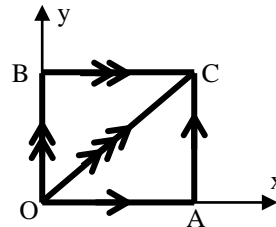


TD11 : Energétique

Compétence 1 : Calcul de Travaux

Exercice 1 : Travail dépendant du chemin suivi ?

Les points $O(0,0)$, $A(1,0)$, $B(0,1)$ et $C(1,1)$ sont les quatre sommets d'un carré (voir figure ci-contre). On note C_1 , C_2 et C_3 les chemins $[O, A, C]$, $[O, B, C]$ et $[O, C]$, décrits par un point matériel M .



Cas 1 : Le point M est soumis à une force constante, par exemple la force de pesanteur $\vec{f}_1 = m\vec{g}$

- En chaque sommet ainsi qu'au milieu de chacune des arêtes, représenter :
 - La force
 - Le déplacement élémentaire
 - Le travail élémentaire de la force,
- Préciser dans chacun des cas si cette force est motrice, résistante ou ne travaille pas.
- Calculer les travaux W_1 , W_2 et W_3 de la force le long des trajets C_1 , C_2 et C_3 .
- Commentez ces résultats.

Cas 2 : Le point M est soumis à la force de frottement $\vec{f}_2 = -\alpha\vec{v}$ et se déplace à la vitesse $\vec{v} = \vec{v}_0$ constante.

→ Refaire exactement la même étude. Quel est le signe de W ? Conclure.

Cas 3 : Le point M est soumis à la force $\vec{f}_2 = \alpha(y\vec{u}_x - x\vec{u}_y)$.

→ Refaire exactement la même étude et conclure de nouveau.

Cas 4 : Et si on s'intéresse maintenant à des chemins fermés (on parle de boucle fermée), par exemple $[O, A, C, B, O]$, $[O, A, C, A, O]$ ou directement $[O, C, O]$.

→ Que pouvez-vous dire du travail fourni par chacune des ces forces (sans calculs), Séparer le cas des forces non conservatives des forces conservatives.

Compétence 2 : Utilisation du TEC et du TPC

Exercice 2 : Puissance et freinage d'une voiture

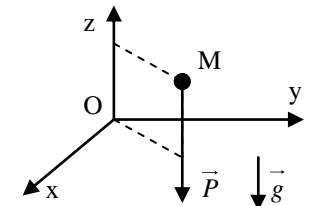
Un véhicule roule de manière rectiligne uniforme à une vitesse de 100km/h.

- Calculer l'intensité F de la force propulsive si le moteur développe une puissance de 3kW.
- Quelle est alors l'intensité de la force de frottements exercée sur la voiture ?
- Si on suppose que cette force de frottement est constante, quelle est la distance d'arrêt du véhicule si sa masse est de 1t ?
- Et si les freins soumettent une force de freinage constante de 5000N ?
- On suppose maintenant que $P_{\text{moteur}} = 2(60-v)v^2$ et que $F = 450+0,4v^2$. Calculer la puissance maximale du moteur, puis, à l'aide du TPC, la vitesse max et l'accélération max du véhicule.

Compétence 3 : Calcul d'énergie potentielle et mécanique - TEM

Exercice 3.1 : Chute d'un mobile

Le champ de pesanteur \vec{g} est supposé uniforme et le référentiel terrestre $\mathcal{R}_G(0; \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z, t)$ galiléen. Un point matériel M de masse m est à l'altitude z . L'axe $(0, \vec{e}_z)$ est orienté selon la verticale ascendante.



- Déterminer l'énergie potentielle de pesanteur E_p^{PES} dont dérive le poids \vec{P} de M .
- Un opérateur extérieur déplace le point M du point A d'altitude nulle au point B d'altitude z . Relier l'énergie potentielle de pesanteur au travail $T_{A \rightarrow B}^{OP}$ fourni par l'opérateur pour amener la particule M de la position initiale A à la position finale B . Quelle est l'interprétation physique de l'énergie potentielle ?
- La particule M , de masse m est lâchée d'une altitude H sans vitesse initiale. Quelle énergie est-elle susceptible de libérer à son arrivée au sol ?
- Retrouver l'équation d'évolution du mouvement par deux méthodes distinctes (PFD et méthode énergétique)

Données : $g = \|\vec{g}\| = 10m.s^{-2}$, $m = 100g$ et $H = 1m$.

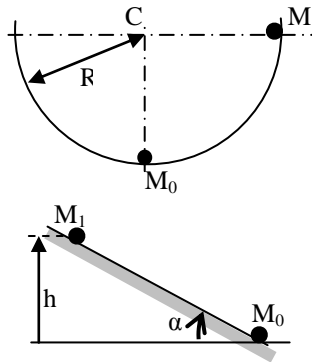
Exercice 3.2 : Etude de mouvements de glissement

On étudie une bille M, de masse m, initialement au point M₀ et susceptible de glisser sur différents supports. Déterminer la vitesse v₀ minimale qu'il faut communiquer à la bille en M₀ afin qu'elle puisse atteindre le point M₁:

Cas 1 : Dans un demi-cercle de rayon R, sans frottement

Cas 2 : Sur un plan incliné d'angle α, sans frottement.

Cas 3 : Sur un plan incliné d'angle α, avec frottement (on note f le coefficient de frottement solide).



Compétence 4 : Etude de la stabilité

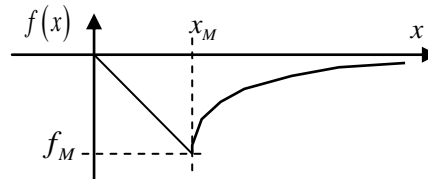
Exercice 4 : Critère de stabilité

Une particule M (masse m) se déplace le long d'un axe (Ox) sous l'action d'une force $\vec{f} = f(x)\vec{e}_x$ qui dérive de l'énergie potentielle $E_p = ax^2 + bx$, $a, b > 0$,

1. Existe-t-il une position d'équilibre ? Est-elle stable ou instable ?
2. A quelle situation physique ce problème peut-il correspondre ?

La particule subit maintenant l'action d'une force constante $\vec{f}_0 = f_0\vec{e}_x$ et d'une force $\vec{f} = f(x)\vec{e}_x$ dont l'allure est représentée sur la figure ci-dessous (partie affine pour $0 \leq x \leq x_M$ et variation en $-k/x^2$ pour $x \geq x_M$, avec $f(x_M) = f_M < 0$).

3. Exprimer k en fonction de x_M et de f_M .
4. Rechercher les positions d'équilibre de cette particule selon les valeurs de f_0 et discuter de leur stabilité à partir du graphe de $f(x)$.



Etude Complète d'un problème mécanique

Exercice 5 : Mouvements d'un pendule simple

Le référentiel terrestre $\mathcal{R}_G(0; \vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z, t)$ est supposé galiléen. Un pendule simple est constitué d'un objet ponctuel M de masse m, suspendu à un fil sans raideur ni masse, de longueur l. Le champ de pesanteur terrestre est supposé uniforme et la résistance de l'air négligeable. L'extrémité O du fil est fixe. A l'instant initial, un expérimentateur lance M fil tendu à partir de la position d'équilibre stable avec une vitesse initiale horizontale v₀.

1. Etude cinématique : Etablir les expressions de $\vec{v}(M/\mathcal{R}_G)$ et $\vec{a}(M/\mathcal{R}_G)$ en précisant la base de projection adaptée.
2. Etude énergétique : établir l'équation différentielle du mouvement de M étudié dans le plan de la figure.
3. Etude dynamique : Etablir l'expression de l'intensité T de la tension exercée par le fil sur M en fonction de m, g, l, θ et v₀. (leurs dérivées ne doivent pas apparaître)
4. Que se passe-t-il si θ devient légèrement supérieur à π/2. Le fil reste-t-il tendu ? Calculer la vitesse maximale v₀₁ pour avoir un mouvement oscillatoire.
5. Il est aussi possible d'obtenir un mouvement révolitif (Trajectoire circulaire). Dans le cas où le fil est en fait rigide, quelle valeur minimale v₀₂ doit-on donner à v₀ pour créer ce mouvement ?
6. Et si le fil n'est pas rigide, quelle est la valeur minimale v₀₃ qu'il faut donner à v₀ ?
7. Tracer l'évolution de l'énergie potentielle en fonction de θ et illustrer les notions de cuvette et de barrière de potentiel. Y a-t-il des points d'équilibres ? Sont-ils stables ou instables ?

