

LP2: Lois de conservation en dynamique

Alexandre Fafin

24/05/18

Références

- [1] P. Brasselet. *Mécanique, PCSI-MPSI*. Presses universitaires de France, 2000.
- [2] J-P Faroux and J. Renault. *Mécanique 1, Cours et 162 exercices corrigés*. Dunod, 2014.
- [3] Hecht. *Physique 1. Mécanique*. de boeck, 2006.
- [4] J.-Ph Pérez. *Mécanique : fondements et applications*. Dunod, 2014.

Niveau

L2

Pré-requis

- Mécanique du point et du solide
- Théorèmes généraux en mécanique

Objectifs

- Rappel et définition des différentes lois de conservation
- Importance et intérêt des lois de conservations

Table des matières

1	Les grandeurs conservées	2
1.1	Conservation de la quantité de mouvement	2
1.2	Conservation de l'énergie mécanique[1]	2
1.3	Conservation du moment cinétique	2
2	Collisions[1]	2
2.1	Position du problème	2
2.2	Lois de conservations[2]	2
2.3	Choc entre deux particules	3
3	Mouvement dans un champ de force centrale[4, 1]	3
3.1	Position du problème	3
3.2	Conservation du moment cinétique	3
3.3	Conservation de l'énergie	3

Introduction

Les équations de la dynamique donne lieu dans certains cas à des loi de conservations. Eventuellement citer les théorèmes de Noether.

1 Les grandeurs conservées

1.1 Conservation de la quantité de mouvement

Partons de la deuxième loi de Newton :

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum \vec{F} \quad (1)$$

On dit qu'un système est isolé quand il n'est soumis à aucune force extérieure ($\vec{F} = 0$). On dit qu'un système est pseudo-isolé quand la somme des forces extérieures auxquelles il est soumis est nulle et quand ces forces ont le même point d'application ($\sum \vec{F} = 0$). Dans ce cas :

$$\vec{p} = cte \quad (2)$$

Exemple de conservation : balle de pistolet [3]

1.2 Conservation de l'énergie mécanique[1]

Un ensemble de points matériels ou système est caractérisé par son énergie totale qui est la somme de plusieurs énergies, notamment de son énergie mécanique (énergie cinétique et énergie potentielle) et de son énergie interne. Un système est dit isolé s'il n'échange ni travail ni chaleur avec l'extérieur.

Principe de conservation : l'énergie totale d'un système isolé reste constante au cours du temps.

L'énergie cinétique E_c d'un système, dans un référentiel R est la somme des énergies cinétiques $E_{c,i}$ de chacun des points dans ce référentiel :

$$E_c = \sum_i E_{c,i} \quad (3)$$

Dans un référentiel galiléen :

$$\frac{dE}{dt} = P_{ext}(\vec{f}_{nonconserv}) + P_{int}(f_{noncons.}) \quad (4)$$

Exemple : calcul de l'énergie d'un pendule pesant ([2]). On obtient une intégrale première du mouvement

1.3 Conservation du moment cinétique

$$\vec{L}_O = \sum_i \vec{L}_{O,i} = \sum_i OA_i \wedge p_i \quad (5)$$

$$\frac{d\vec{L}_O}{dt} = \vec{M}_{O,ext} \quad (6)$$

Pour un système isolé $\vec{M}_{O,ext} = 0$.

Exemple du tabouret d'inertie[4]. Soit Oz l'axe de rotation du tabouret. On pose $\vec{\Omega} = \Omega \vec{e}_z$ le vecteur rotation du système (tabouret + expérimentateur) de moment d'inertie I_t et $\vec{\omega}$ le vecteur rotation de la roue de moment d'inertie I_r . La roue est mise en rotation selon une direction orthogonale à Oz puis on place son axe de rotation selon Oz . On observe que le tabouret se met à tourner et que le sens change lorsque l'on retourne la roue.

La conservation du moment cinétique donne

$$L_z = cte = I_r \omega_z + I_t \Omega_z \quad (7)$$

Avant d'avoir mis la roue à la verticale $\omega_z = 0$ et $\Omega_z = 0$. Une fois la roue suivant z on a ($cte = 0$) :

$$\Omega_z = -\frac{I_r}{I_t} \omega_z \quad (8)$$

2 Collisions[1]

2.1 Position du problème

Définition de la collision. On s'intéresse aux collisions entre deux points matériels. Absence d'interactions entre ces deux points en dehors du choc.

2.2 Lois de conservations[2]

Conservation de la quantité de mouvement. Oui mais problème on a 3 équations pour 6 inconnues (les deux vitesses après le choc). On fait

l'hypothèse du choc élastique : la collision n'entraîne pas de changement de niveaux énergétique des particules. Dans cette hypothèse l'énergie cinétique est conservée au cours d'un choc élastique. Sinon choc mou.

2.3 Choc entre deux particules

Résoudre dans le cas général puis simplifier dans le cas où un des mobiles est au repos.

Manip : Table à coussin d'air. Choc entre deux mobiles dont un est au repos.

3 Mouvement dans un champ de force centrale[4, 1]

3.1 Position du problème

- On peut traiter plusieurs types de force (interaction coulombienne, gravitationnelle par exemple) mais on se limitera ici à l'interaction gravitationnelle.
- On traite une planète en mouvement autour d'un astre supposé fixe

3.2 Conservation du moment cinétique

La conservation du moment cinétique implique la planéité de la trajectoire. On retrouve la loi des aires.

3.3 Conservation de l'énergie

Introduction de l'énergie potentielle effective. Discussion des types de trajectoires en fonction de l'énergie E .

Conclusion

Résumé des idées fortes. Importance des lois de conservation en physique. Par exemple la désintégration ne semblait pas respecter les lois de conservation de l'énergie (en 1930). Cela a permis de postuler l'existence d'une nouvelle particule de charge électrique neutre qui a été nommée neutrino (petit du neutron en italien). Le neutrino est finalement découvert en 1956 !