

Exercice 1 : Course automobile

Deux pilotes amateurs prennent le départ d'une course automobile sur un circuit présentant une longue ligne droite au départ. Ils s'élancent de la même ligne. Le premier, A, démarre avec une accélération constante de $a_A = 4 \text{ m.s}^{-2}$ le deuxième, B, a une voiture légèrement plus puissante et démarre avec une accélération constante de $a_B = 5 \text{ m.s}^{-2}$. A a cependant plus de réflexes que B et démarre une seconde avant.

1. Quelle durée faudra-t-il à B pour rattraper A ?
2. Quelle distance auront-ils parcourue quand B doublera A ?
3. Quelles seront les vitesses à cet instant-là ?
4. Représenter $x(t)$ et $v(t)$ en précisant la position de l'évènement "B dépasse A" sur ces représentations des mouvements.

Exercice 2 : Centrifugeuse à cosmonaute

Au cours de leur entraînement, pour habituer leur organisme à supporter les fortes accélérations du décollage et de l'entrée dans l'atmosphère, les cosmonautes sont placés sur un siège fixé à l'extrémité d'un bras de longueur ℓ en rotation de vitesse angulaire ω .

1. Calculer ω en tours / minute si $\ell = 10 \text{ m}$ pour que l'accélération obtenue vaille $10g$. (Indication : g est l'accélération de la pesanteur, qui intervient dans l'expression du poids...)
2. Sur un schéma, placer le cosmonaute pour que l'accélération subie sur le siège d'entraînement soit dans la même direction que l'accélération subie au décollage. Même question pour que l'accélération subie sur le siège d'entraînement soit dans la même direction que l'accélération subie à l'entrée dans l'atmosphère.
3. A la fête foraine de Tours, on trouve certaines années cette attraction. En mai 2010, Soufiane mesure la période de rotation : $T = 6,3 \text{ s}$ et estime le bras à $\ell = 30 \text{ m}$. Quelle est l'accélération subie par les "äinconsientsä" qui montent sur ce manègeä ?

Exercice 3 : Palet sur un plan incliné

Un palet de masse m repose sur un plan incliné d'un angle α sur l'horizontale. On augmente progressivement l'angle d'inclinaison et on observe que le palet se met en mouvement pour un angle α_m . On veut montrer que la mesure de cet angle permet de connaître la valeur du coefficient de frottement solide f apparaissant dans les lois empiriques de Coulomb du frottement solide.

Lois de Coulomb

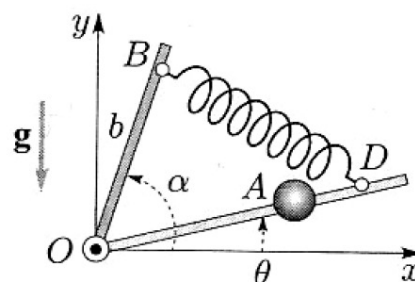
On décompose la force de contact exercée par le support sur le palet en une composante normale $\vec{N}$ et une composante tangentielle $\vec{T}$, appelée force de frottement solide $\vec{R}$. Le coefficient de frottement solide noté f est alors tel que :

- en l'absence de glissement : $\|\vec{T}\| < f\|\vec{N}\|$ et la vitesse de glissement (vitesse du palet dans le référentiel du support) est nulle.
- en cas de glissement : $\|\vec{T}\| = f\|\vec{N}\|$ et la vitesse de glissement est opposée au mouvement.

1. Quelle est la force motrice qui entraîne le palet vers le bas ? Quelle est son expression ?
2. Déterminer les expressions des composantes $\vec{N}$ et $\vec{T}$ lorsque $\alpha < \alpha_m$.
3. En déduire la valeur minimale α_m de α qui permet à l'objet d'être mis en mouvement.
4. Pour $\alpha > \alpha_m$, déterminer la nature du mouvement.

Exercice 4 : Sismographe de la Coste

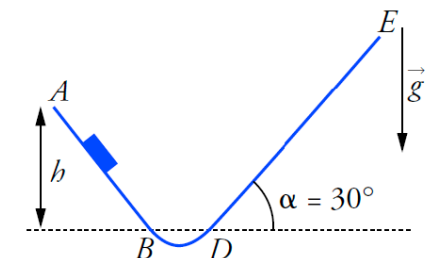
Une tige de masse négligeable et de longueur ℓ , portant un point matériel A, de masse m , oscille sans frottement autour de l'axe Oz horizontal d'un référentiel terrestre $\mathcal{R} = (O, x, y, z)$; Oy est la verticale ascendante. Un ressort, d'extrémités B et D, exerce sur la tige une force de rappel $k\overrightarrow{BD}$. Sur la figure sont précisées les notations : $OA = \ell$, $OB = b$, $OD = d$, $(Ox, OB) = \alpha = \text{cte}$ et $(Ox, OA) = \theta$.



1. Etablir l'équation différentielle en θ .
2. A quelle condition sur m, g, ℓ, d, b, k et α , l'angle définissant la position d'équilibre θ_e est-il nul ?
3. Trouver l'expression de la période des petites oscillations. On donne $\ell = 5$ cm. Quelle doit être la valeur de α pour que la période T_0 soit de 20 s.

Exercice 5 : Montagnes russes

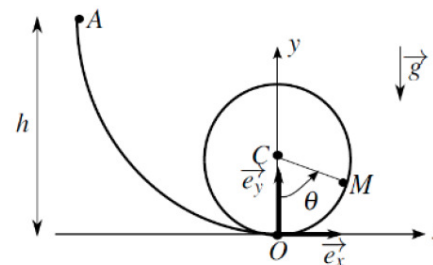
Un chariot de masse $m = 40$ kg est solidaire d'une piste P. Les parties (AB) et (DE) sont rectilignes, la partie (BD) est une portion de cercle. Le chariot glisse sans frottement sur les parties (AB) et (BD). On prendra $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.



1. Le chariot est lâché en A, sans vitesse initiale, à une hauteur $h = 10$ m par rapport à B (ou D). On considère dans un premier temps qu'il n'y a pas de frottement sur (DE). Déterminer la hauteur h_1 atteinte par le chariot sur (DE) :
 - (a) Par application du théorème de l'énergie cinétique ;
 - (b) Par application du théorème de l'énergie mécanique.
2. Sur (DE) le chariot est soumis à une force de frottement de valeur constante f . La hauteur atteinte par le chariot n'est que de 8,0 m. Déterminer f :
 - (a) Par application du théorème de l'énergie cinétique ;
 - (b) Par application du théorème de l'énergie mécanique.

Exercice 6 : Bille dans une gouttière

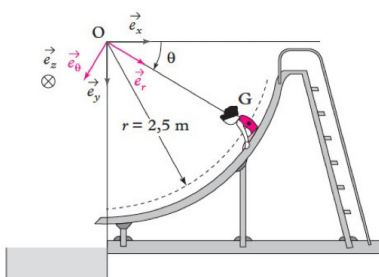
Une bille, assimilée à un point matériel M de masse m , est lâchée sans vitesse initiale depuis le point A d'une gouttière situé à une hauteur h du point le plus bas O de la gouttière. Cette dernière est terminée en O par un guide circulaire de rayon a , disposé verticalement. La bille, dont on suppose que le mouvement a lieu sans frottement, peut éventuellement quitter la gouttière à l'intérieur du cercle. On note : $\vec{g} = -g\vec{u}_y$ l'accélération de la pesanteur.



1. Calculer la norme v_0 de la vitesse en O puis en un point M quelconque du cercle repéré par l'angle θ .
2. Déterminer la réaction de la gouttière en un point du guide circulaire.
3. Déterminer la hauteur minimale de A pour que la bille ait un mouvement révolutif dans le guide.

Exercice 7 : Le toboggan

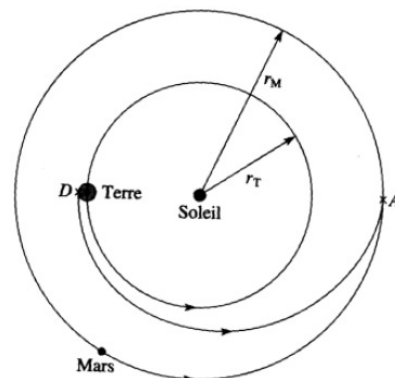
Un enfant assimilé à un point matériel G de masse $m = 40$ kg glisse sur un toboggan décrivant une trajectoire circulaire de rayon $r = 2,5$ m (voir figure) depuis la position où il possède une vitesse nulle jusqu'à la position où il quitte le toboggan. On néglige tous les frottements. On suppose que le référentiel lié à la Terre est galiléen.



1. Établir l'équation différentielle du mouvement de l'enfant à l'aide du TMC.
2. En déduire l'expression de la vitesse v de l'enfant en fonction de θ .
Calculer la vitesse maximale atteinte par l'enfant.
Commenter cette valeur.

Exercice 8 : Voyage de la Terre à Mars

Pour envoyer un vaisseau spatial vers une autre planète, Mars dans cet exercice, on le place au préalable sur une orbite (dite de parking) autour de la Terre. Un moteur auxiliaire lui fournit alors l'énergie nécessaire pour le placer sur l'orbite interplanétaire ; le moment adéquat du transfert dépendant des positions relatives de la Terre et de la planète de destination. On suppose que la Terre et Mars décrivent des orbites circulaires autour du Soleil, de rayons respectifs $R_T = 1,00$ u.a et $R_M = 1,52$ u.a (on rappelle que $1 \text{ u.a} = 1,50 \cdot 10^8 \text{ km}$), situées dans le même plan (plan de l'écliptique), leurs vitesses respectives étant $v_T = 29,8 \text{ km.s}^{-1}$ et $v_M = 24,2 \text{ km.s}^{-1}$. L'orbite de transfert (dite "orbite de Hohman" du nom de l'astronome qui l'a étudié le premier) est une ellipse tangente à l'orbite de la Terre au départ et à l'orbite de Mars à l'arrivée. Le départ du vaisseau a lieu quand il se trouve sur la face sombre de la Terre (point D), la vitesse du vaisseau sur son orbite de parking et celle de la Terre sur son orbite autour du Soleil étant de même sens. La position de Mars coïncide avec celle du vaisseau à l'arrivée de celui-ci (point A).



On suppose que le vaisseau n'est soumis qu'à l'attraction gravitationnelle du Soleil (on néglige celle de la Terre), que le rayon de l'orbite de parking est négligeable devant la distance Terre-Soleil et que la vitesse du vaisseau dans le référentiel héliocentrique au départ est la même que celle de la Terre sur son orbite autour du Soleil.

1. Calculer la vitesse v_D du vaisseau en D sur l'ellipse de Hohman. En déduire la variation de vitesse du vaisseau et l'énergie massique que doivent fournir les moteurs.
2. Calculer la vitesse v_A du vaisseau en A sur l'ellipse de Hohman. En déduire la variation de vitesse du vaisseau et l'énergie massique que doivent fournir les moteurs. Commenter.
3. Calculer la durée du transfert.
4. Quelle était la position de Mars sur son orbite au départ du vaisseau pour que la rencontre soit possible ? On donnera la valeur de l'angle (SM_1, SA) , où A et M_1 désignent les positions de Mars à l'instant initial et final.

Exercice 8 : Périogée

Lors de son lancement, le satellite d'observation Hipparcos est resté sur son orbite de transfert à cause d'un problème technique. On l'assimile à un point matériel M de masse $m = 1,1 \text{ t}$. L'orbite de transfert est elliptique et la distance Terre-satellite varie entre $d_P = 200 \text{ km}$ au périogée et $d_A = 35,9 \cdot 10^3 \text{ km}$ à l'apogée. On rappelle que le périogée P est le point de l'orbite le plus proche de la Terre et que l'apogée A est le point le plus éloigné. On mesure la vitesse du satellite à son apogée : $v_A = 3,5 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$.

1. Faire un schéma de la trajectoire en faisant apparaître la position O du centre de la Terre, l'apogée et le périogée.
2. Déterminer le demi-grand axe a de la trajectoire.
3. En déduire l'énergie mécanique et la période du satellite.
4. On note v_A et v_P les vitesses du satellite en A et en P. Exprimer le module du moment cinétique calculé au point O du satellite à son apogée puis à son périogée.
5. En déduire la vitesse du satellite à son périogée.