

# MP 02 : Surfaces et interfaces

Elio Thellier & Dihya Sadi

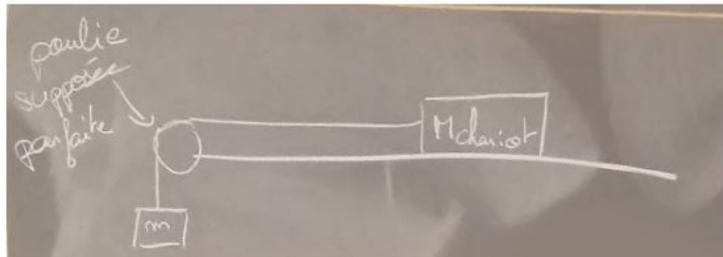
session 2021

## Introduction

### 1 Mesure d'un coefficient de frottement statique solide solide

On cherche à mesurer le coefficient de frottement statique  $f_s$  entre deux matériaux. Dans mon cas, j'ai utilisé du plastique sur du métal.

Pour cela, on réalise le montage suivant :



Afin de mesurer le coefficient de frottement statique, on fait varier la masse  $M$  du chariot et on cherche pour chaque valeur de  $M$  la valeur de la masse ajoutée au bout du fil  $m$  à partir de laquelle le chariot commence à bouger.

Sachant qu'on a la relation suivante :

$$f_s = \frac{m}{M}$$

On trace la masse du chariot  $M$  en fonction de la masse ajoutée  $m$  et la pente donne le coefficient de frottement statique. On trouve (en évaluant les incertitudes de manière statistique)  $f_s = 0.4 \pm 0.1$  pour une valeur tabulée de 0.5.

Attention : Cette manip n'est pas très précise, il ne faut pas perdre de temps avec les incertitudes !

*Transition :*



On montre en projetant avec une lentille la formation de gouttes sur différentes surfaces. On observe que les gouttes s'étale plus ou moins selon la surface : on met ici en évidence un autre phénomène, la tension superficielle.

## 2 Mesure de la tension de surface de l'éthanol par la loi de Jurin

### Matériel :

- Cuve peu profonde + portes tubes + tubes de rayon différents et connus
- Ethanol pur (celui de laboratoire n'est qu'à 95% à cause de l'azéotrope)
- appareil photo + carte SD + lecteur de carte SD
- Image J + IGOR
- Thermomètre (pour comparer avec les valeurs tabulées)
- Niveau (la règle avec une petite bulle pour l'horizontale) ou fil à plomb (mieux, car c'est la verticalité des tubes qui nous importe)

### Principe et protocole :

- Tout est dans le livre Physique expérimentale d'ALD
- On fait cette manip avec de l'éthanol car il a une meilleure mouillabilité donc l'hypothèse  $\theta_E \approx 0$  est mieux justifiée. De plus il a une faible tension superficielle avec l'air et est donc moins vulnérable aux impuretés que l'eau (sa tension superficielle est moins facilement affectée). On rappelle que les impuretés abaissent la tension superficielle, sauf dans de très rares cas (exemple mettre énormément de sel dans l'eau, peut augmenter (un peu) son  $\gamma$ , à cause de la relation de Gibbs qui montre qu'un défaut de concentration en surface par rapport à la concentration interne (effet d'absorption des ions  $Na^+$  et  $Cl^-$ , fuient la surface pour une meilleure solvation) induit une augmentation de la tension superficielle :  $u = -\frac{c}{RT} \frac{\partial \gamma}{\partial c}$  avec  $u$  l'excès ( $>0$  ou  $<0$ ) en concentration surfacique,  $\gamma$  la tension superficielle liquide air,  $c$  la concentration volumique).
- Aspirer avec une poire pour l'hystérésis des ménisques et être plus proche de  $\theta_E \approx 0$
- Projeter sur un écran l'ensemble des tubes (objet étendu), ménisques nets, sans déformation n'est pas facilement et rapidement réalisable... Le mieux c'est de prendre une photo et de traiter

sur ImageJ. Ne pas oublier de placer une règle au moment de la photo, dans le même plan que les tubes pour faire l'échelle. Il faut prendre la photo à hauteur des tubes, sans angle pour ne pas déformer l'image. Incertitude en nb de pixel sur l'épaisseur du ménisque dans le tube, et des ménisques extérieurs à la base du tube là où il trempe dans l'éthanol.

- 

$$H = \frac{2\gamma \cos(\theta_E)}{\rho g r}$$

- On trace H en fonction de  $\frac{1}{r}$  et on remonte à  $\gamma$  connaissant le reste.

### 3 Mesure de la tension de surface de l'éthanol par la balance d'arrachement

#### Matériel :

- Mallette noir balance d'arrachement qui devrait contenir : la balance d'arrachement, son alimentation (fil + boîtier transfo), deux lamelles fines métalliques avec crochet pour tremper et arracher, une mini balançoire et des mini masses pour faire l'étalonnage force-tension.
- La boîte en bois "tension superficielle" qui devrait contenir deux mini cristallisoirs, et autres trucs potentiellement utiles.
- Un câble BNC-banane (câble coax oscillo d'un bout, et deux fils de l'autre).
- Un fil à plomb et un thermomètre.
- Ethanol pur
- pied à coulisse
- Une balance de précision (max 2g), par exemple Ohaus Scout pour vérifier les masses de l'étalonnage et avoir des incertitudes sur la masse.

Choses auxquelles il faut faire attention :

- Juste avant l'arrachement il y a une bosse sur le signal oscillo, pourquoi ? Les parois du fluide sous la lame de métal deviennent brièvement concaves avant de rompre, donc brève augmentation de la surface liquide-air donc brève augmentation de la force.  $F = 2\gamma L$  où L est la longueur de la lame mesurée avec incertitudes au pied à coulisse.
- L'arrachement doit se faire simultanément sur toute la longueur, partie skilled de la manip.
- Les impuretés diminuent la tension superficielle (de  $72 \text{ mN.m}^{-2}$  à 50 dans notre cas pour l'eau "pure"), impossible de rester pure pour de l'eau à l'air libre et grosse influence des impuretés sur  $\gamma$ , c'est donc mieux de faire la manip avec de l'éthanol pur qui lui est moins sensible aux impuretés.
- Lever lentement et de manière continue pour un beau signal, trigger sur la descente en mode single.
- J'ai remarqué qu'après arrachement on peut voir une petite oscillation de la plaque autour de la position d'équilibre, c'est normale elle est accrochée à un ressort.
- Remarque : mesure unique donc on aurait pu faire un monte carlo ? Incertitude sur L et sur F que l'on propage sur  $\gamma$
- Comment montrer que c'est une propriété du liquide et pas du solide ? Théoriquement ?

- Normal de pas trouver 72 y a 0% de chances que ce soit de l'eau pure vraiment y a aucun doute là dessus on aura toujours autour de 50. On peut choisir de l'éthanol parce que c'est un liquide de faible tension de surface peu sensible aux impuretés. Par contre la force avant décrochage sera plus faible donc moins grande amplitude à l'oscilloscope...
- Si on garde l'eau on peut plonger son doigt dedans et montrer que ça chute encore plus, on peut aussi juste avant la manip aspirer la surface parce que la plupart des impuretés sont insolubles et restent en surface.
- Sel augmente la tension de surface de l'eau. Pourquoi ? Eq de Gibbs  $\Gamma = \frac{C}{RT} \frac{d\gamma}{dc}$  qui lorsque l'activité est comparable à la concentration relie la concentration d'une espèce à l'interface à la variation d'énergie de surface. Donc une espèce qui augmente la tension de surface est en défaut de surface, et une espèce qui diminue la tension de surface est en excès de surface. En effet quand on mets du gras des doigts ou quoi dans l'eau il se mets au niveau des surfaces alors que le sel il se met au fond donc il augmente le coût énergétique de surface.