

Compte-rendu du montage n°2 : Surfaces et interfaces.

Frédéric Arnardi et Vincent Faragout

Intro :

Au cours de ce montage on va voir qu'il existe des phénomènes se passant à la surface de certains corps ou à l'interface entre deux corps.

On connaît par exemple le phénomène de tension de surface qu'on étudiera dans la deuxième partie du montage et dans la première partie on va étudier les contacts entre 2 solides qui sont traités par les lois phénoménologiques de Coulomb.

Mais avant de commencer on peut définir ce qu'est une interface et une surface.

Interface : plan ou surface de discontinuité formant une frontière commune à 2 domaines aux propriétés différentes et unis par des échanges et interactions.

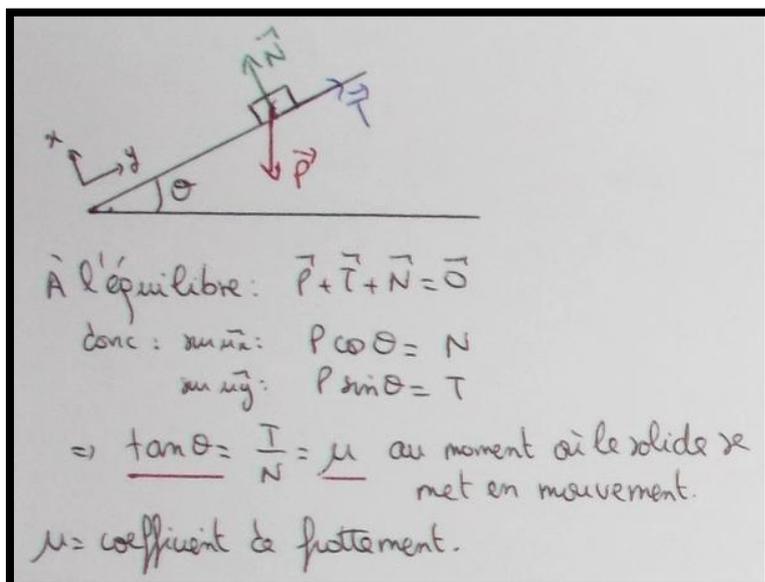
Surface : partie extérieure d'un corps.

I- Caractérisation mécanique d'une surface : contact entre 2 solides.

1) Première approche.

Dans cette partie on utilise le dispositif des frottements en formant un angle entre la table et le dispositif des frottements. On montre juste que pour un certain angle qu'on peut mesurer assez approximativement avec un rapporteur collé sur le dispositif la barquette en plastique commence à glisser sur la planche en plastique aussi.

Et donc d'après la théorie on peut déjà évaluer assez grossièrement le coefficient de frottement qui est égal à la tangente de cet angle limite entre le moment où la barquette est immobile et le moment où elle glisse sur la planche.



2) Mesure du coefficient de frottement.

Dans cette partie on fait une mesure un peu plus quantitative du coefficient de frottement du plastique sur plastique. Pour cela on place le dispositif des frottements à l'horizontal et on va exercer une force de tension à l'aide de masse pour mettre en mouvement la barquette sur la planche en plastique.

Au moment où la barquette se met en mouvement sur la planche alors on a d'après les lois de Coulomb :

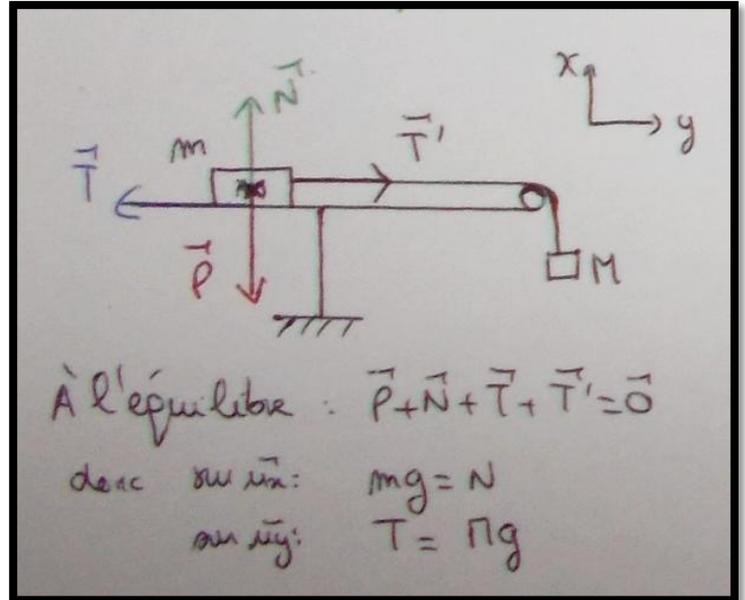
$$T = \mu N$$

Donc on a au final :

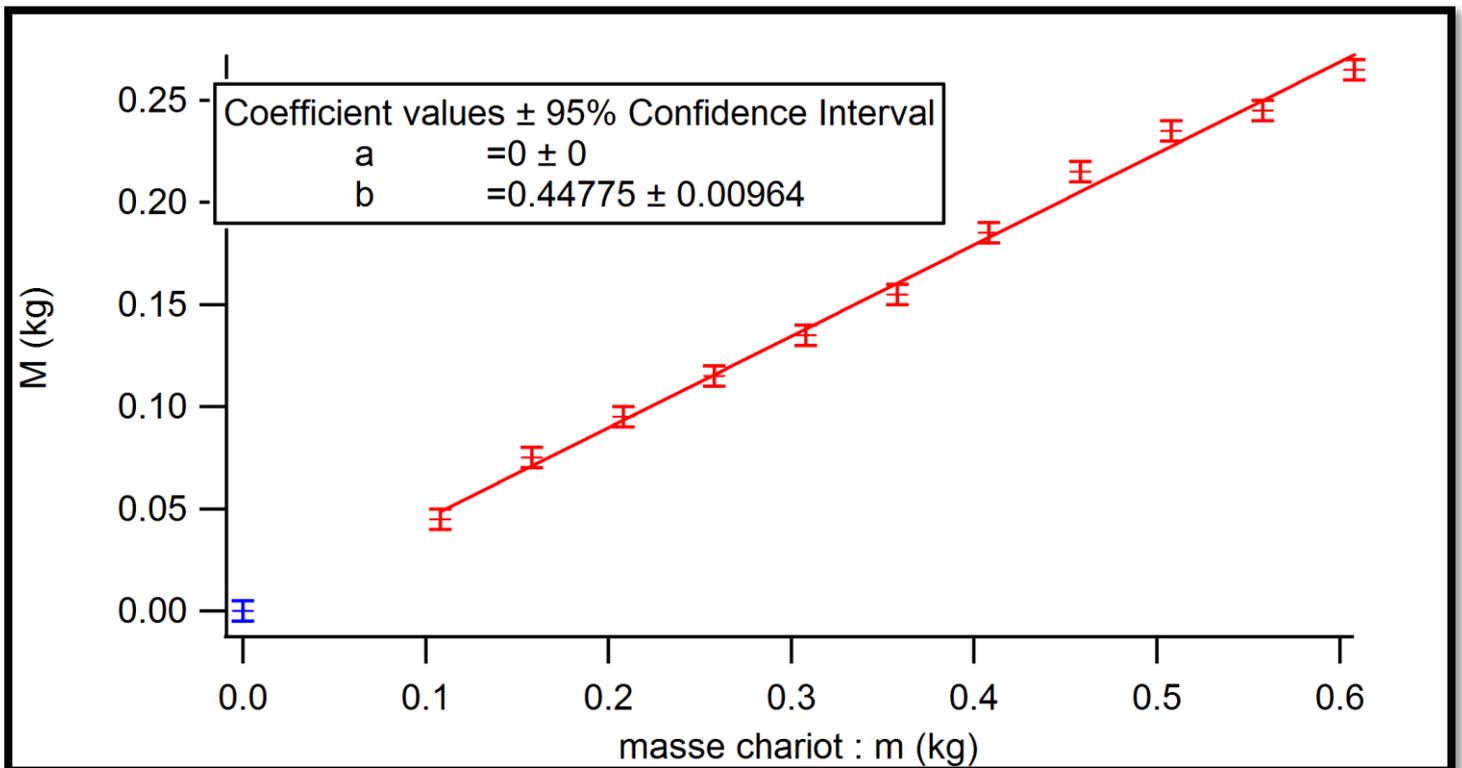
$$M = \mu m$$

On trace donc $M = f(m)$.

Le coefficient directeur de la droite nous donne le coefficient de frottement.



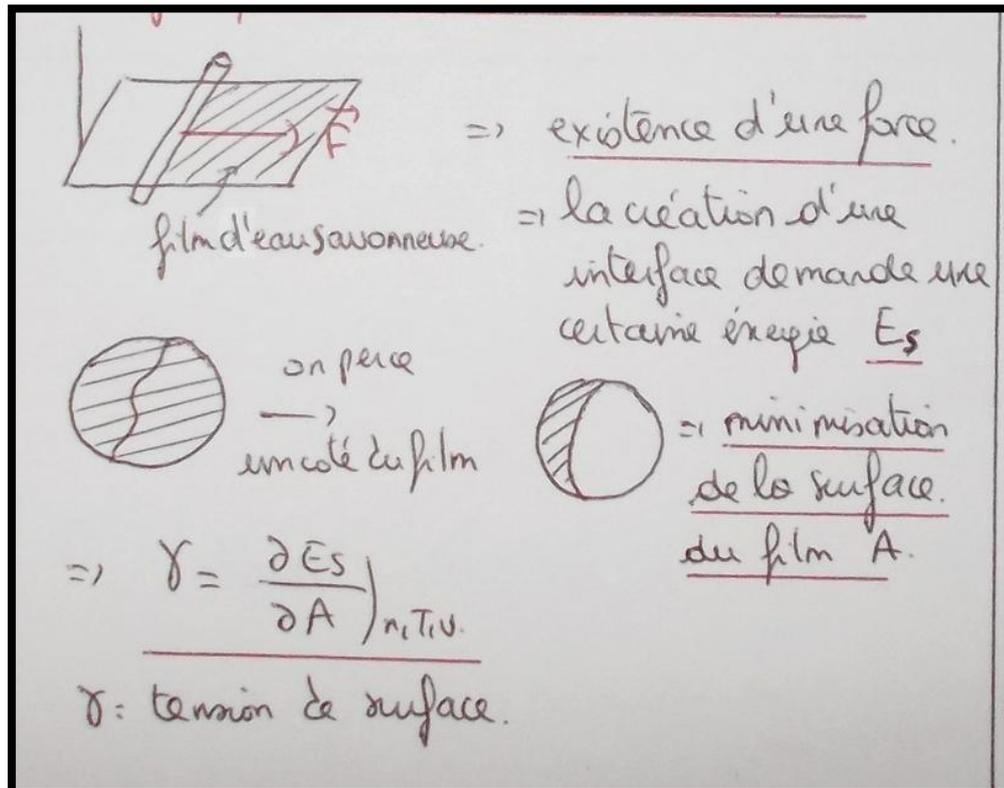
Rq : dans la notice on ne sait pas exactement quel type de plastique on a donc on peut regarder dans la littérature le coefficient qui vaut entre 0.4 et 0.6.



Rq : Il faut faire attention à bien régler l'horizontalité du dispositif, bien nettoyer les surfaces et bien laisser la barquette au même endroit sur le dispositif pour toutes les manipulations.

II- Un exemple de phénomène interfacique : la tension de surface.

On a fait deux petites expériences introductives à cette partie pour expliquer ce qu'est la tension de surface.



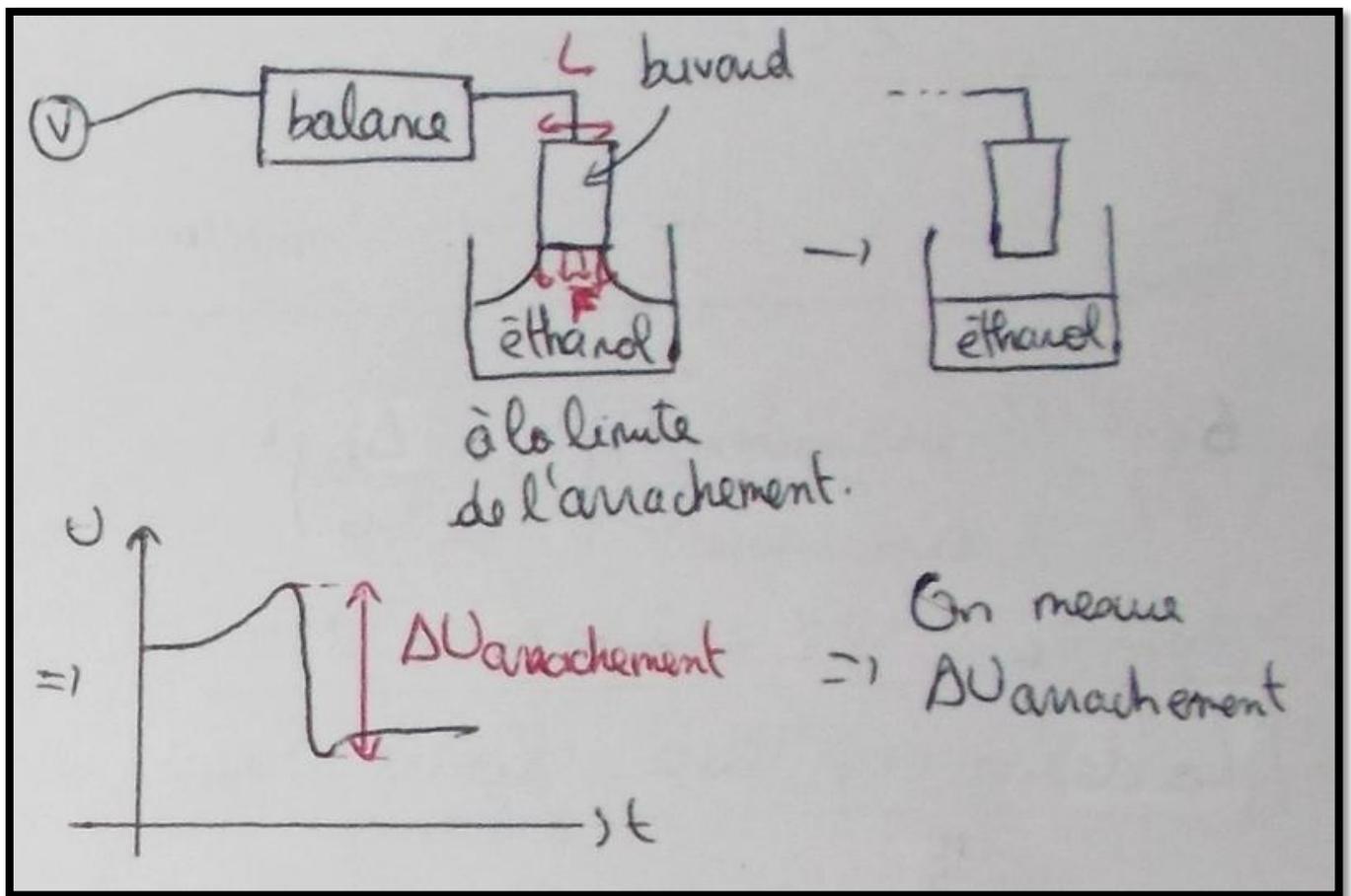
1) La balance d'arrachement.

Dans cette partie on va déterminer la tension de surface de l'éthanol pur par mesure de force d'arrachement.

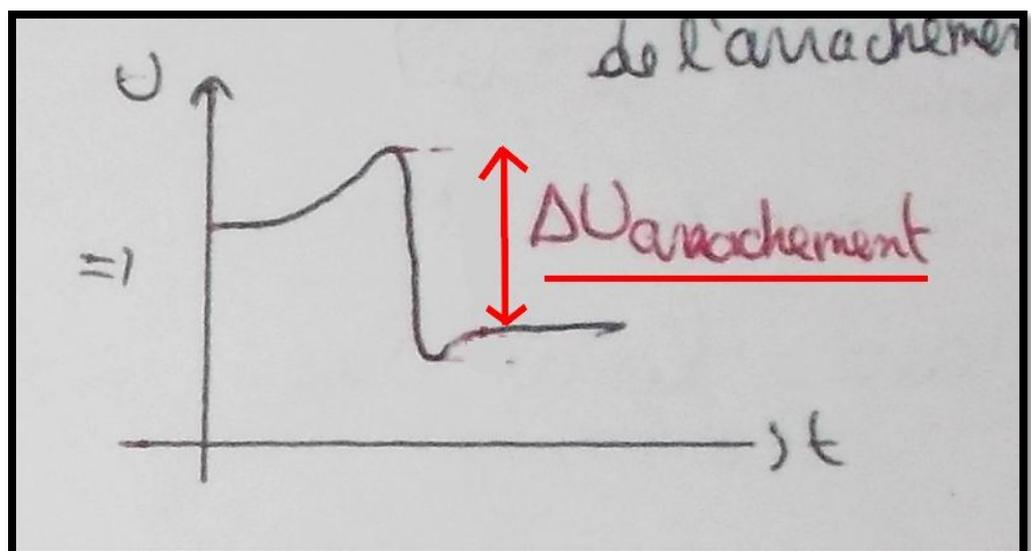
Pour cela on va tremper un papier buvard, le plus propre possible et le plus droit possible pour avoir un arrachement en une seule fois, dans une cuve d'éthanol.

On va donc mesurer une tension d'arrachement entre le moment où le buvard est à la limite de l'arrachement et où le buvard est arraché de l'éthanol c'est-à-dire qu'il ne trempe plus du tout dans l'éthanol.

On se met donc en mode single sur l'oscillo avec une base de temps suffisamment longue pour voir toute la courbe (500 ms – 1s) et on obtient une courbe de ce type :



Remarque : Pour faire les mesures on a mesuré la tension entre le maximum et le minimum de la courbe mais pendant la correction du montage, le correcteur a dit qu'il faudrait mesurer la tension entre le maximum et la fin de la courbe (voir sur la deuxième courbe).



Pour évaluer les incertitudes sur cette mesure de tension d'arrachement on utilise la méthode statistique donc on a fait une dizaine de mesures entre la préparation et la présentation. On utilise l'erreur avec le coefficient de Student :

$$\delta(\Delta U_{arrachement}) = \frac{\sigma(\Delta U_{arrachement}) * StudentT(0.95, n - 1)}{\sqrt{n}}$$

Où $n = \text{nombre de mesures}$.

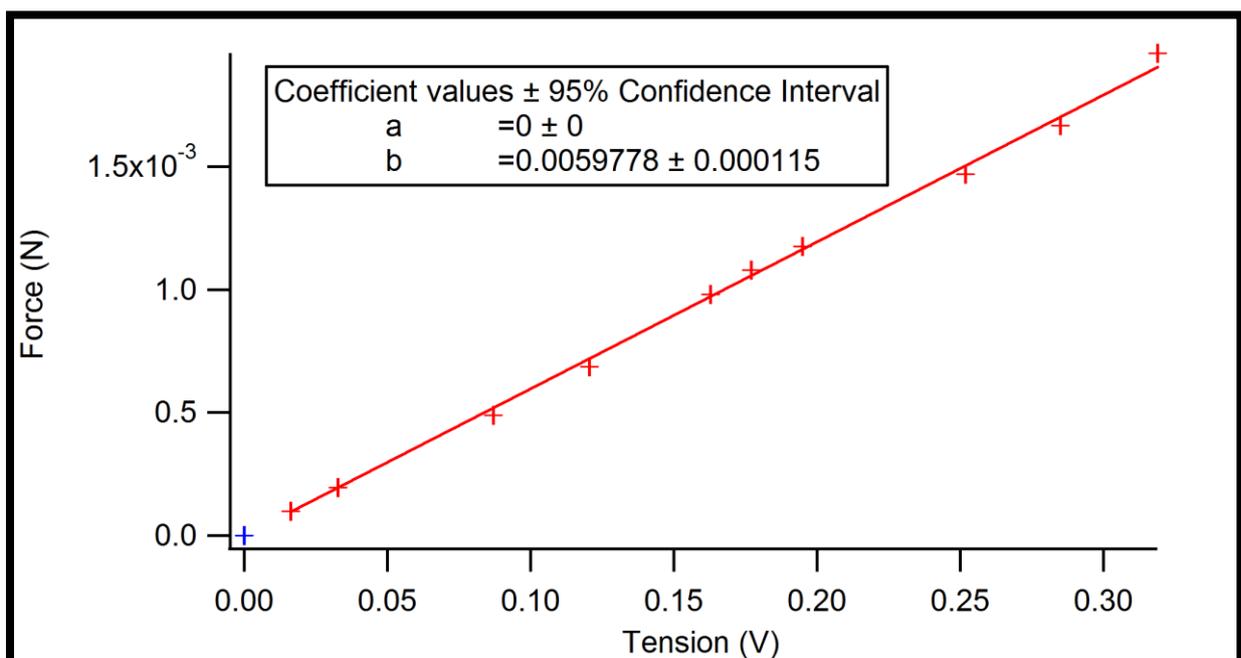
Le problème est qu'on souhaite déterminer la tension de surface de l'éthanol qui est relié à la force d'arrachement par : $F_{arrachement} = 2 * \gamma * L$

où L est la largeur du papier buvard qui est en contact avec l'éthanol.

Rq : l'expression de la force d'arrachement a cette forme car elle est égale à la tension de surface * périmètre de contact entre le papier buvard et l'éthanol. Or on suppose que l'épaisseur du papier buvard est infime par rapport à la largeur de celui-ci donc on ne prend en compte que deux fois cette largeur.

On mesure nous une tension alors qu'on souhaite déterminer une force : il faut donc faire un étalonnage de la balance de la force en fonction de la tension.

Pour cela, au lieu d'accrocher un papier buvard qui trempe dans une cuve d'éthanol, on va disposer des petites masses (de 1cg à 2dg) sur un plateau conçu pour cela. On va donc mesurer une tension de contrainte pour chaque masse. On fera attention à mesurer la tension du plateau sans masse pour soustraire cette tension à celle avec des masses pour ne tenir compte que des masses. Et si on suppose que la seule force qui s'exerce sur ces masses est le poids alors on peut avoir une tension (qu'on mesure) en fonction d'une force ($m * g$ où m est la masse déposée sur le plateau). On trace donc cette droite d'étalonnage :



Avec cette droite d'étalonnage et la tension d'arrachement déterminée auparavant, on peut déterminer la tension de surface de l'éthanol :

$$\gamma = \frac{b * \Delta U_{arrachement}}{2 * L}$$

Et pour calculer l'erreur sur la tension de surface on utilise la formule de somme des erreurs quadratiques :

$$\left(\frac{\delta\gamma}{\gamma}\right)^2 = \left(\frac{\delta(\Delta U_{arrachement})}{\Delta U_{arrachement}}\right)^2 + \left(\frac{\delta b}{b}\right)^2$$

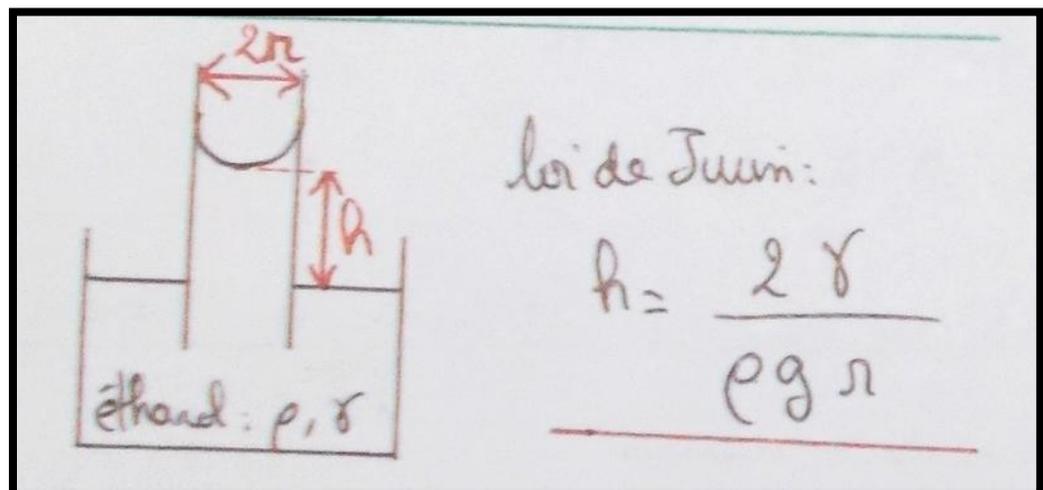
On peut donc comparer cette valeur obtenue à celle qui est tabulée qui est de :

$$\gamma_{\text{éthanol tab}} = 22.3 \text{ mN.m}^{-1} \text{ à } 25^\circ\text{C}$$

Rq : on trouve environ $\gamma = 23 - 24 \text{ mN.m}^{-1}$. On suppose donc qu'on a peut être fait des erreurs de manipulation car la balance est très fragile donc les mesures dépendent fortement de la précision des mesures. On peut aussi dire que la mesure dépend de la température car la valeur de la tension de surface peut varier de 0.08 mN.m^{-1} pour une variation de 1°C .

2) Ascension capillaire : loi de Jurin.

On a voulu faire cette deuxième expérience pour avoir une deuxième méthode de mesure de la tension de surface avec une loi qu'on connaît bien, la loi de Jurin qui nous dit que :

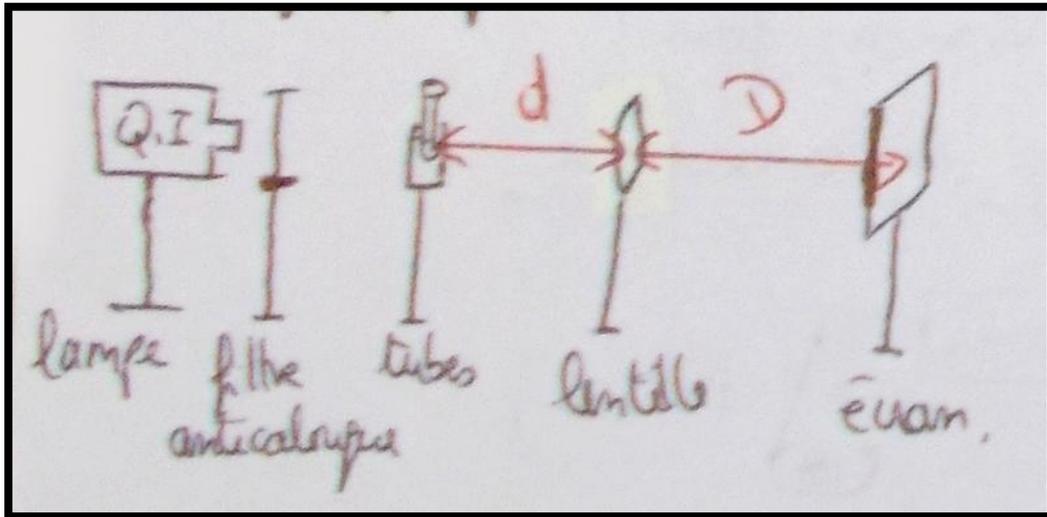


Ainsi, comme on dispose de plusieurs tubes de différents rayons, en mesurant la hauteur de montée capillaire dans ces tubes on va pouvoir déterminer la tension de surface de l'éthanol.

Le problème est qu'on peut difficilement déterminer la hauteur de montée directement dans les tubes donc on utilise un montage optique pour grandir ce qu'on voit.

Rq : le correcteur du montage a dit que pour éviter les erreurs avec le montage optique qu'on réalise on pourrait utiliser un cathétomètre qui permet de mesurer directement la hauteur de montée capillaire dans les tubes.

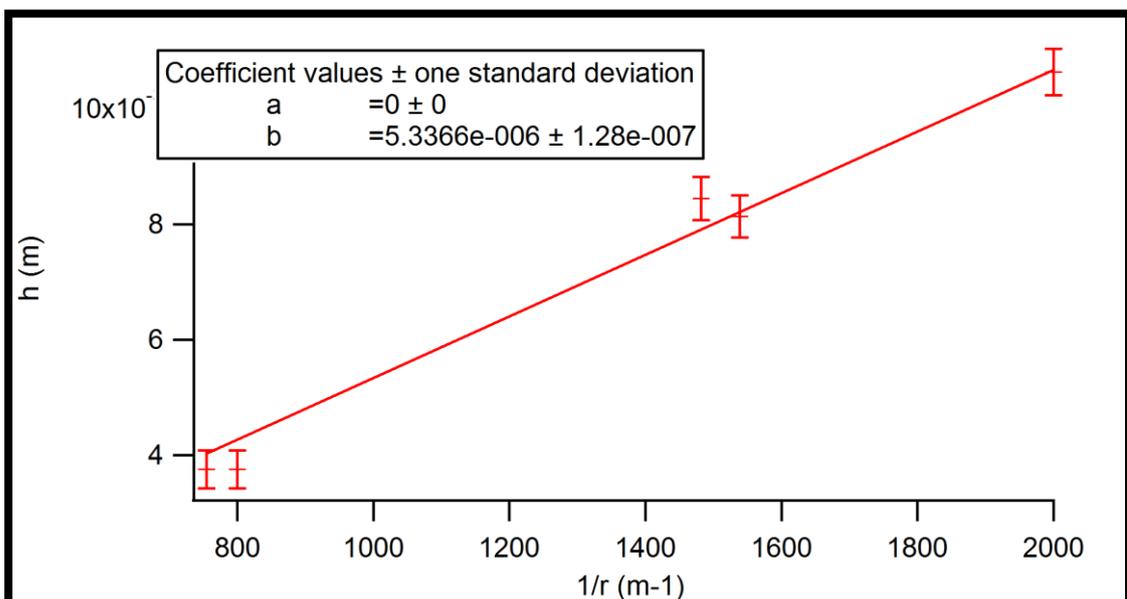
Nous, nous avons fait le montage optique suivant :



Ainsi, on peut déterminer sur l'écran la hauteur de montée capillaire apparente dans les tubes et donc on aura la hauteur de montée réelle dans les tubes (h réelle) égale à :

$$h \text{ réelle} = \frac{d}{D} * h \text{ sur écran}$$

On peut donc tracer :



Le coefficient directeur de cette droite est donc égal à :

$$b = \frac{2 * \gamma}{\rho * g}$$

Avec : $\rho = \text{masse volumique de l'éthanol} = 790 \text{ kg.m}^{-3}$

On peut donc déterminer la tension de surface de l'éthanol par cette méthode et on trouve : $\gamma = 20 - 23 \text{ mN.m}^{-1}$

On calcul les erreurs de la même manière que celle d'avant :

$$\left(\frac{\delta\gamma}{\gamma}\right)^2 = \left(\frac{\delta b}{b}\right)^2$$

Les écarts à la valeur tabulée peuvent venir de la mesure du grandissement dans le montage optique, de la détermination du niveau d'eau dans la cuve qui est assez important.

Rq : pour mesurer le grandissement optique, au lieu de mesurer les deux distances indiquées sur le schéma, il faudrait mieux mettre une mire graduée dans le plan des tubes et voir la taille de cette mire sur l'écran. Cela limiterait les erreurs.

Conclusion : Au cours de ce montage on a vu que des phénomènes étaient spécifiques aux interfaces et aux surfaces. Ces phénomènes sont décrits par différentes lois comme les lois de Coulomb ou la loi de Jurin. Mais on a vu que ces phénomènes étaient très dépendant de l'état du surface ou de l'état des corps eux-mêmes.

Questions et Remarques :

Questions :

- 1) Comment montrer l'effet de la surface sur les lois de Coulomb ?
- 2) Origine des frottements dans les lois de Coulomb ? Les forces de Van der Waals.
- 3) Dépendance des frottements avec la rugosité ?
- 4) Pourquoi utiliser du papier buvard dans l'expérience de la balance d'arrachement ? Quelle est la conséquence que le papier soit totalement imbibé ?
- 5) Dépendance en température du facteur gamma ?
- 6) Donner des précisions sur le coefficient de Student.
- 7) Expliquer votre méthode de calcul des erreurs.

Remarques :

- 1) Expérience de la cuve cunéiforme non utilisée en pratique. On lui préfère la méthode de la goutte pendante.
- 2) Montage un peu redondant (faire l'expérience du rhéostat pour diversifier ; problème : il n'y a pas de biblio dessus à part la fiche de JBD).
- 3) Rajouter une thématique.
- 4) Ne pas faire la calibration de la balance en direct.

Bibliographie :

- Voir les notices dans lesquelles il y a pas mal de trucs.
- *Dictionnaire de physique expérimentale, Tome I, Mécanique*. Quaranta.
- *Gouttes, bulles, perles et ondes*, De Gennes.