

TP22 : Mesure de frottements solides

MATÉRIEL : webcam, réglet, plan inclinable, masses, rapporteur.

1 Objectif du TP

L'objectif de ce TP est de mesurer les coefficients de frottement solides statiques et dynamiques entre différents matériaux.

Ne pas oublier qu'une mesure physique doit toujours être associée à une incertitude expérimentale. Penser à lire la notice des appareils pour connaître l'incertitude liée aux valeurs qu'ils fournissent.

2 Principe de la méthode

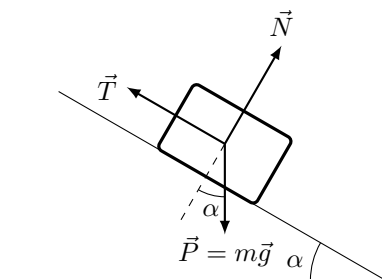
On souhaite mesurer le coefficient de frottement statique et dynamique entre deux objets. On propose d'effectuer ces mesures sur une masse métallique et un support en plastique. Vous êtes bien évidemment libres de faire la même mesure sur d'autres objets (gomme, stylo, ...), cependant, selon le système étudié, des sources d'erreur supplémentaires peuvent apparaître, à vous de les estimer.

Pour mesurer le coefficient de frottement statique, on propose d'utiliser un système de plan incliné en repérant l'angle limite au-delà duquel l'objet se met à glisser.

Pour mesurer le coefficient de frottement dynamique, on pourra utiliser le système d'acquisition vidéo pour analyser le ralentissement de la masse lancée sur le support horizontal.

3 Aspects théoriques

3.1 Coefficient de frottement statique

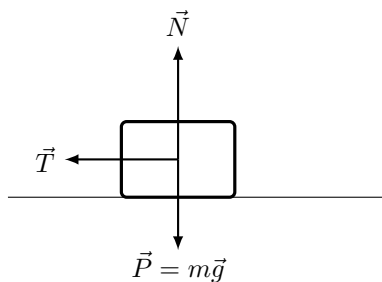


Lorsqu'on incline le plan sur lequel repose l'objet étudié, le support exerce sur l'objet une force que l'on peut décomposer en une réaction normale \vec{N} et une force de frottement tangentielle \vec{T} . Tant que l'objet est immobile, la somme des forces appliquées sur lui est nulle et donc : $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T} = 0$.

En projetant cette relation sur deux axes parallèle et perpendiculaires au plan, on trouve $T = mg \sin(\alpha)$ et $N = mg \cos(\alpha)$. Les lois de Coulomb du frottement solide indiquent que l'objet restera immobile tant que $T < \mu_s N$. On trouve donc que l'angle α_l limite au delà duquel l'objet se met en mouvement est :

$$\alpha_l = \arctan(\mu_s)$$

3.2 Coefficient de frottement dynamique



Lorsque l'objet est en mouvement sur un plan horizontal, il est toujours soumis aux mêmes forces mais cette fois la composante normale compense exactement le poids (il suffit de projeter le PFD sur l'axe vertical). Donc $N = mg$

Les lois de Coulombs du frottement solide indiquent que lorsque le solide glisse sur le plan il subit une force de frottement $T = \mu_d N = \mu_d mg$

En projetant le PFD sur l'axe horizontal, on montre que l'objet subit une accélération (décélération) horizontale :

$$a = -\mu_d g$$

Dans ces conditions, la position $x(t)$ de l'objet est donnée par la formule :

$$x(t) = x(0) + \dot{x}(0)t - \mu_d g \frac{t^2}{2}.$$

4 Manipulations

- Afin de rendre les manipulations plus reproductibles, on pourra mesurer le coefficient de frottement papier-papier en recouvrant le support et la masse d'une feuille de papier.
- Déterminer le coefficient de frottement statique entre la masse et le support en mesurant l'angle limite au-delà duquel elle se met en mouvement. Ne pas oublier d'estimer l'incertitude sur cette mesure.
- Déterminer le coefficient de frottement dynamique en filmant la trajectoire de la masse initialement lancée sur le support. On évaluera l'accélération de la masse soit en dérivant deux fois sa position, soit en modélisant l'évolution de la position en fonction du temps par une parabole. Choisir la méthode qui donne le résultat le plus précis.
- Ces expériences permettent-elles de montrer que $\mu_d < \mu_s$?
- Trouver une méthode permettant de mesurer le coefficient de frottement dynamique à l'aide du plan incliné. Le résultat de la mesure est-il en accord avec celui fourni par la méthode précédente ?