TP

Mécanique

Lycée Thiers - Physique-Chimie - MPI/MPI* - 2022-2023

Table des matières

---

1 Mesure d'un coefficient de frottement solide

Objectifs du TP

S'approprier et **analyser** les lois de Coulomb puis **réaliser** une expérience permettant de mesure une coefficient de frottement statique.

Matériel : un plan inclinable, un rapporteur, une différents objets avec des états de surface différents.

▷ À l'aide du matériel disponible, proposer un protocole pour mesurer un coefficient de frottement puis le mettre en oeuvre.

2 Étude numérique d'un phénomène de « stick-slip »

Objectifs du TP

S'approprier et **analyser** une situation de « stick-slip » puis **réaliser** une simulation numérique permettant de visualiser le mouvement.

Le phénomène « slip-stick » (littéralement glisser-coller) intervient quand les coefficients de frottement statique et dynamique ont des valeurs très différentes. Il s'agit d'un mouvement saccadé qui contient des phases de glissement et d'adhérence successives dont on décrit ci-dessous une modélisation.

2.1 Étude théorique

On considère une masse m accrochée à un ressort horizontal de raideur k et de longueur à vide ℓ_0. Cette masse est déposée sur un tapis roulant horizontal de vitesse constante $\vec{v_0}$, dirigé de sorte à ce que la masse s'éloigne du point d'accroche fixe du ressort. On note f_s le coefficient de frottement statique entre la masse et le tapis roulant et $f_\mathrm{d} < f_\mathrm{s}$ le coefficient de frottement dynamique entre la masse et le tapis roulant. Pour simplifier, on prend $f_\mathrm{d} = 0$.

On pose un axe x de sorte que l'origine des x coïncide avec la longueur à vide du ressort et l'axe $\vec{e}_x$ est dirigé du point d'accroche du ressort vers la masse mobile. La situation est schématisée figure 1.

1. Initialement, le ressort est à sa longueur à vide. Déterminer la longueur maximale x_max du ressort pour laquelle la masse cesse d'être entraînée par le tapis.
2. Donner l'équation différentielle vérifiée par la masse une fois que la phase d'entraînement est finie.
3. Quelle est la condition nécessaire sur la vitesse pour que la phase de glissement s'arrête ? Quelle condition sur la position de la masse permet de maintenir la condition d'arrêt des lois de Coulomb ?
4. Justifier que la situation est périodique.

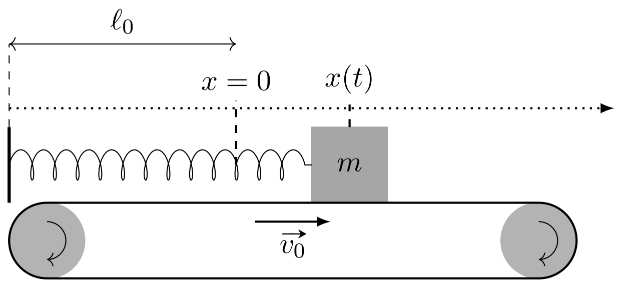

Fig. 1 – Schéma du « stick-slip » sur tapis roulant

2.2 Étude numérique

On veut étudier numériquement cette situation à l'aide d'une méthode d'Euler.

▷ Écrire une fonction python `euler` prenant en entrée le pas de temps flottant `dt`, le nombre entier de points `N` que l'on souhaite calculer, la position initiale `xi` et la vitesse initiale `vi` et renvoyant en sortie deux tableaux `x` et `v` à N éléments représentant la position et la vitesse de la masse en fonction du temps. Toutes les variables physiques du problèmes seront prises à des valeurs arbitraires.

▷ Tracer pour différentes conditions initiales `v` en fonction de `x`. Que constatez vous ?

▷ En cas de temps, rajouter une force de frottement statique ou fluide et observer les conséquences sur les courbes simulées.

2.3 Éléments de réponse

1. On applique la seconde loi de Newton à la masse dans le référentiel terrestre supposé galiléen :
$$m\vec{a} = \vec{p} + \overrightarrow{R_T} + \overrightarrow{R_N} + \vec{F}_{\text{ressort}} \ .$$
Dans ce cas, il vient $\vec{F}_{\text{ressort}} = -kx\vec{e}_x$. Le tapis roulant étant à vitesse uniforme, l'accélération de la masse est nulle. Il vient donc en projetant $R_N = mg$ et $R_T = kx$ (la force tangentielle est selon $\vec{e}_x$ pour s'opposer à la force de tension).
En appliquant la loi de Coulomb, on a absence de glissement tant que $R_T < f_\text{s} R_N$ soit $kx < f_\text{s}mg$ d'où $x_\text{max} = f_\text{s}mg/k$.
2. Cette fois, l'accélération n'est plus constante. Il vient en projection sur $\vec{e}_x$:
$$m\ddot{x} = -kx + R_T = -kx + f_\text{d}mg = -kx$$
où on a utilisé la loi de Coulomb dynamique puis la condition de nullité sur le coefficient de frottement.
3. La masse cesse de glisser lorsque la vitesse relative au tapis est nulle, soit lorsque la vitesse de la masse devient à nouveau égale à v_0.
À cet instant, le glissement ne peut s'interrompre que si la condition statique est vérifiée, soit
$$|R_T| = k|x| < f_\text{s}R_N = f_\text{s}mg \ .$$
Il vient alors $|x| < x_\text{max}$.
La phase d'accroche n'est donc possible que si ces deux conditions sont vérifiées.
4. Une fois que la masse est accrochée par le tapis, la distance va progressivement augmenter jusqu'à x_max pour à nouveau décrocher.

Une proposition de correction de la partie numérique est disponible en cliquant sur le lien suivant [1].

1. https://bit.ly/stick_slip