

---

## MP02 : SURFACES ET INTERFACES.

---

### Niveau

### Commentaires du jury

- 2017 : Le jury a vu de bons montages dans ce domaine. La notion d'hystérèse de l'angle de contact pour améliorer la mesure de la tension de surface par l'étude de la loi de Jurin a été appréciée.
- 2015 : Le principe de certaines mesures est mal maîtrisé. Par exemple, la mesure de la tension de surface par la balance d'arrachement nécessite d'avoir compris avec précision la nature des forces en jeu lors de la rupture du ménisque pour pouvoir justifier la formule qui est utilisée. Plus généralement, il convient de préciser clairement l'interface étudiée lorsqu'une expérience fait intervenir plus de deux phases. Enfin, il faut veiller à nettoyer le mieux possible les surfaces étudiées plutôt que de justifier de mauvais résultats par une « saleté » sensée excuser des écarts parfois excessifs aux valeurs tabulées. Une alternative à laquelle les candidats pourraient penser serait d'utiliser des fluides de plus basse tension superficielle que l'eau et donc moins sensibles aux pollutions.

### Bibliographie

—

### pré-requis

### Expériences

- mesures de coef de frottement solide, stick slip
- mesure de tension de surface par arrachement (une personne propose de regarder l'influence d'ajouts de surfactants)
- ondes à la surface d'un liquide (cuve à onde)
- Loi de Jurin ?
- mesure de la longueur capillaire en posant des gouttes sur un substrat
- lois de Descartes

### Table des matières

<b>1</b>	<b>Lois de Snell Descartes</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Mesure de coefficient de frottement</b>	<b>2</b>
2.1	Coefficient de frottement statique . . . . .	2
2.2	Stick-slip . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Onde de surface : mesure d'un coefficient de tension de surface.</b>	<b>4</b>

### Introduction

En physique, on définit le mot interface comme la surface de contact entre 2 phases distinctes (ou entre une phase et le vide). L'interface correspond à une variation discontinue d'un paramètre, à l'origine de divers phénomènes. On

propose d'en explorer quelques uns. En premier lieu, on observe ce qu'il se passe pour un rayon lumineux, lors de la traversée d'une interface entre 2 diélectriques (le verre et l'air assimilé au vide) ; dans ce cadre, on parle de dioptre.

## 1 Lois de Snell Descartes

### Enoncé des lois de Descartes :

A la traversée d'un dioptre plan, les lois de Descartes stipulent que :

- Le rayon réfracté et le rayon réfléchi appartiennent au plan d'incidence défini par la normale au dioptre et le rayon incident.
- L'angle formé par le rayon réfléchi et la normale est l'opposé du rayon entre la normale et le rayon incident.
- L'angle de réfraction et l'angle d'incidence vérifient la relation suivante :

$$n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$$

Loi de Snell-Descartes : Il faut prendre la boîte P4.4 avec le grand rapporteur troué. Un prisme rentre au milieu. Veiller à frapper au milieu du prisme.

Pour l'éclairage, on prend un laser et une fente réglable pour élargir le faisceau.

Attention, la lecture de l'angle incident est simple. Pour la lecture de l'angle réfracté, il faut soustraire de l'angle incident l'angle qu'on lit sur le rapporteur.

Essayer d'ajuster l'horizontalité du plateau pour faire plaisir au jury. Prendre des points tous les 5°.

**On a pu observer l'influence de la variation d'un paramètre (l'indice) lors de la traversée d'une interface. Mais on peut aussi se demander ce qu'il se passe pour les milieux de part et d'autre de l'interface : quels sont les phénomènes sous-jacents à leur mise en contact ?**

## 2 Mesure de coefficient de frottement

On s'intéresse aux cas de deux solides. Les lois de Coulomb s'énoncent de la manière suivante :

- **Cas de non glissement** : le mobile considéré subit une force  $\mathbf{R} = \mathbf{N} + \mathbf{T}$  du support, avec  $\mathbf{N}$  la composante normale et  $\mathbf{T}$  la composante tangentielle au support. On a alors :  $T \leq f_s N$ .
- **Cas du glissement** : lorsque le mobile glisse à la vitesse  $\mathbf{v}$ , la réaction tangentielle a une direction opposée à la vitesse, et on a la relation :  $T = f_d N$

$f_s$  et  $f_d$  sont appelés respectivement coefficients de frottements dynamiques et statiques et vérifient :  $f_d \leq f_s$  et  $f_s \approx f_d$ .

### 2.1 Coefficient de frottement statique

$$\text{OY} : 0 = -mg \cos(\alpha) + N$$

$$\text{OX} : 0 = mg \sin(\alpha) + T$$

A la limite du frottement on a les lois de Coulombs :

- $T$  s'oppose au glissement
- $|T| = f_s |N|$

On a donc :

$$f_s = \tan(\alpha)$$

Coefficient de frottement statique :

Sur un plan incliné (grâce à un support élévateur). On relève l'angle où a masse décroche. Pour repérer l'angle, soit rapporteur soit on mesure des longueurs... (Faire cela beaucoup de fois!)

## 2.2 Stick-slip

On fait du stick slip.

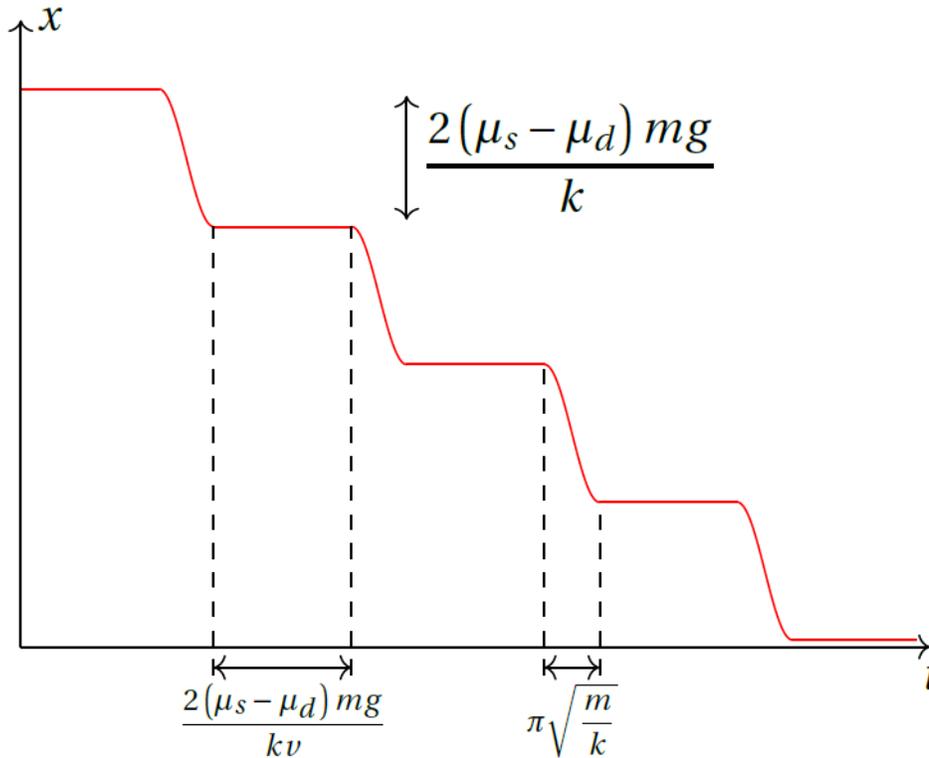


FIGURE 1 – Issus du fascicule de TP

1. Le bloc est immobile. On tire sur le ressort à vitesse constante. La force est donc en notant  $l$  l'allongement du ressort :

$$F = -kl = -kVt$$

Il y a décrochage si :

$$|F| = f_s mg \implies t_d = \frac{f_s mg}{kV}$$

2. Le solide glisse, il est alors soumis à un coefficient de frottement dynamique  $f_d$ . On a donc :

$$m\ddot{x} = -k(Vt - x) + f_d mg$$

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = \omega_0^2 Vt + f_d g$$

Une solution de cette équation est :

$$x = A \cos(\omega_0 t + \phi) + \omega_0^2 Vt + f_d g$$

Avec les conditions initiales en  $t_d$  :  $x = 0$  et  $\dot{x} = 0$  :

$$\dot{x} = 0 \implies A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \phi) = \omega_0^2 V \implies t - t_d = \frac{\pi}{\omega}$$

Le patin est tiré par un ressort dont l'autre extrémité est tiré à vitesse constante. On utilise Vidéocom on traite sur python  
Le faire pour différentes masses.

### 3 Onde de surface : mesure d'un coefficient de tension de surface.

Pour des ondes de surface à l'interface entre l'eau et l'air, par exemple, on a la relation de dispersion suivante :

$$\omega^2 = \left( gk + \frac{\gamma k^3}{\rho} \right) \tanh(kh) \quad (1)$$

En régime d'eau profonde  $kh \gg 1$  on peut simplifier :

$$\omega^2 = gk (1 + k^2 l_c^2) \quad (2)$$

Avec  $l_c = \frac{\gamma}{\rho g}$  la longueur capillaire.

Il faut appuyer sur le fait qu'on a une compétition entre la tension de surface et le poids

On peut faire l'ajustement avec ou sans la tangente hyperbolique.

Mesure de la relation de dispersion des ondes de surfaces :

- On commence par installer la manip décrite figure 2 (fascicule de TP) Il faut bien étalonner la projection.
- On mesure pour différentes fréquences la longueur d'onde
- Tracer  $\omega^2/k = f(k^2)$  : l'ordonnée à l'origine donne  $g$  (peu précis mais ok) et la pente  $\gamma/\rho$ .

Il faut bien laver la cuve (et peut être ne pas utiliser de l'eau mais de l'éthanol ??)

On peut aussi faire un ajustement avec la tangente hyperbolique : il paraît que ça permet de voir les limites du régime d'eau profonde.

On trouve  $\gamma$  plus petit que la valeur tabulée pour l'eau pure à 25 °C (72 mN m<sup>-1</sup>) : vu l'état de la cuve...

Cette manip est intéressante parce qu'elle explique les ondes que l'on observe quand on fait tomber un caillou dans l'eau ou encore les formes à la surfaces derrière les canards.

**Attention :** il faut bien se placer en régime d'eau profonde et que les amplitudes soient faibles.

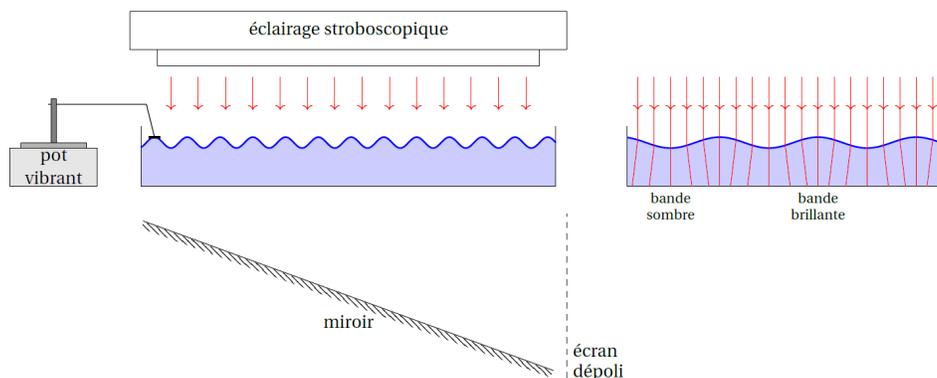


FIGURE 2 – Montage pour mesure de la relation de dispersion d'ondes de surface. Issus du fascicule de TP

## Conclusion

En physique, les changements de milieux sont fréquents : les comportements émergeant aux interfaces entre 2 corps présentent une assez grande variété. Les propriétés de réflexion sont utilisées pour faire des miroirs, l'interface entre 2 solides qui bougent relativement l'un par rapport à l'autre est très courant dans l'industrie, la problématique étant alors de diminuer les frottements. Enfin, l'interface entre l'air et l'eau permet de fabriquer des niveaux à bulle.