

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  $\theta$  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