

Antoine LUCQUIAUD

oral : 23/06/16

L1. Cinématique du point matériel. Principe fondamental de la dynamique, théorème de l'énergie cinétique.

INTRODUCTION [1]

Les principes mathématiques de la philosophie naturelle, NEWTON, 1687 : approche géométrique de la mécanique, introduction de la quantité de mouvement.

I | LOIS DE CONSERVATION

A. Quantité de mouvement

1- Définition (système, définition, cas à 2 points)

2- Systèmes isolés, pseudo-isolés

3- Principe d'inertie (dem. à partir du PFD)

exemples : patineur sans frottement, couple de patineurs

Système pseudo isolé \Rightarrow conservation de \vec{p}

B. Énergie mécanique

1- Définition (E_c d'un système, E_p d'une force conservative, E_m)

exemples : poids, frottement fluide

2- Théorème de l'énergie mécanique (dem. à partir du TMC)

Système soumis à des forces conservatives ou ne travaillant pas \Rightarrow conservation de E_m

3- Exemple : le pendule [2]

Approximation des petits angles : $L\dot{\theta}^2 + g\theta^2 = E_m = cste \Rightarrow$ portrait de phase elliptique

EXP : tracé du portrait de phase (pendule, capteurs PASCO, DataStudio).

En préparation : tentative de tracer $E_m(t)$, ça ne fonctionne pas (oscillations), peut-être un décalage temporel dans l'acquisition de θ et $\dot{\theta}$?

Discussion sur l'amortissement : frottements, terme en $-\theta^4$ dans le développement de E_p , pendule pesant mal équilibré $E_c = J_{\Delta}\dot{\theta}^2/2\dots$

C. Moment cinétique

1- Définition

exemple : cas du mouvement circulaire

2- Système de points

Rotation circulaire de 2 points diamétralement opposés de même masse et de vitesses angulaires égales ou opposées. Généralisation, moment d'inertie.

3- Théorème du moment cinétique

Système pseudo isolé ou soumis à une résultante centrale \Rightarrow conservation de \vec{L}_O

EXP : rotation sur un tabouret (liaison pivot parfait) avec des masses à bout de bras (A) puis rapprochées (B) : $\ell_A^2\dot{\theta}_A = \ell_B^2\dot{\theta}_B \Rightarrow$ accélération [3]

II | MOUVEMENTS À FORCE CENTRALE CONSERVATIVE [3]

A. Position du problème

Interactions newtoniennes (gravitationnelle et coulombienne) et force de rappel élastique centrales et conservatives (démonstration). Question du caractère galiléen du référentiel pour la mécanique céleste.

B. Conservation du moment cinétique

Mouvement plan, loi des aires (notion de vitesse aréolaire)

C. Conservation de l'énergie mécanique

Énergie potentielle effective. Cas particulier de l'interaction gravitationnelle. États liés, états de diffusion. Trajectoire fermée.

III | COLLISIONS [4]

Les exemples précédents peuvent être traités avec plus ou moins de difficultés sans utiliser de lois de conservation. Cas des collisions : discontinuité.

A. Choc, conservation de la quantité de mouvement totale

Modèle du choc : force infinie pendant une durée nulle, vitesse discontinue.

PFD \Rightarrow conservation de la quantité de mouvement totale

Cas de deux particules : $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$. Six composantes à déterminer et seulement trois équations.

B. Chocs élastique, mou et inélastique

Choc élastique : conservation de E_c (exemple 1D, rq si $m_1 = m_2$, échange des vitesses)

Choc mou : $\vec{v}_1' = \vec{v}_2'$ (exemple 1D, chaleur dégagée) *présenté mais non traité faute de temps*

Choc inélastique, coefficient de restitution : $v_2' - v_1' = -e(v_2 - v_1)$ (cas $e = 1$, $e = 0$, chaleur dégagée) *ni présenté ni traité*

Ouverture : applications de la physique des particules à la mécanique céleste

JURY : franchement antipathique en questions, "neutralité bienveillante" mon œil.

Quelques retours sur des expressions ou des schémas pour vérifier sens de rotation, signes...

- Comment démontrer que la force de frottement fluide n'est pas conservative ?
Ici, le jury attendait "le travail dépend du chemin suivi par le système", que je n'ai pas formulé explicitement, je me suis empêtré en essayant de montrer que $-\alpha v^2 dt$ ne pouvait pas dériver d'un potentiel.
- Peut-on retrouver la troisième loi de KEPLER avec une ou des loi-s de conservation ?
Oui : trajectoire circulaire, vitesse aréolaire et minimum de E_p^{eff} .
- Lois de conservation en mécanique des fluides ?
Bernoulli, hypothèses sur une ligne de courant.
- Bernoulli en référentiel non-galiléen ?
Expression générale avec les forces d'inertie, discussion sur les termes : Coriolis ne contribue pas, l'entraînement oui (expression du potentiel d'inertie d'entraînement).
- Lois de conservation en mécanique lagrangienne ?
Pas su répondre. C'est une question d'invariance de \mathcal{L} par rapport au temps, à une translation, une rotation : on retrouve les 3 lois évoquées dans la leçon.

PRÉPARATION :

Technicien sympathique, mais pas très efficace, on a passé un long moment à installer le pendule et le capteur avant d'obtenir quoi que ce soit en acquisition. Impossible d'équilibrer le pendule.

Bibliographie :

- [1] Locqueneux R., *Une histoire des idées en physique*
- [2] Faroux J.-P., Renault J., *Mécanique 1*
- [3] Salamito B., et al., *Physique tout-en-un PCSI*
- [4] Brasselet P., *Mécanique MPSI/PCSI*

N'hésitez pas à me demander plus de précisions : antoine.lucquiaud[AT]ens-cachan[.]fr