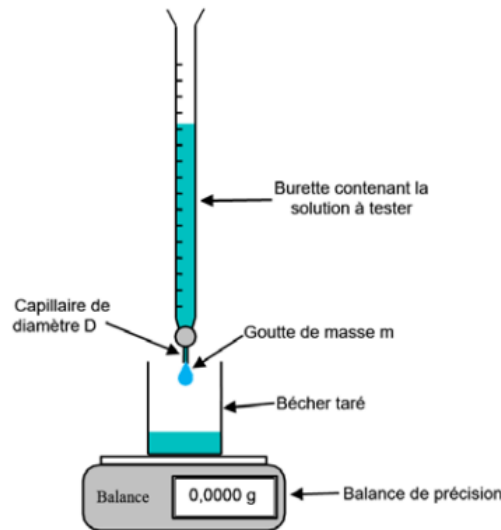


FIGURE 3 – [https://odpf.org/images/archives\\_docs/26eme/memoires/EquipeH/memoire.pdf](https://odpf.org/images/archives_docs/26eme/memoires/EquipeH/memoire.pdf)

Afin de pouvoir utiliser ce dispositif on se sert de la loi de Tate énoncée en 1864 par le physicien du même nom. La masse d'une goutte sortant du compte goutte est :

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

où  $\gamma$  est la tension superficielle du liquide recherchée,  $k$  le coefficient de forme du compte goutte,  $R$  le rayon de l'orifice du compte goutte,  $g$  l'intensité de la pesanteur. *Homogénéité ?*

#### Mode opératoire :

- Peser plusieurs gouttes d'un liquide de tension superficielle  $\gamma_o$  connue, en déduire la masse d'une goutte  $m_o$
- faire de même pour le liquide à étudier  $\gamma$ , en déduire la masse  $m$  d'une goutte de ce liquide
- en déduire  $\gamma$  avec la formule  $\gamma m_o = \gamma_o m$

**Transition** La tension superficielle est responsable de la capillarité et du mouillage. On va maintenant s'intéresser au mouillage, et essayer de le caractériser grâce au coefficient de tension superficielle qu'on vient de déterminer.

### 3 Mouillage

#### 3.1 Mise en évidence

Mouillage : ensemble des phénomènes qui se produisent lorsqu'un liquide est déposé sur un solide.

**Manipulation qualitative :** on dépose une goutte d'eau sur une surface, on observe sa forme.

Refaire le schéma :

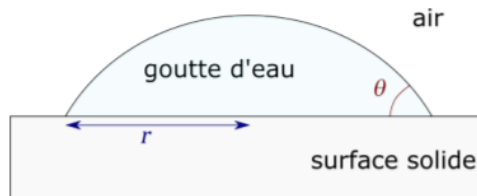


FIGURE 4 – Forme d'une goutte déposée sur un solide

**Transition** Du fait de la tension superficielle les liquides vont plus ou moins s'étaler sur une surface solide. Comment on le caractérise ? C'est grâce à l'angle de mouillage qu'on va voir ensuite.

#### 3.2 Loi de Young Dupré

C'est l'angle  $\theta$  appelé angle de contact qui caractérise la forme de la goutte. On a ici trois interfaces à prendre en compte : liquide - air, liquide - solide, solide - air.

Démonstration de la loi de Young-Dupré :

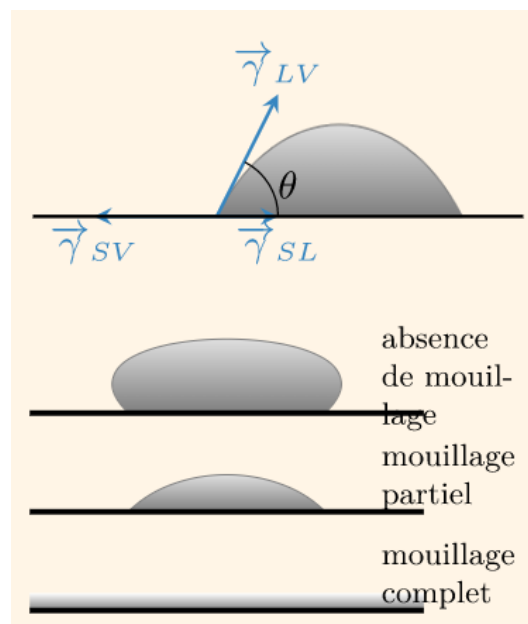


FIGURE 5 – Forces exercées

PFD selon x (horizontal) à l'équilibre :

$$0 = F_{SL} - F_{SV} + F_{LV} \times \cos(\theta)$$

$$0 = \gamma_{SL}dx - \gamma_{SV}dx + \gamma_{LV}dx \times \cos(\theta)$$

L'angle de contact est donné par la loi de Young-Dupré :

$$\cos(\theta) = \frac{\gamma_{SV} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LV}}$$

On parle de mouillage partiel lorsque la goutte s'étale partiellement :  $\theta$  est défini car son cosinus l'est :  $|\gamma_{SV} - \gamma_{SL}| < \gamma_{LV}$ .

On parle de mouillage nul si l'interface solide liquide tend à disparaître,  $\theta$  tend vers  $180^\circ$ . Il y a mouillage total si la goutte s'étale totalement :  $\theta$  tend vers  $0^\circ$ , l'interface solide vapeur disparaît.

On peut estimer  $\theta$  à l'aide d'une photo et ainsi caractériser le mouillage.

**Manipulation quantitative :** mesurer angle et caractériser le mouillage.

## 4 Application dans le BTP (Si le temps)

L'ascension par capillarité peut poser problème dans le domaine du BTP par exemple : L'eau peut monter dans un mur en béton par capillarité. Pour l'éviter plusieurs alternatives sont possibles. On peut citer notamment les produits hydrofuges qui ont pour fonction de diminuer ou arrêter l'absorption d'eau par capillarité dans les matériaux poreux.

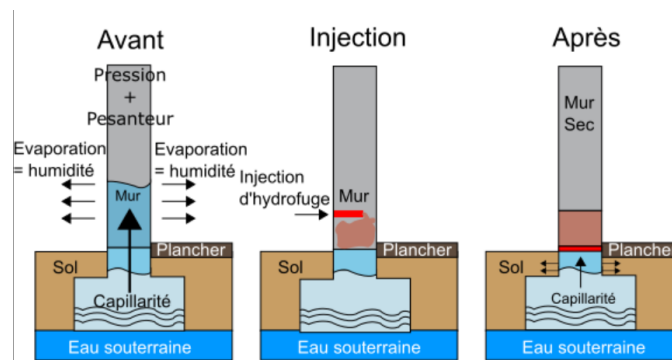


FIGURE 6 – Injection de produit hydrofuge pour limiter l'ascension par capillarité

## Conclusion

Ouverture sur le traitement de surface : L'étude du mouillage a des applications concrètes comme par exemple le dépôt de peinture ou de vernis quand on veut couvrir un solide. C'est le cas quand on veut obtenir des surfaces antireflets, antisalissure. L'étude du mouillage nous permet aussi de savoir quelle est le meilleur matériaux pour faire une veste imperméable.

Leçon présentée par Marie

**EI : Effet Marangoni**

**Niveau L2**

**Prérequis**

- Statique des fluides : relation fondamentale de la statique des fluides, forces de pressions (L1)
- Lois de Newton, conditions d'équilibre, énergies potentielles (secondaire)
- Notion de travail, analyse dimensionnelle (L1)

**Difficultés**

- Effet macroscopique aux sources microscopiques : difficile à saisir
- Beaucoup de lois et de vocabulaire

**Activités liées**

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

**Biblio**

- Hydrodynamique Physique Guyon p403 effet Marangoni
- Physique expérimentale Fruchart p466 manip
- Gouttes bulles perles et ondes Pierre Giles de Gènes
- Ce que disent les fluides Gruyon (effet + exo)

**Blabla pédagogique** Au milieu d'une séquence sur l'étude des fluides. Action et contact subies par un fluide pour chapitre. Jurin et Young Dupré pas vraiment beaucoup abordé dans ce cours donc on les verra en TD et TP.

## Introduction

Effet Marangoni : Sommelier qui tourne le verre de vin, le vin sur les parois forme des larmes. Pourquoi ce comportement de "larmes de vin" ? On va l'expliquer par des phénomènes de tension de surface.

## Tension de surface

### Mise en évidence expérimentale

Eau savonneuse forme un film (cf tp)  
forces capillaires : dirigées dans le sens de la minimisation des interfaces (image gouttes bulles perles et ondes sur un film d'eau savonneuse). On peut exprimer un travail  $\delta W = Fdx = 2\gamma Ldx$  où  $\gamma$  est appelé coefficient de tension superficielle en  $J/m^2$ , il s'agit de l'énergie nécessaire pour augmenter la surface d'une interface d'une unité.

**Transition** Créer une interface coûte de l'énergie mais pourquoi ?

### Origine microscopique

Liquide : interactions attractives avec tous les voisins d'énergie  $U$ . Une molécule à l'interface perd des interactions donc on a seulement  $U/2$ . On peut estimer alors le coefficient  $\gamma = \frac{U}{2a^2}$  de l'ordre de  $20 \text{ mJ/m}^2$ . Le coefficient de tension superficielle dépend de  $T$  et de la nature du liquide.

## Mesure du coefficient de tension superficielle

manip : balance d'arrachement

Bilan des forces :

- anneau au dessus du liquide : seulement le poids, force du ressort
- anneau dans le liquide : poids, force du ressort, poussée d'archimède, force de tension superficielle
- anneau à la limite : poids, force du ressort, force de tension superficielle  $p\gamma$  où  $p$  est le périmètre du cercle de l'anneau

Le dernier cas est celui qui nous interesse. Lors du décrochement on a une mesure de la force du ressort. On a les forces poids et tension superficielle qui s'équilibrent avec la force du ressort. Permet d'obtenir le coefficient de tension superficielle.

$$mg + p\gamma = F_{ressort} \text{ incertitudes avec GUM.}$$

## Retour sur l'effet Marandoni

Poivre sur du liquide vaisselle, quand on met son doigt au centre le poivre s'écarte.

## Mouillage

Il s'agit de l'étude de l'étalement d'un liquide déposé à une interface solide-air.

## Loi de Laplace

Bilan des forces sur une goutte d'eau coupée en 2.

## Loi de Jurin et Young Dupré

## 5 Retour

- Ordre de grandeur liaison VdW et LH ? Liaison VdW 2 kJ/mol, liaison H jusqu'à 40 kJ/mol
- Expliquer la formation de ménisque.
- Formation de ménisque que pour les capillaires ? Oui
- Pourquoi ça marche pas avec une grosse aiguille ? Masse faible pour pas que le poids soit supérieur à la tension superficielle
- Autre définition du coefficient de tension superficielle ? Avec la force
- Fluide avec un coefficient de tension superficielle supérieur à l'eau ? Mercure
- ODG pour l'alcool ?
- Pourquoi pas prendre en compte  $F_{SG}$  et  $F_{SL}$  pour la balance d'arrachement ? On se place à l'arrachement donc plus de contact avec le solide
- D'où vient le 2 ? 2 interfaces
- Pourquoi rayon intérieur de l'anneau ? Car anneau bizauté
- D'où vient le nom de stalagmomètre ?
- Pourquoi avoir besoin du volume de liquide ? Pas besoin car on fait des rapports
- Peut être utilisé pour mesurer n'importe quel fluide ?
- Pourquoi choisir ce fluide là ? Comparaison avec savon
- Il y a toutes les forces exprimées sur le schéma pour le mouillage ? Non car verticale pas compensée mais pas un problème car on se met selon  $x$ .
- Nom des surfaces qui font des gouttes étalées ou pas étalées ? Hydrophobe et hydrophile
- Absence de mouillage si  $\theta > 90^\circ$  ? Non (schéma phénotypique mal fait)
- Exemple si y a absence de mouillage ? Azote liquide
- Exemple mouillage totale ? Huile de silicone
- Faire schéma de l'interface eau huile ?
- Phénomène à l'origine de la montée dans un capillaire ? Tension superficielle
- Est ce qu'on a toujours un ménisque vers le bas ? Fluide monte quand même ? Mercure ménisque vers le haut

- Qu'est ce qu'une passe si il y a une surface rugueuse? Goutte mouille plus ou moins la surface? Surface hydrophobe plus hydrophobe si rugueux, surface hydrophile plus hydrophile.
- Qu'est ce qui caractérise le mouillage?

## 6 Retour

Dans le bilan des forces mettre la force du liquide sur la surface (vers le bas) Donner la définition en force (les deux ou au moins elle) Pour la stalagmométrie prendre un mélange eau/ethanol Pas mettre la définition stalagmo.

Pas dire qu'on peut plus faire des bulles de savon que d'eau car on peut pas en faire en eau. Donner les exemples extrêmes. Mouillage pas parfait : mouillant ou pas mouillant