

LP 05: Lois de conservation en dynamique

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

Ancien(s) titre(s), titre(s) 2019 et 2020 annexe(s) :

- Lois de conservation en dynamique des systèmes
- Exemples d'utilisation des lois de conservation en dynamique des systèmes.
- Utilisation des lois de conservation dans le problème à deux corps. Applications.
- Dynamique relativiste
- Conservation de grandeurs physiques
- Bilan de grandeurs physiques dans les systèmes ouverts
- Symétries
- Lois de Kepler

Exemples de partie

1 Conservation de l'énergie mécanique

1.1 Théorème de l'énergie mécanique

- On suppose la notion de travail connu, de même que les trois énergies
- On peut démontrer le théorème de l'énergie cinétique
- Force conservative
- Théorème de l'énergie potentielle
- Théorème de l'énergie mécanique

1.2 Cas de conservation de l'énergie mécanique

- Étude du record du monde du saut en hauteur.
- On considère un homme de 80 kg et courant à 10 m/s $\Rightarrow$ 4000 J
- On convertit ça en énergie mécanique avec $g = 9.81 \Rightarrow 5.10$ m
- On prends en compte le centre de masse surélevé $\Rightarrow 6.10$ m
- Pour expliquer les restes, il y a l'appui sur la barre, la non conservation parfaite dans la barre, et la technique du fosbury qui consiste à faire passer le centre de gravité sous la barre.

1.3 Mécanique analytique [5]

- Théorème de Noether : faire le lien entre symétries et quantités conservées. Application à des exemples.

2 Conservation de la quantité de mouvement

2.1 Validité

- Système isolé
- Ou sommes des forces nulles
- Intérêt de prendre un système à deux corps en entier qui est isolé. Ou un système global comme la fusée
- Conservation de la quantité de mouvement, possibilité d'aboutir à la 3ème loi de Newton

2.2 Mécanique des chocs [1] chap. 21

- Dynamique des chocs : bilans de quantité de mouvement et de moment cinétique
- Energétique des chocs : TEC, chocs élastiques et inélastiques
- Applications : boules de billard, balles de ping-pong, exemple de choc inélastique

2.3 Conservation de la norme du quadri-vecteur impulsion-énergie [3]

- Cf LP 07 Dynamique Relativiste
- Effet tcherenkov et autres joyeusetés, énergie de seuil d'une réaction

2.4 Application au tir en Biathlon [2]

- Les forces imposées par l'explosion sont super dures à modéliser.
- On peut pas prendre pour système juste le fusil, la force est pas claire
- On prendre pour modèle l'entièreté du fusil plus balle
- Conservation de la quantité de mouvement: Pour une balle de 10g, une carabine de 3.5 kg, et une vitesse de 600m/s
- Dire qu'on a une erreur d'environ 20% due au fait qu'on ne prends pas en compte la quantité de mouvement du gaz.

2.5 L'exemple de la fusée: Bilan de quantité de mouvement

- Bien fait dans le Perez [1] p 376. (et 380 en complément avec ordre de grandeur)
- Mettre en valeur le seuil à partir duquel il y a élévation.

3 Conservation du moment cinétique

3.1 Gyroscope

- cf LP 04 Précession Macro-micro

3.2 Lois de Kepler

- cf LP 02 Gravitation

3.3 Batte de baseball: Centre de percussion

4 Page 474, référence (1) diapo 17

- On a une liaison pivot au bout de la batte qui est tenue par les mains du batteur. On veut que les mains ne bougent pas et que tout le mouvement soit un mouvement de rotation du centre de gravité de la batte.
- On a le centre de masse au milieu du barreau.
- On trouve que la distance qui écarte le centre de masse du centre de percussion est de $L/6$
- donc il faut que le batteur tape à $1/2 + 1/6$ de L , donc au deux tiers pour ne rien ressentir sur les mains
- En pratique, on tape un peu plus loin pour viser un noeud de vibration du fondamental pour éviter trop de vibration.

4 Bilan de grandeurs physiques

4.1 Théorème de transport de Reynolds

- Arriver à l'équation de conservation $\frac{\partial X}{\partial t} + \text{div}(\vec{j}) = 0$
- Expliciter un peu les hypothèses et le sens de chaque terme

4.2 Bilans en système ouvert

- Montrer l'équivalence avec l'approche Reynolds
- Faire apparaître le caractère général de ce type de bilans
- Transition vers moult domaines de la physique (cf ci-dessous)

4.3 Diffusion: Conservation du nombre de particules (ou de la chaleur en thermique)

- Faire le bilan, aboutir à l'équation de diffusion

4.4 Méca flu: Conservation de la charge de l'écoulement

- Démontrer Bernouilli. Montrer quelques calculs simples.
- Faire le lien avec le premier principe industriel.

4.5 Electromag: Conservation de la charge

- Equation de Laplace dans le cas stationnaire
- Loi des noeuds dans les bonnes hypothèses

Bibliographie : démonstrations et exemples

- 1 Pérez, Mécanique, Fondements et applications
- 2 BFR Mécanique
- 3 Semay et Silvestre-Brac, Relativité Restreinte (Dunod)
- 4 Benson, Mécanique 1
- 5 Rax, Mécanique analytique

Manipulations, ressources

- (1) <https://documents.epfl.ch/groups/l/la/lastro-unit/www/PhysGenI/cours/physmathf14large.pdf> pour labatté de baseball
- (2) <http://ballu-simon-carrez.e-monsite.com/pages/lp-yehudi.html>