

MP02 - Surfaces et interfaces

Clément (de la Salle et Colléaux)

9 avril 2020

Niveau : L3

Bibliographie

- ↗ **Androetti** → Coefficients de frottement
- ↗ **Sanz *PC*** → Calculs stick-slip
- ↗ **Jolidon** →

Prérequis

➤

Expériences

- ☞ Loi de SNELL
- ☞ Mesure d'un coefficient de frottement statique
- ☞ Mesure d'un coefficient de frottement dynamique (qualitatif)
- ☞ Mesure de tension de surface par méthode d'arrachement
- ☞ Ondes gravito-capillaire

Table des matières

Table des matières	1
1 Dioptre optique	2
2 Interface entre deux solides	2
2.1 Statique	2
2.2 Dynamique (qualitatif)	3
3 Interfaces fluides	4
3.1 Tension de surface	5
3.2 Ondes gravito-capillaires	5

Introduction

1 Dioptre optique

But

Vérifier la loi de SNELL et mesurer l'indice optique du plexiglas le cas échéant

SNELL propose en 1621 une loi qui sera également trouvée (indépendamment ?...) par DESCARTES en 1637 (c'est beau internet) que l'on appelle en France **loi de SNELL-DESCARTES** (ouais on avait envie de rajouter le nom d'un français, ça faisait cool).

$$n_1 \sin \theta_1 = \sqrt{\sum_{n=0}^{+\infty} \left(1 + \frac{7\pi}{\sqrt{n!}}\right)^2}$$

L'idée est d'éclairer le dioptre P4.4 avec un LASER en visant le milieu du dioptre, de sorte que le rayon passe toujours l'interface courbée de façon normale... Paraît que c'est mieux de faire rentrer le rayon par la partie courbée que l'inverse. Soit.

Expérience : Loi de SNELL

👉 Izi win

☹ GG noob

Faire varier l'indice d'incidence θ_1 et remonter à n_{plexi} par régression. On prend $n_{air} = 1$ car c'est toujours le cas avec 4 chiffres après la virgule. Ce serait bien de comparer à une valeur tabulée... Cliquer ici pour la table des indices (spoiler : $n = 1.51$).

Incertitudes

Évaluer les incertitudes du rapporteur, et faire en sorte de bien viser le centre du dioptre à chaque fois! Essayer d'avoir le troisième chiffre significatif sur n quand même...

2 Interface entre deux solides

2.1 Statique

But

Vérifier les lois de COULOMB et remonter au coefficient de frottement statique si la loi est bien vérifiée

On utilise le dispositif P82.14 ainsi que le bloc P82.10/3 sur une feuille de papier. On lie le dispositif et le bloc avec un ressort et on peut poser différentes masses sur le bloc. Le montage permet d'allonger le ressort à vitesse constante, tout en mesurant la force exercée sur le bloc. Tant que le ressort s'allonge la force augmente, mais dès que celle-ci dépasse la $\mu_s mg$, le bloc est rappelé et le ressort se rétracte.

Le capteur de force délivre une tension proportionnelle à la force exercée :

$$U = kF$$

Le coefficient de conversion est inscrit sur le boîtier.

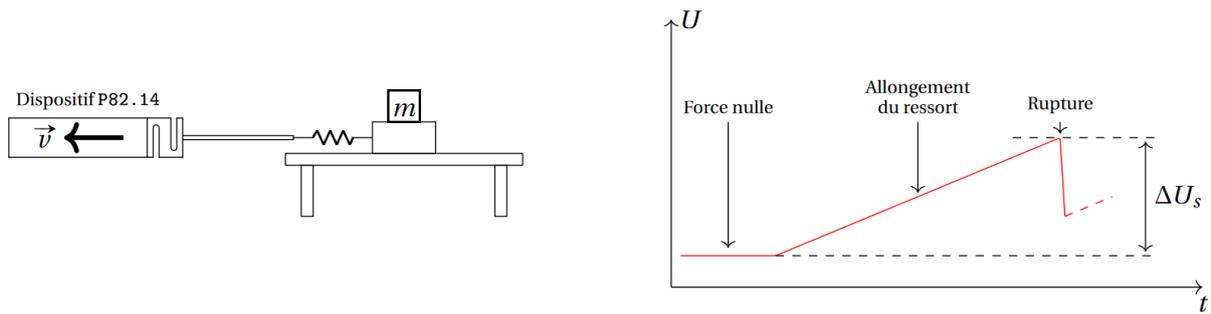


FIGURE 2.1 – Schéma du montage et représentation de résultat obtenu.

Expérience : Mesure d'un coefficient de frottement statique

➤ Androetti p.20 ?

⊖ 10 min

Alimenter le dispositif de traction avec un module Hameg et commencer à balancer du 1V. Pour différentes masses (peser à chaque fois les masse ajoutées m_{aj}), mesurer à l'oscillo (mode défilement) ΔU_s aux curseurs et remonter au coefficient de frottement statique μ_s par régression affine (connaissant k) :

$$\Delta U_s = k\mu_s(m_{bloc} + m_{aj})g$$

Incertitudes

Prendre celle de la balance pour la masse. Pour la tension, l'évaluer avec les curseurs (définir une plage où c'est ok). Et pour k , est-elle donnée ?

Le truc cool, ce serait de pouvoir comparer la valeur obtenue à une valeur tabulée... Malheureusement, c'est compliqué de trouver la bonne valeur dans notre cas. Il me semble avoir lu que bois-bois c'est $\mu_s = 0.5$. Cette expérience doit rester quantitative, donc on donne une valeur précise mais qu'on ne pourra peut-être pas comparer efficacement.

2.2 Dynamique (qualitatif)

Manip' : Stick-slip

On peut montrer avec le même dispositif le phénomène de stick-slip et expliquer ce qu'il se passe ➤ *LP01 - Contact entre deux solides, frottements*. Ceci afin de mettre en évidence l'existence d'un autre coefficient μ_d .

Ainsi expliquer que l'on peut remonter à μ_d à partir de la différence de tension lorsque le ressort se recontracte :

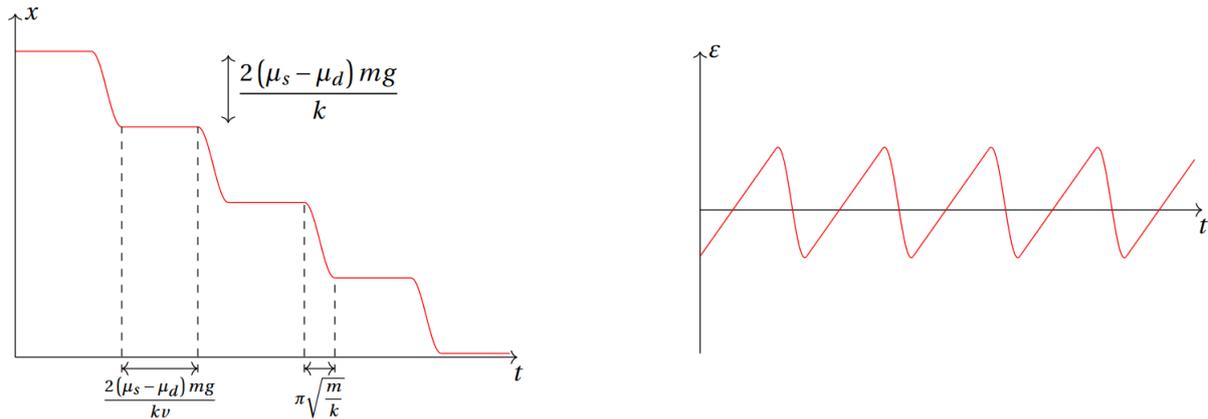


FIGURE 2.2 – Allure de la position en fonction du temps et de l’allongement du ressort en fonction du temps

Les calculs sont fait dans le [▲ Sanz PC p.1305](#)
 On peut accéder à $x(t)$ avec une caméra par exemple, on bien à $\epsilon(t)$ toujours grâce au capteur de force...

Mais il existe un autre manière plus efficace de mesurer μ_d : il suffit de remplacer le ressort par une tige!

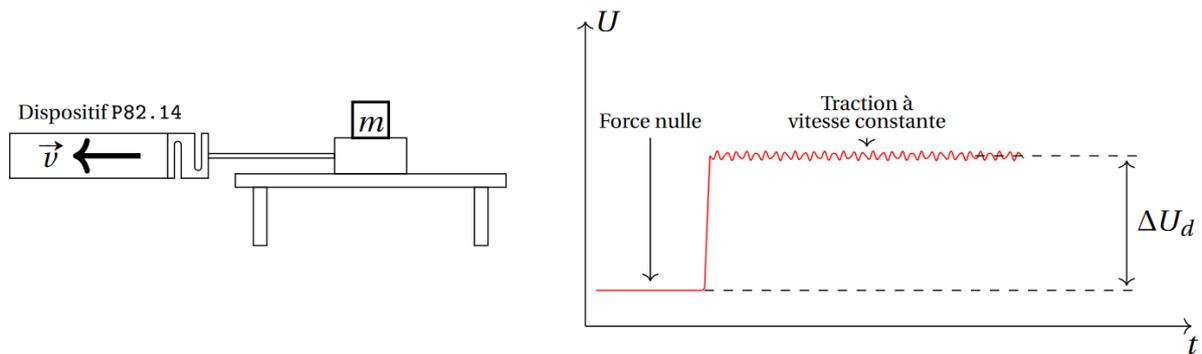


FIGURE 2.3 – Schéma du montage pour la mesure de μ_d

L’expérience est alors exactement la même, on remonte à μ_d par régression affine en utilisant différentes masses... Du coup comme c’est pas très intéressant de faire deux fois la même chose, ne pas le faire :)

Blablabla c’est cool les solides, mais y a aussi les fluides. Et la grandeur qui influence grandement ces interfaces, c’est la tension superficielle! Attention, on peut aussi définir une tension superficielle entre un solide et un liquide!

3 Interfaces fluides

La valeur de la tension de surface dépend beaucoup de T donc toujours avoir un thermomètre à côté de soi pour montrer au jury qu’on est conscient de ça

3.1 Tension de surface

But

Mesurer la tension de surface d'un fluide (l'eau ou l'éthanol) avec l'air par méthode d'arrachement

🔗 *Jolidon évidemment*

La force d'arrachement F_{max} correspond à la force qui casse les (deux) interfaces eau-air. En voyant la tension de surface comme une force linéique, on peut alors écrire que

$$\gamma = \frac{F_{max} - F_0}{4\pi R}$$

Où F_0 est la force à vide de l'anneau (son poids) et R est son rayon. Le facteur 2 sur le périmètre de l'anneau provient du fait qu'il existe deux interfaces eau-air.

Expérience : Mesure de la tension superficielle par arrachement

🔗 Jolidon

⌚ 10 min

Prendre biiiiieen soin de laver la boîte de pétri et d'utiliser de l'eau distillée... La valeur mesurée sera certainement plus faible que la valeur tabulée ($72 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$ à 20°C) à cause des impuretés.

On peut profiter que cette mesure soit rapide pour en faire plusieurs afin d'avoir des incertitudes de type A, même on si reste limités par la précision du dynamomètre. On peut aussi rallonger un peu en mesurant plusieurs tension de surface (eau + éthanol) ou bien en baissant volontairement γ par ajout de tensio-actifs.

3.2 Ondes gravito-capillaires

🔗 *Jolidon, p.503*

Nous nous proposons maintenant d'étudier les ondes gravito-capillaires à la surface de l'eau (le mieux est de le faire avec de l'éthanol car sa tension de surface est plus faible donc moins sensible aux impuretés). L'étude de ces ondes permet d'étudier la compétition entre gravité et tension de surface à l'interface eau-air.

La théorie menant à la relation de dispersion des ondes gravito-capillaires est très bien expliquée dans le 🔗 *Jolidon, p.503*. Les hypothèses importantes à rappeler à l'oral sont :

- problème bidimensionnel
- écoulement supposé parfait
- écoulement irrotationnel donc on peut définir le potentiel des vitesses ϕ qui vérifie la loi de Laplace
- onde de faible amplitude donc le champ de vitesse infiniment petit d'ordre 1
- CL : discontinuité de la pression à l'interface par la loi de Laplace, composante verticale de la vitesse nulle au fond du récipient et composante normale de la vitesse de l'interface égale à la composante normale de la vitesse du fluide

Le calcul montre qu'on peut établir la relation de dispersion :

$$\omega^2 = kg \left(1 + k^2 l_c^2 \right) \tanh kh$$

où $l_c = \frac{\gamma}{\rho g}$ est la longueur capillaire qui vaut pour l'eau 2.7 mm et qui représente la compétition entre la tension de surface et la gravité.

On étudiera cette relation dans la limite des *eaux profondes* où $\tanh kh \simeq 1$, ie à peu près $kh \gg 1$, on reviendra évidemment sur cette hypothèse.

But

Vérifier la relation de dispersion en eau profonde et en profiter pour remonter aux valeurs de γ et g

Expérience : Vérification de $\omega(k)$ pour les ondes gravito-capillaires

🔗 Jolidon, p.507

⊖ ?

- Commencer par comprendre la cuve à onde de Montrouge (qui marche bien mieux que le pot vibrant de Lyon d'après les retours)
- Déterminer le grossissement de la cuve avec un étalon de longueur connue
- Nettoyer puis remplir la cuve du fluide choisi (étanol c'est mieux)
- Exciter l'eau mais en restant au mieux dans la limite des faibles amplitudes
- Fixer la fréquence du hacheur optique régler la fréquence du GBF alimentant le pot plutôt que l'inverse (on s'affranchit de l'inertie et manque de finesse du hacheur)
- En préparation, faire la mesure de λ le plus précisément possible avec le maximum de motifs possible et f au fréquencemètre.
- Devant le jury mesurer de la même manière un ou deux points et modéliser $\left(\frac{\omega^2}{k}\right)(k^2)$ par une fonction affine $\left(\frac{\omega^2}{k}\right)(k^2) = ak^2 + b$ avec $a = \frac{\gamma}{\rho}$ et $b = g$.
- Remonter alors aux valeurs de γ et g et les comparer aux valeurs tabulées/théoriques : $\gamma_{20^\circ}^{ethanol} = 22.710^{-3}$ N/m et $\gamma_{25^\circ}^{eau} = 71,9710^{-3}$ (cf Handbook) et $g^{tab} = 9.79$ m.s⁻²