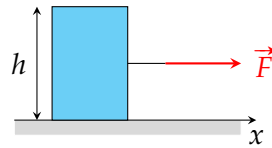


□ 1 – Glissement ou basculement ?

Un parallélépipède homogène de masse m , de base carrée (côté a) et de hauteur h est en contact avec un plan horizontal. Un opérateur exerce une force horizontale à mi-hauteur. Le coefficient de frottement sol-parallélépipède est noté f .



- À quelle condition
 - le cylindre glisse-t-il sans basculer ?
 - le cylindre bascule-t-il sans glisser ?
- Ces conditions sont-elles modifiées si
 - la répartition de masse n'est pas uniforme ?
 - la force exercée par l'opérateur est appliquée à un autre endroit ?

□ 2 – Pousser des cartons

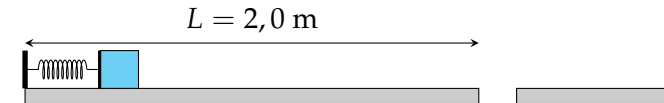
Un déménageur décide de glisser des cartons de masse $M = 25 \text{ kg}$ sur toute la longueur $d = 10 \text{ m}$ d'un couloir. On confondra les coefficients de frottement statique et dynamique : $f = 0,20$.

- Le déménageur exerce une force horizontale de norme F sur chaque carton. Quelle condition sur F assure la mise en mouvement du carton ? Effectuer l'application numérique.
- Le déménageur, encore en forme et pressé d'en finir, souhaite pousser deux cartons ensemble. Il les place l'un derrière l'autre quand il reçoit le conseil de les superposer avant de les pousser. Le conseil est-il bon ?
- Le déménageur constate que s'il pousse avec une force non horizontale, inclinée vers le sol d'un angle α par rapport à l'horizontale, la force à fournir est plus importante. Simple impression ou réalité ?
- Le mouvement du carton s'effectue en deux phases :
 - phase 1 : sa vitesse passe de zéro à $v_0 = 1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ à accélération constante $a_0 = 2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$;
 - phase 2 : le carton glisse à vitesse constante v_0 .
 Quelle puissance le déménageur doit-il fournir lors de chaque phase ? En déduire le travail qu'il fournit lors de la phase 1 puis lors de la phase 2. Effectuer les applications numériques.

□ 3 – Valise sur tapis roulant

Un tapis roulant d'aéroport est entraîné par deux cylindres d'axes parallèles, de même rayon $R = 20 \text{ cm}$ et tournant à la vitesse angulaire $\omega_0 = 10 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$. Un voyageur y dépose une valise sans vitesse initiale par rapport à la salle. Le contact tapis-valise est caractérisé par un coefficient de frottement $f = 0,40$.

- Décrire l'évolution du mouvement de la valise (vitesse et position de la valise par rapport au voyageur immobile dans la salle).
- Combien de temps s'écoule entre le dépôt de la valise et son arrivée au bout du tapis situé à 5,0 mètres du lieu de dépôt ?

□ 4 – Ne pas perdre le cube

Un ressort horizontal de raideur $k = 100 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ et de longueur à vide $\ell_0 = 20 \text{ cm}$ a une extrémité fixe et une autre comportant une plaque verticale.

Un cube en bois de côté $a = 5,0 \text{ cm}$ est plaqué contre cette plaque à l'instant initial. Le ressort est initialement comprimé de moitié et l'ensemble plaque et cube lâché sans vitesse initiale. Un trou de largeur légèrement plus grande que a se trouve sur le parcours du cube.

À quelle condition sur le coefficient de frottement entre le cube et le plan horizontal, le cube parvient à poursuivre son parcours sans tomber dans le trou ?

AN : masse volumique du bois : $\rho = 700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

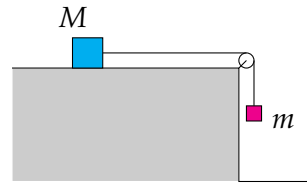
□ 5 – Sécurité sur une échelle

Une échelle de masse m et de longueur 2ℓ , inclinée d'un angle α avec l'horizontale, est en contact avec le sol (coefficient de frottement sol-échelle noté f) et avec un mur parfaitement lisse (coefficient de frottement mur-échelle nul).

À quelle condition une personne de masse M peut-elle rester en équilibre sur l'échelle en n'importe quel point de l'échelle ? Proposer un dimensionnement numérique.

□ 6 – Mesure d'un coefficient de frottement (oral Mines-Ponts 2019)

La masse M frotte sur un support avec le coefficient f . Son abscisse est notée $x(t)$. Cette masse est reliée par un fil sans masse à une masse m au travers d'une poulie de rayon R en pivot parfait autour de l'axe fixe Ay . Le fil ne glisse pas sur la poulie.



En conséquence, il n'y a aucune déperdition d'énergie mécanique entre le fil et la poulie. La poulie est considérée sans masse.

La masse m est lâchée sans vitesse initiale à une hauteur h au-dessus du sol.

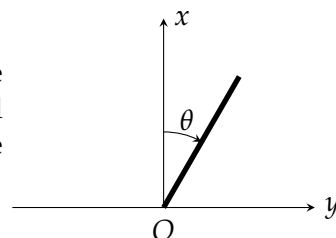
1. Est-ce que l'ensemble se met en mouvement quel soit le rapport m/M ?
2. Décrire les différentes phases du mouvement.
3. En notant d la distance parcourue par la masse M avant son arrêt, montrer que la mesure de d permet d'accéder au coefficient de frottement f entre les deux solides en contact. On exprimera f en fonction de d , h , de m et M .

□ 7 – Règle sur deux doigts [Oral ENS]

L'examineur prend une longue tige de bois sur le bureau. Il pose les extrémités sur ses deux index tendus. Il maintient l'index gauche fixe et fait glisser progressivement son index droit vers la gauche. Et il dit un truc du genre : « Tiens, mes deux index se rejoignent au milieu de la barre! Vous pourriez m'expliquer cela? Vous avez le droit de refaire l'expérience vous-même ».

□ 8 – Tige tombant sur le sol [Oral CCP]

Une barre de longueur 2ℓ , homogène, de masse m , initialement verticale touche le sol en un point O . On note f le coefficient de frottement en O entre le sol et la barre.



Le moment d'inertie de la barre de longueur 2ℓ par rapport à l'axe Oz est $J_{Oz} = \frac{4}{3}m\ell^2$.

1. Établir l'équation du mouvement de la barre pendant la phase du mouvement où la barre ne glisse pas et ne décolle pas du sol,
2. Pendant la même phase, déterminer l'action exercée par le sol sur la barre :

$$\vec{R} = R_x \vec{e}_x + R_y \vec{e}_y$$

en exprimant R_x et R_y en fonction de θ , m , g et ℓ .

3. Est-ce que la barre glisse avant un éventuel décollement ou décolle-t-elle avant que le glisse ne s'amorce? On pourra s'aider d'un grapheur pour tracer des courbes pertinentes (par exemple, un grapheur en ligne <https://www.desmos.com/calculator>).

□ 9 – Secousse

Lors d'une fête, voyant une assiette posée sur la nappe d'un guéridon, un des invités se vante de pouvoir tirer sur la nappe sans que l'assiette ne tombe.

Le guéridon est modélisé par un disque de centre O et de rayon $R = 25$ cm. La nappe a les mêmes dimensions que le guéridon, une masse $m = 50$ g et une épaisseur négligeable. L'assiette circulaire, de rayon $r = 5,0$ cm, de masse $M = 400$ g, est placée au centre de la table. L'invité tire sur le bord de la nappe avec une force horizontale $\vec{F} = m\alpha t \vec{u}_x$ où α est une constante. Le coefficient de frottement entre la nappe et la table est pris nul, et celui entre la nappe et l'assiette vaut $f = 0,20$.

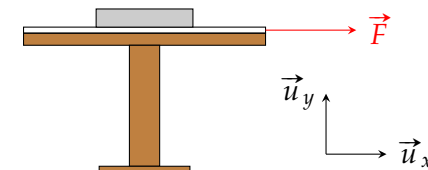


FIGURE 1 – Guéridon

1. α est la secousse donnée par l'invité. Quelle est sa dimension physique?

- On suppose que tout au long de l'expérience, l'assiette glisse sur la nappe. Est-ce réellement le cas ? Quel est le signe de la projection sur \vec{u}_x de la vitesse de glissement de l'assiette sur la nappe ?
- Exprimer l'accélération du centre de masse de l'assiette \ddot{x}_a et celle du centre de masse de la nappe \ddot{x}_n dans le référentiel de la pièce. En déduire $x_a(t)$ et $x_n(t)$.
- À quel instant cesse le contact entre l'assiette et la nappe ?
- On observe que le déplacement de l'assiette est négligeable devant son rayon et que le contact nappe-assiette dure une durée $\tau = 0,1$ s ; calculer la valeur de α . L'expérience est-elle donc réalisable par l'invité ? par un enfant ?

□ 10 – Glissement continu ? (oral Mines-Ponts 2018)

Une boîte, de dimensions négligeables, est lâchée sans vitesse initiale au point O. On note f le coefficient de frottement entre cette boîte et le plan incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale (figure 2). Ce coefficient de frottement dépend de la position : $f(x) = f_0 (1 - e^{-x/L})$. L est une distance fixée.

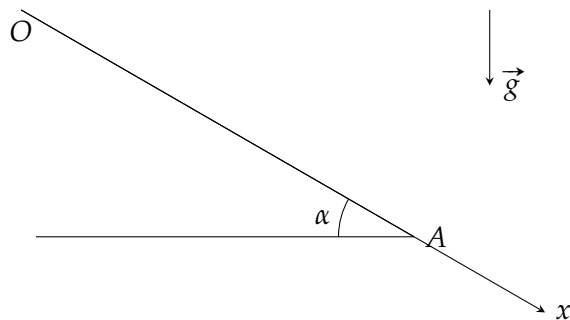
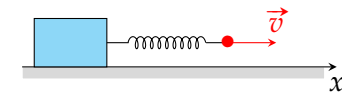


FIGURE 2

Pour les applications numériques, on prendra $f_0 = 1$.
La longueur du plan incliné est $OA = 5L$.
Décrire le mouvement de la boîte.

□ 11 – Régime « fixe-glisse » [extrait de ENS Ulm 2001]

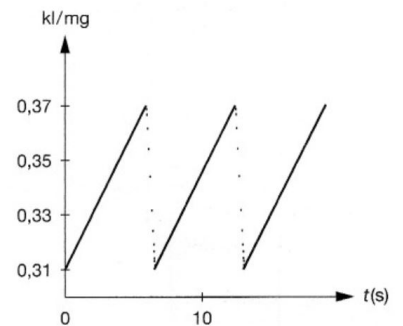
Un palet de masse m peut glisser sur une plaque horizontale fixe. Il est relié à un ressort horizontal, de raideur k , dont l'extrémité est entraînée à une vitesse constante $\vec{v} = v_0 \vec{u}_x$.



Les coefficients de frottement statique et dynamique sol-palet sont notés respectivement f_s et f_d et on note ℓ l'allongement du ressort par rapport à sa longueur à vide.

On observe deux évolutions différentes selon la valeur de v_0 :

- Pour v_0 suffisamment grand, le palet se déplace à vitesse constante : c'est le régime stationnaire.
- Pour v_0 plus faible, on observe un régime « fixe-glisse » – « stick-slip » en anglais : le palet est fixe, puis se détache brusquement et glisse, avant de s'immobiliser de nouveau un peu plus loin, et ainsi de suite.



La figure ci-contre représente kl/mg en fonction du temps (un point toutes les 1,5 ms).

- Exprimer l'allongement ℓ_s du ressort en régime stationnaire. Ce régime est-il stable ?
- Exprimer l'allongement ℓ_1 en fin de phase « fixe » puis celui (ℓ_2) en fin de phase « glisse ». Pour ce second cas, il est nécessaire de trouver la loi horaire $\ell(t)$ mais pas indispensable de trouver la durée de la phase « glisse ». Une représentation graphique de $\ell(t)$ permet de trouver ℓ_2 en évitant de longs calculs fastidieux.
- Déterminer les valeurs des coefficients f_s et f_d .
- Expliquer pourquoi le mouvement est périodique et calculer sa période T_0 sachant que $m = 1,6$ kg, $k = 1,5 \times 10^4$ N · m⁻¹ et $v_0 = 10 \mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Le phénomène « fixe-glisse » explique les pneus ou les craies qui crissent ou les gonds de portes qui grincent. Dans quel intervalle se trouve alors T_0 ? Proposer des remèdes au grincement d'un gond ou au crissement d'une craie.