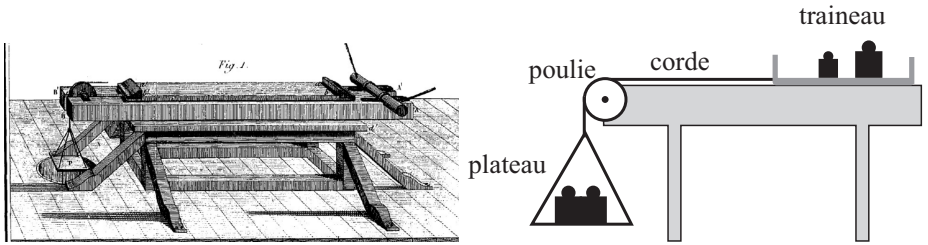


FIGURE 1 – Expérience historique de frottement solide, *d'après théorie des machines simples (1781), C.-A. Coulomb.*

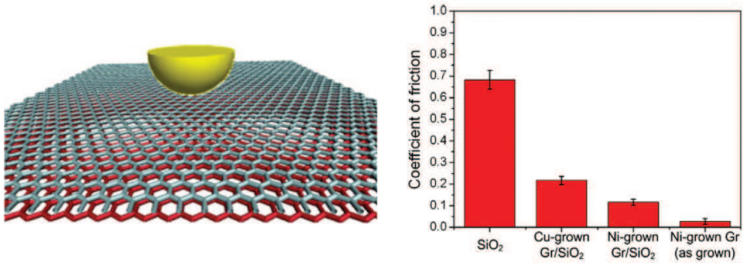
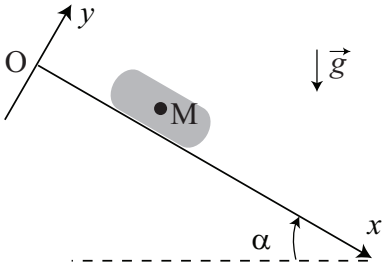


FIGURE 2 – Coefficient de friction avec un dépôt de graphème comme lubrifiant solide, *d'après Chemical Vapor Deposition-Grown Graphene : The Thinnest Solid Lubricant, Kim et al. ACS Nano, 2011*

Exemple 1

On pose sur une plaque de verre inclinée d'un angle α variable, un morceau de bois de masse m. On note $\vec{R} = \vec{T} + \vec{N}$ la réaction du sol sur l'objet.



1 - En supposant que le morceau de bois soit immobile, exprimer $\vec{T}$ et $\vec{N}$ en fonction de m, α et g, l'accélération de la pesanteur.

2 - Le morceau de bois commence à glisser si $\alpha = 35°$, en déduire la valeur de f.

3 - Le morceau de bois commençant à glisser en $x(t = 0) = x_0$, déterminer $x(t)$, en fonction de g, α, f et x_0.

Exemple 2

Pour passer, le code de la route, on peut lire les informations suivantes sur un site d'auto-école :

Distance d'arrêt = Distance parcourue avant réaction (1 s) + Distance de freinage. Je multiplie le chiffre des dizaines de km/h (vitesse à laquelle je roule) par lui même. Exemple :

- Je circule à 50 km/h, mon véhicule s'arrête en 5 × 5 = 25 m.

- Je circule à 90 km/h, mon véhicule s'arrête en 9 × 9 = 81 m.

- Je circule à 110 km/h, mon véhicule s'arrête en 11 × 11 = 121 m.

Sur chaussée mouillée, la distance d'arrêt est multipliée par 1,5 !

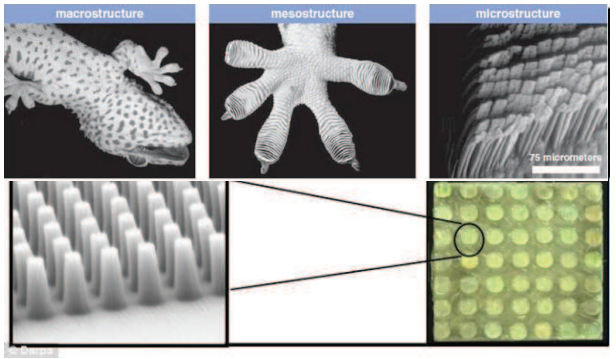


FIGURE 3 – Nanostructuration de la surface de la peau d'un Gecko. *D'après Frictional adhesion : a new angle on gecko attachment, K. A et al. Journal of Experimental Biology 2006*

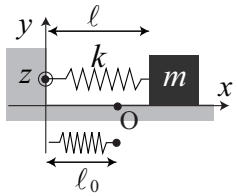
FIGURE 4 – Geckskin, une start-up américaine propose des adhésifs repositionnable avec une adhésion exceptionnelle. *D'après https ://geckskin.umass.edu/*

1 - Effectuer un schéma légender en faisant apparaitre les forces lors des différentes phases du mouvement d'une voiture.
2 - À l'aide du théorème de l'énergie cinétique, exprimer la distance d'arrêt en fonction de la vitesse du véhicule.
3 - Commenter les valeurs numériques proposées avec $g \approx 10\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}$ et une masse de voiture $m = 1{,}2\cdot 10^3\,\mathrm{kg}$. On pourra représenter les valeurs obtenues à l'aide d'un tableau pour comparaison.
Données : coefficient de frottement du caoutchouc

- sur bitume sec : $f = 0{,}6$
- sur bitume mouillé : $f = 0{,}3$

Exemple 3

On considère une masse m accrochée à une ressort et oscillant sur un plan horizontal. On note f le coefficient de frottement entre le support et le mobile. Le mouvement du mobile est repéré par $x(t)$, l'origine O de l'axe Ox coïncide avec la position du mobile lorsque le ressort est au repos.



1 - Déterminer l'élongation minimale et maximale permettant la mise en oscillation. On posera $x_c = fmg/k$.
2 - Cette condition étant réalisée, déterminer l'équation horaire $x(t)$ lorsque le mobile se déplace de la droite vers la gauche. On prendra comme condition initiale : $x(0) = h$ et $\dot{x}(0) = 0$ et on posera $\omega_0 = \sqrt{k/m}$.
3 - En déduire l'équation horaire lorsque le mobile se déplace vers la droite et conclure sur l'évolution de l'amplitude des oscillations.

Exemple 4 On modélise l'action d'un archet de violon sur une corde par un mobile de masse m, accroché à un ressort de constante de raideur k et de longueur à vide ℓ_0 est posé sur un tapis roulant se déplaçant à la vitesse V_0 selon Ox. On note f le coefficient de frottement et l'on suppose que le coefficient de frottement statique est identique au coefficient de frottement dynamique.

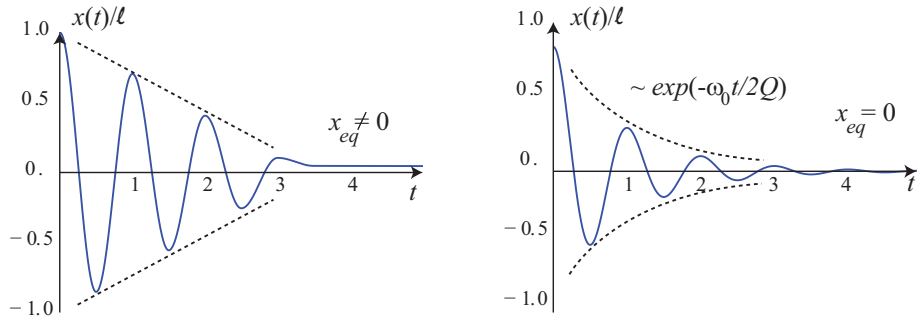
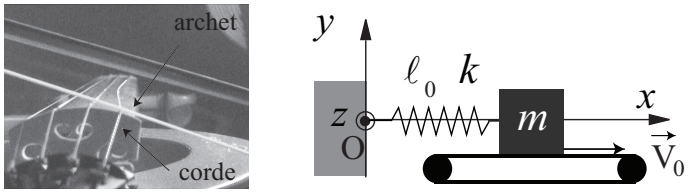


FIGURE 5 – Oscillations avec force de frottement solide (gauche) ou visqueux (droite)



Initialement le mobile est en $x(0) = \ell_0$ et sa vitesse est celle du tapis roulant : $\dot{x}(0) = \mathrm{V}_0$.

1 - Déterminer l'instant t_1 à partir duquel le mobile commence à glisser. Exprimer alors la longueur du ressort ℓ_1 en fonction de f, m, k, ℓ_0 et g.

2 - On pose $t' = t - t_1$. Déterminer l'équation du mouvement lors de la phase de glissement et donner l'expression de $x(t')$.

3 - En déduire une représentation de $x(t)$.

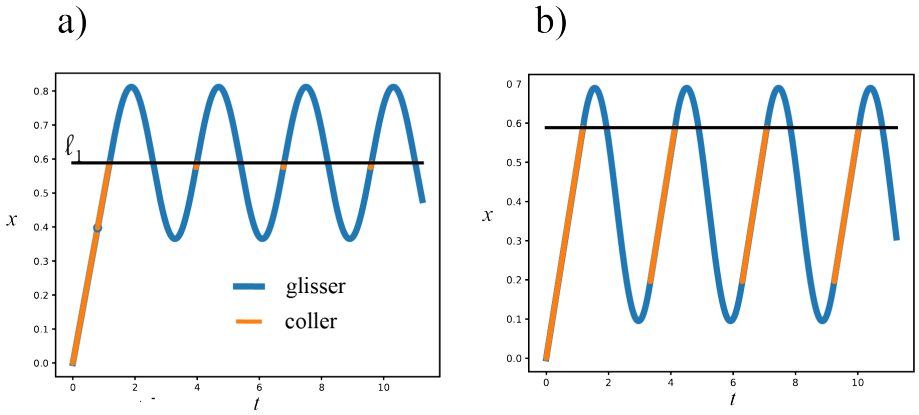


FIGURE 6 – Simulation de collé-glissé (a : $f_s = f_d$, b : $f_s > f_d$)

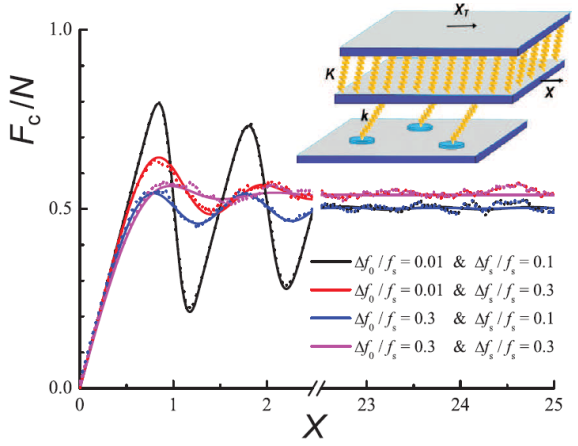


FIGURE 7 – Évolution de la force lors d'un tremblement de terre grâce au phénomène du collé-glissé. *D'après Stick-slip vs. smooth sliding in the multicontact interface, EPL, 2015*