

Surfaces et interfaces

Matériel

- banc de frottements + chariot + masses
- balance
- poulie
- éthanol
- balance d'arrachement + masses + boîtier conversion
- oscilloscope
- capillaires de différents rayons
- papier buvard
- appareil photo
- cuve à ondes + vibreur
- GBF
- stroboscope
- 2 supports élévateurs + noix + potence
- chronomètre

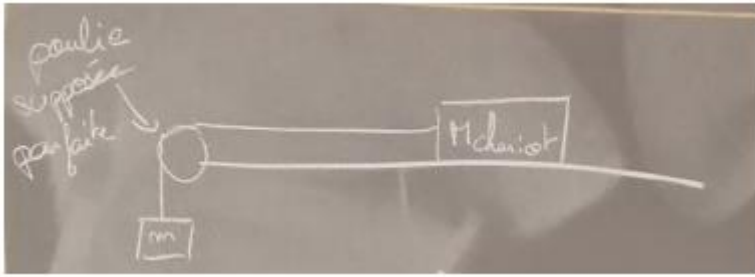
Introduction

Dans ce montage nous allons étudier l'interface entre deux matériaux. Entre deux solides en contact par exemple, on peut voir des frottements : il s'agit d'interactions qui s'opposent au mouvement relatif de ces deux solides. À la surface d'un milieu dense (liquide ou solide) ou à l'interface entre deux milieux denses, la matière n'est pas, localement, rigoureusement dans le même état qu'au sein des milieux denses : les molécules présentes à l'interface interagissent avec celles de l'autre milieu, alors que celles situées au sein de la matière n'interagissent qu'avec leurs semblables. L'interaction entre les deux milieux produit une certaine instabilité (par comparaison avec l'intérieur) : l'état local à l'interface possède une énergie légèrement supérieure. Il s'agit du phénomène de tension superficielle.

I Contact solide/solide

1) Frottement statique

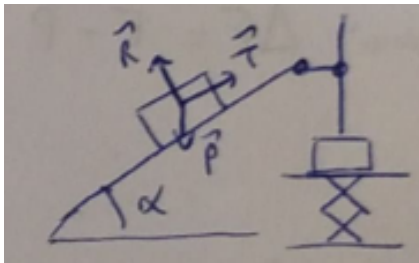
On cherche à mesurer le coefficient de frottement statique f_s entre deux matériaux, par exemple du plastique sur du métal.



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

On trace M en fonction de m et on en déduit f_s .

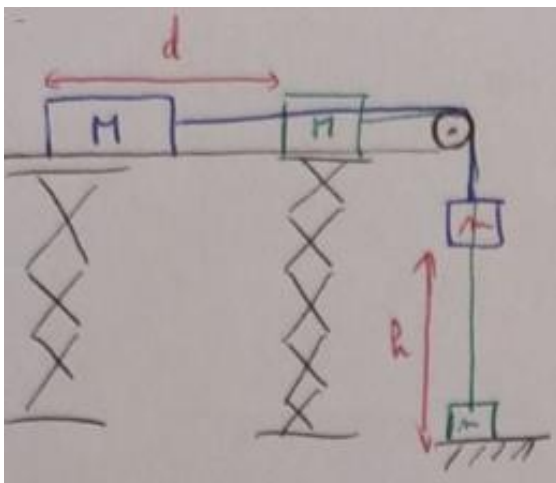
Autre méthode : mettre un angle



Au décrochage, $\frac{|T|}{|R|} = f_s = \tan(\alpha)$

On fait monter le support élévateur et on mesure l'angle pour lequel le chariot glisse.

2) Frottement dynamique



On prend M et m assez grandes pour négliger les frottements de la poulie.

$$f_d = \frac{1}{\left(\frac{m}{M} + 1\right) \frac{d}{h} - 1}$$

On voit que $f_d < f_s$.

Autre méthode : pour les forces horizontales, on a : $T = f_d M_1 g = M_1 \gamma$ et $M_2 g - T = M_2 \gamma$

Donc $\gamma = g \frac{M_2 - M_1 f_d}{M_1 + M_2}$, ainsi $f_d = \frac{M_2 g - (M_1 + M_2) \gamma}{M_1 g}$

Or $X = \frac{1}{2} \gamma t^2$, on déclenche un chronomètre quand le chariot est mis en mouvement et on l'arrête quand le chariot s'arrête. On mesure la distance parcourue (ici d) et on en déduit γ , puis f_d

II Tension de surface de l'éthanol

1) Balance d'arrachement

La balance d'arrachement donnant en sortie une tension, on commence par faire une courbe d'étalonnage de la force en fonction de la tension. Pour cela, on ajoute des masses (pesées au préalable) dans la nacelle. On trace ensuite le poids en fonction de la tension donnée par la balance d'arrachement.

Dans une cuve d'éthanol, on trempe un papier buvard (dont on a au préalable mesuré la largeur) relié à la balance d'arrachement. on remonte lentement le papier buvard jusqu'à ce qu'il soit hors de l'eau. On observe un décrochage de la tension qui correspond à la force de tension superficielle. En utilisant la courbe d'étalonnage et la formule : $F = 2\gamma l$, on remonte à γ .

Attention : Pour ce genre de manip, penser à prendre un thermomètre pour vérifier que la température de la salle concorde avec celle à laquelle on choisit la valeur tabulée

2) Loi de Jurin

On étudie la montée d'éthanol dans des capillaires. La hauteur de montée h suit la loi suivante :

$h = \frac{2\gamma \cos(\theta)}{\rho g r}$, r est le rayon du capillaire, on suppose que θ est petit donc $\cos(\theta) = 1$.

On prend une photo sur laquelle on a des capillaires de différents rayons. A l'aide d'un logiciel de traitement d'images tel que ImageJ, on mesure la hauteur de montée pour chacun des capillaires.



On trace h en fonction de $1/r$ et on en déduit γ .

III Tension de surface de l'eau

On étudie la relation de dispersion des ondes gravito-capillaires dans l'approximation d'eau profonde.

On a alors : $\frac{\omega^2}{k} = g + \frac{k^2 \gamma}{\rho}$

Pour étudier ces ondes, on utilise une cuve à onde que l'on remplit d'eau. A l'aide d'un exciteur, on crée des ondes à la surface de l'eau que l'on observe à l'aide d'un miroir et d'un stroboscope. Pour différentes fréquences d'excitation, on mesure la longueur d'onde en mesurant la distance entre deux raies brillantes (ou plus pour plus de précision). On utilise un GBF avec 1,5 V en amplitude et des basses fréquences. On fixe la fréquence du stroboscope et on adapte la fréquence du GBF pour que les ondes soient stables. Une fois les mesures prises (afin de ne pas introduire d'impuretés dans la cuve au préalable), on place un objet de taille connue dans la cuve et on mesure le grossissement.

On trace $\frac{\omega^2}{k}$ en fonction de k^2 , on en déduit γ .

Conclusion

Dans ce montage, nous avons étudié les frottements à l'interface entre deux solides et mesuré la tension de surface de l'éthanol et de l'eau.

Questions

- Comment mesurer le coefficient de frottement dynamique ?
➔ On regarde quand le solide s'arrête après avoir été mis en mouvement.
- Pourrait-on augmenter la masse de manière continue pour les frottements solides ?
➔ Oui en ajoutant de l'eau plutôt que des incréments de masse.
- Comment voir que la poulie n'est pas parfaite ?
➔ On a alors une ordonnée à l'origine sur la droite de M en fonction de m .