

LPS 1 : Gravitation

Alexandre Pricoupenko

Niveau : L1

Prérequis : Oscillateur harmonique. Cinématique. Principe fondamental de la dynamique. Référentiel non Galiléen.

Expérience quantitative : Mesure de g .

Table des matières

I Loi de la gravitation	1
I.1 Force de gravitation	1
I.2 Expérience : Mesure du champ de gravitation terrestre	2
II Mouvement dans un champ gravitationnel	2
II.1 Un problème à deux corps	2
II.2 Etude du mouvement Terre-Soleil (ou satellite-terre)	3
II.3 Applications	3
III Phénomènes de marée	3

Introduction

I Loi de la gravitation

I.1 Force de gravitation

Force de gravitation entre deux masses ponctuelles m_1 et m_2 séparés d'une distance r .

$$\mathbf{F}_{1 \rightarrow 2} = \frac{-Gm_1m_2}{r^2} \mathbf{u}_{1 \rightarrow 2} \left(= \frac{-Gm_1m_2 \mathbf{M}_1 \mathbf{M}_2}{\|\mathbf{M}_1 \mathbf{M}_2\|^3} \right) \quad (1)$$

→ On a donc une force attractive entre les deux masses.

Valeur de la constante gravitationnelle $G = 6,67 \times 10^{-11} m^3.kg^{-1}.s^{-2}$ (fixé ajd par ?)

+ PFD ref galiléen chute libre. Principe d'équivalence. Vidéo expérience sur la Lune Lien rapide ici à partir de genre 55 sec (hammer : marteau / feather : plume)

Notion de champ pour une masse ponctuelle m :

$$\mathcal{G} = -Gm/r^2 \mathbf{u}_r \text{ (c'est un vecteur attention au latex) Dire qu'il est dirigé vers la particule.}$$

On aimerait quantifier le champ de gravitation $|\mathcal{G}_T|$ terrestre mais la Terre n'est pas ponctuelle ! Par contre, si on la suppose à symétrie sphérique on peut montrer que si on se place au niveau, ou au

delà de la surface de la Terre, on peut considérer que son champ est équivalent à celui d'une masse ponctuelle située en son centre et correspondant à sa masse totale totale M_T ¹

Rmq : Ne pas parler ici de pesanteur cf ref non galiléen où on rajoute le terme d'inertie $\omega_T^2 \mathbf{HM}^2$.

I.2 Expérience : Mesure du champ de gravitation terrestre

EXPERIENCE : Mesure de $|\mathcal{G}_T| \sim g$ (en vrai on fait une mesure du champ de pesanteur g qui comprend le terme de rotation que l'on néglige ici : on peut montrer cf footnote 2 qu'on a une erreur de 3 pour 1000 donc négligeable dans l'expérience).

On pourrait bien sûr calculer l'accélération d'un objet en chute libre pour remonter à g , ici on se propose une mesure qui va mobiliser nos connaissances acquises au début de l'année.

On va réaliser la mesure de g grâce à un système masse-ressort à la verticale et on va vite (mais blabla référentiel galilén système) Ressort de raideur k et de longueur à vide l_0 , une masse m , et un chronomètre, et un statif + pince et autres pour accrocher le ressort à la verticale.

$$\frac{d^2z}{dt^2} + \frac{k}{m}z = g + \frac{kl_0}{m} \quad (2)$$

En statique : $\Delta l = (l_{eq} - l_0) = mg/k$

En dynamique : $\omega_0^2 = k/m$

Finalement :

$$g = \omega_0^2 \Delta l \quad (3)$$

- On mesure le temps $\Delta t = nT$ correspondant à un nombre n d'oscillations du système. On remonte $\omega_0 = 2\pi/T$. On peut prendre $\delta(\Delta t) \sim 0,1 - 0,2s$ (reflexe)³ On a

- On mesure l'allongement Δl en statique

$$g = \dots \pm \dots \quad \delta g/g = \sqrt{\left(\frac{\delta(\Delta l)}{\Delta l}\right)^2 + 2\left(\frac{\delta\omega_0}{\omega_0}\right)^2} \quad \frac{\delta\omega_0}{\omega_0} = \frac{\delta(\Delta t)}{\Delta t} \quad (4)$$

Discussions incertitudes blabla

II Mouvement dans un champ gravitationnel

on peut voir la leçon de juliette et "prendre direct le système terre-lune mais bon, cette leçon est top pour la dernière partie!!

II.1 Un problème à deux corps

A VOIR SI on fait ça ou direct dire avec les ordres de grandeurs en masse, qu'on peut ramener à ramener au problème de l'étude du mouvement de la terre dans le référentiel héliocentrique supposé galiléen .

1. Cf théorème de Gauss avec $\text{div}\mathcal{G} = -4\pi G\rho_{int}$

2. ODG de ce terme à l'équateur : $3,38 \times 10^{-2} m.s^{-2}$, et comme $\mathcal{G}_T \sim 10 m.s^{-2}$, on peut montrer qu'on a une erreur de 3 pour 1000 si on s'en fout. article intéressant néanmoins wikipedia "pesanteur" : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pesanteur> lien rapide ici wiki pesanteur

3. Bon et bien sûr y'a une erreur relative au fait que si on prenait en compte qu'une ou quelques oscillations on voit pas exactement le moment où ça a fini et ça met une incertitude plus grande. En prenant sur beaucoup d'oscillations cette incertitude diminue, mais attention compromis, parce que on a négligé les frottements, qu'on ne peut plus négliger si on attend trop longtemps. Bref on prend genre 10 oscillations i guess pour une masse m chill classique et on dit que l'incertitude sur ω_0 est lié au temps de réflexe surtout et on néglige les autres.

Ici, on utilise la partie de tristan (sans parler de pseudo-isolé c chelou) ou plutôt femto physique femtophysique.fr mecanique cours p.107 Lien rapide ici

On prend quel référentiel galiléen de base? copernic allez?

Système isolé. Mobile réduit

Attention discussion sur le référentiel barycentrique.

Arriver aux deux conclusions suivantes :

"En résumé, le problème à deux corps se découple en deux mouvements indépendants.

1. Le mouvement du centre d'inertie qui est un simple mouvement rectiligne uniforme.

2. Le mouvement relatif qui correspond au mouvement du mobile réduit M de masse est soumis à une force centrale." (femto physique)

On va typiquement considérer le mouvement de la Terre autour du soleil ou d'un satellite autour de la Terre

ODG : pour savoir où est le barycentre du système et la masse réduite. On voit typiquement qu'on peut ramener notre étude du mouvement Terre-Soleil à l'étude du mouvement de la terre dans le référentiel héliocentrique.

Rmq : On quitte le problème à deux corps ou on y reste?

II.2 Etude du mouvement Terre-Soleil (ou satellite-terre)

dans tout ce qui suit dans cette partie voir jocteur tristan / sylvio rossetti

On considère le soleil fixe comme l'origine d'un repère permettant de définir un référentiel supposé galiléen

Loi des aires 2e loi de Kepler Dessin

Energie cinétique

Energie potentielle et potentielle effective

Energie mécanique

Types de trajectoires (lois de Kepler)

Formule Binet?

Cas trajectoire circulaire et troisième loi de Kepler

II.3 Applications

Orbite géostationnaire

Vitesse de libération

III Phénomènes de marée

C'EST LE "CALCUL DE LA LEÇON" ALORS GO GO

ici voir leçon de Juliette système terre-lune, toute sa deuxième partie est sur le phénomène de marée /monnet ou tout autre bouquin.

application marée 2 fois par jour

dans la même idée mais faire attention : parler de la limite de Roche?? (calculs un peu long)

Lien rapide ici pour détails

montrer fragments de la comète Shoemaker-Levy 9 observés le 17 mai 1994 par le télescope spatial Hubble?

Conclusion