Révisions Oral - Mécanique

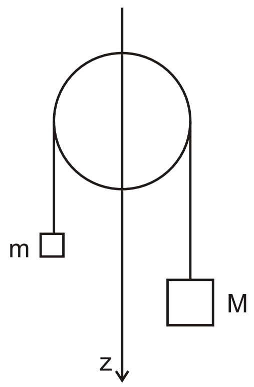
Les bons réflexes :

- Identifier le référentiel. Est-il galiléen ? Si non, décrire son mouvement (rotation ou translation) par rapport à un référentiel galiléen.
- Faire un schéma du système étudié accompagné éventuellement d'un bilan des forces. Vérifier que le repère choisi est bien direct.
- Prendre des angles de l'ordre de 30° (éviter 45°) pour faciliter les projections.
- Utiliser la formule :
$$\vec{F} = -\overrightarrow{\text{grad}}(E_p)$$
pour déterminer l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur.
- En présence de ressort, vérifier que l'expression de la force écrite correspond bien à l'action du ressort en cas d'allongement.
- Même en présence de frottements, la puissance des actions de contact peut être nulle dans le cas où il n'y a pas glissement.

Oraux MPI - 2023 / 2024

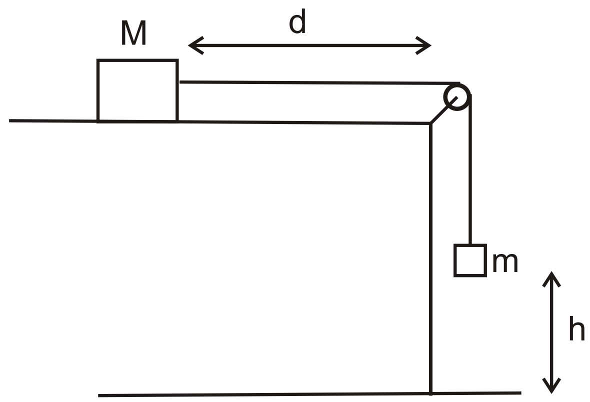
[1] - (Niveau 2) :

On considère un système de deux masses supposées ponctuelles m et $M \gg m$ reliées par une corde inextensible et une poulie soudée (qui ne tourne pas) qui rajoute un frottement solide de coefficient f. Étudier l'accélération de la masse M.



[2] - (Niveau 2) :
On considère un système constitué de deux masses m et $M \gg m$ reliées par une ficelle inextensible de masse négligeable. On note respectivement f_s et f_d les coefficients de frottement statique et dynamique entre la masse M et le sol. Initialement, les deux masses sont au repos. La poulie est supposée parfaite.

1 - Donner une condition sur le coefficient f_s pour que la masse m entraine la masse M.
2 - Déterminer la vitesse de la masse M lorsque la masse m touche le sol.
3 - En déduire une méthode pour calculer f_d à partir de cette vitesse.
4 - Proposer des ordres de grandeurs pour la mise en pratique de cette expérience.



[3] - (Niveau 1) :

On considère un point matériel M de masse m fixé au bout d'une tige de masse négligeable de longueur ℓ. La tige est retenue par un ressort spiral qui exerce un couple :

$$\vec{\Gamma} = -k\theta\vec{u}_z$$

avec k une constante de rappel.

1 - Établir une équation différentielle vérifiée par $\theta(t)$.

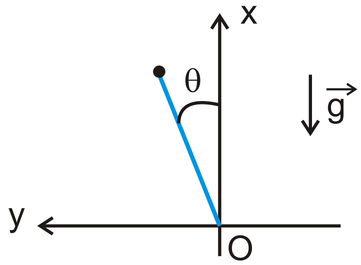
2 - Résoudre cette équation dans le cas où θ est petit (on différenciera deux cas suivant les valeurs relatives de $mg\ell$ et k).

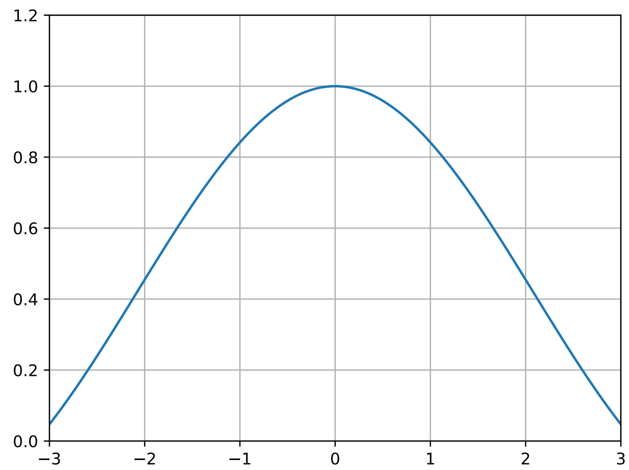
3 - Montrer qu'il existe deux états d'équilibre (par symétrie) et que l'on a :

$$\frac{\sin(\theta_{eq})}{\theta_{eq}} = \frac{k}{mg\ell}$$

4 - À l'aide du graphe de $f(x) = \sin(x)/x$ donner les valeurs de $k/(mg\ell)$ sachant que $\theta \in [-\pi/2, \pi/2]$.

5 - Comment évolue la valeur de θ_{eq} si le référentiel d'étude est en translation avec une accélération $\vec{a} = a_o\vec{u_x}$ par rapport au référentiel terrestre supposé galiléen.





[4] - (Niveau 2) :

Une bille assimilée à un point matériel M de masse m se déplace sans frottement sur un cerceau de rayon R qui tourne à la vitesse angulaire ω constante par rapport à l'axe vertical descendant (Ox).

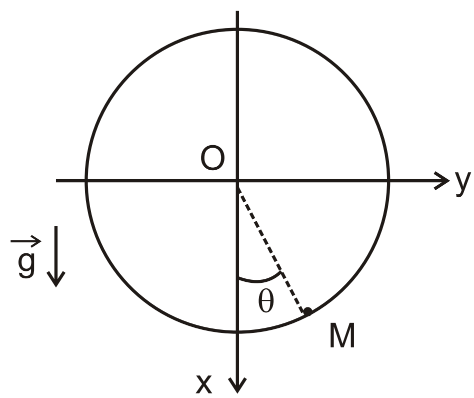
1 - Donner l'expression de l'énergie cinétique de M dans le référentiel lié au cerceau.

2 - Énoncer le théorème de l'énergie mécanique en précisant les conditions d'application.

3 - Donner l'expression de la force d'inertie d'entraînement et de la force d'inertie de Coriolis.

4 - Déterminer si elles sont conservatives ou non.

5 - Donner l'expression de l'énergie potentielle globale du point matériel M et étudier les positions d'équilibre et discuter leur stabilité.



[5] - (Niveau 1) :
On lance une particule M de masse m et de charge $+e$ avec une vitesse initiale $\vec{v} = v_o\vec{e}_y$.
1 - Montrer que le mouvement initial de la particule est circulaire de rayon R_i à déterminer.
2 - Au bout de combien de temps passe-t-elle dans la zone dans laquelle le champ magnétique vaut $(B_o{+}b)\vec{e}_z$?
3 - Quel est le rayon de la trajectoire dans cette deuxième zone ?

Questions de cours

1 - Qu'est-ce qu'un référentiel galiléen ?
2 - Définir l'accélération d'entrainement. Quelle est son expression dans le cas d'un référentiel en translation par rapport au référentiel absolu ? dans le cas d'un mouvement de rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport au référentiel absolu ?
3 - Déterminer l'expression de l'énergie potentielle associée à la force d'inertie d'entrainement dans un référentiel en rotation uniforme autour d'un axe fixe par rapport au référentiel absolu. **4 -** Donner l'expression de l'accélération de Coriolis.
5 - Définir le poids d'un corps. Préciser la prise en compte des forces d'inertie d'entrainement et de Coriolis dans la définition du poids.
6 - Énoncer les lois de Coulomb pour le frottement de glissement. On distinguera les coefficients de frottements statique et dynamique.
7 - Quels sont les deux situations pour lesquelles la puissance des actions de contact est nulle ?
8 - Donner l'expression de la force de Lorentz. Déterminer la valeur de la vitesse pour laquelle les contributions magnétiques et électriques sont du même ordre de grandeur pour $E = 10^4\text{V.m}^{-1}$ et $B = 1\text{T}$.
9 - Quelle est la puissance de la force de Lorentz ? Cette force est-elle conservative ? Si oui, quelle est l'expression de l'énergie potentielle associée ?
10 - Comment faire passer une particule de vitesse d'une vitesse nulle à une vitesse v_o ?
11 - Retrouver rapidement le rayon de la trajectoire circulaire d'une particule de charge q dans une zone où règne le champ B uniforme.

Des exercices pour s'entrainer

[1]
On cherche à caractériser la force de traînée subie par une sphère de plomb de rayon a et de masse volumique ρ dans l'air.
1 - Dans un premier temps, la sphère est suspendue à un point fixe O par un fil et se trouve placée dans une soufflerie. La vitesse du vent, horizontale, a pour valeur v_0 et le fil fait alors un angle α avec la verticale. La résistance de l'air s'exprime par une force de norme $f = k\,\pi\,a^2\,v_0^2$ où v_0 est la vitesse du vent : en déduire la valeur numérique du coefficient k dans le système S.I.
2 - Cette sphère est maintenant lâchée dans l'air immobile, hors de la soufflerie, sans vitesse initiale. La norme de la force de frottement s'écrit alors $f = k\,\pi\,a^2\,v^2$ où v est la vitesse de l'objet et avec le même coefficient k qu'à la question précédente.
2.(a) - Justifier la différence entre les expressions des forces de frottement fournies dans les deux situations.
2.(b) - Calculer la vitesse limite de la bille ; à quelle hauteur de chute dans le vide cette vitesse correspond-elle ?
2.(c) - Pour une chute de deux mètres de haut, quelle fraction du poids la force de frottement représente-t-elle ?

Données : $a = 1,0\,\text{cm}$; $\rho = 11,3\,\text{g·cm}^{-3}$; $v_0 = 10\,\text{m·s}^{-1}$; $\alpha = 1,68 \cdot 10^{-1}\,\text{rad}$; $g = 9,8\,\text{m·s}^{-2}$.

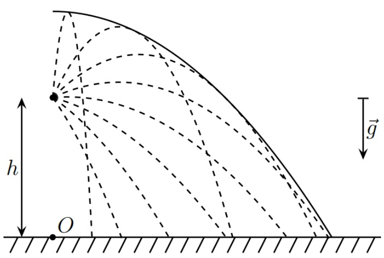
[2] - (Niveau 2) :
On donne les valeurs numériques suivantes :

Constante de gravitation	masse de la Terre	masse du Soleil	distance Terre-Soleil	Rayon terrestre
$6,7.10^{-11}$ uSI	$6,0.10^{24}$ kg	$2,0.10^{30}$ kg	$1,5.10^{8}$ km	$6,4.10^{3}$km

1 - Un objet ponctuel, de masse m, situé en M, subit une unique force $\vec{f} = f(r)\vec{e}_r$ dans le référentiel galiléen $\mathcal{R}$. Montrer que sa trajectoire $(\mathcal{T})$ est incluse dans un plan et déterminer celui-ci. Montrer que cet objet respecte la loi des aires.
2 - Un satellite $(\mathcal{S}\dashv)$ est sur une orbite circulaire $(\mathcal{O})$ de rayon r_0 autour de la Terre à une altitude z_0. Démontrer qu'on peut négliger la force de gravitation du Soleil, et en déduire le référentiel galiléen adapté à cette étude.
3 - Déterminer, dans ce référentiel, l'expression de la vitesse v_0 du satellite, son énergie potentielle de gravitation et sa période de révolution autour de la Terre.

[3] - (Niveau 2) :
Un lance-balle automatique de base-ball lance des balles depuis une hauteur h avec un angle α réglable par rapport à l'horizontale (Ox), et une vitesse de norme v_0 fixe. On prendra l'axe Oz vers le haut.
1 - Déterminer la trajectoire de l'objet.

2 - En déduire l'expression de la cote du point le plus haut atteint, appelée *flèche* de la balle.
3 - On cherche à déterminer l'expression de la courbe séparant l'ensemble des points pouvant être atteints par la balle des points qu'elle ne peut atteindre, appelée *parabole de sûreté*. Pour cela, discuter de la condition à laquelle un point $M(x_0, z_0)$ peut être atteint par la balle.
On pourra utiliser : $\frac{1}{\cos^2\alpha} = 1 + \tan^2\alpha$



[4] - (Niveau 2) :
Une roue de vélo de rayon R est posée sur le sol et roule sans glisser sur une route horizontale. Le moyeu avance à vitesse constante $\vec{v}$ par rapport au sol. On munit la roue d'une base polaire $(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta)$.
1 - Déterminer la vitesse d'un point A de la roue par rapport au sol (vectoriellement et en norme).
2 - Déterminer l'expression des coordonnées du point A en fonction du temps. Proposer les instructions en *Python* permettant d'afficher la courbe de la trajectoire.
3 - Quelle puissance doit développer un cycliste pour avancer à vitesse constante en montée, en prenant en compte la résistance de l'air $\frac{1}{2}\, C_x\, S\, \rho_a\, v^2$ où C_x est le coefficient de résistance aérodynamique (environ égal à 0,5 dans ces circonstances), ρ_a la masse volumique de l'air, S la section du cycliste et v sa vitesse ?
Faire l'application numérique avec les ordres de grandeur que vous jugerez pertinents.

[5] - (Niveau 2) :
On suppose qu'un puits de forage rectiligne joint deux points distincts situés à la surface de la Terre. Ces deux points ne sont pas diamétralement opposés. On lâche dans ce puits un petit objet de masse m sans vitesse initiale. On suppose que la Terre est à répartition homogène de masse.
1 - L'objet tombe sans frottement. Où sa trajectoire l'emmène-t-elle ? En combien de temps ?
2 - Mêmes questions en introduisant des frottements, que l'on pourra supposer linéaires en vitesse.
3 - Que se passe-t-il si la Terre tourne sur elle-même ? (On discutera de ce qui se passe en fonction de la direction du puits de forage par rapport à la direction de l'axe de rotation.)