LP n°5 : Lois de conservation en dynamique

Fanny Jospitre

9/05/2017

Niveau

L1

Prérequis

- Mécanique du point et théorème généraux associés
- Lois de Newton
- Force centrale
- Solide en rotation autour d'un axe fixe

Objectifs

- Présenter les grandeurs qui se conservent
- Montrer l'interet de l'utilisation des lois de conservation

Intro

Pour décrire l'état d'un système nous faisons appel à des grandeurs mécaniques telles que l'énergie, le moment cinétique et la quantité de mouvement. Nous avons vus dans les chapitres précédents comment à partir des lois de Newton et de la notion de force décrire la dynamique ie le mouvement et l'évolution du système au cours du temps.

Aujourdhui nous allons introduire une autre manière de décrire les systèmes basée sur les lois de conservation reliées à trois principes d'invariance que l'on explicitera au cours de la leçon.

A Les grandeurs mécaniques conservées

Citer la contribution d'Emmy Noether mathématicienne du siècle dernier, et le théorème éponyme.

A.1 Conservation de la quantité de mouvement

En partant du PFD pour un syst matériel en référentiel galiléen, on montre que $\overrightarrow{p} = \overrightarrow{csté}$si le système est isolé ie en mouvement rectiligne uniforme. La conservation de p se traduit par une invariance par translation dans l'espace.

A.2 Conservation du moment cinétique

En partant du TMC pour un système matériel en référentiel galiléen, on montre que $\overrightarrow{L} = \overrightarrow{cste}$si le système est isolé ou si on est dans le cas de force centrale.

La conservation de L se traduit par l'isotropie de l'espace.

A.3 Conservation de l'énergie mécanique

On se base sur la démo du TEC en référentiel galiléen qui est une conséquence du PFD, on montre alors que $\Delta Em = cste$si pas de force non conservatives

La conservation de Em se traduit par l'uniformité du temps.

B Exemples de conservation du très grand au très petit

Le choix des exemples est libre tant les exemples sont variés

B.1 Distance minimale d'approche d'un astéroide

On exploite la conservation de E et de L à échelle astro.

Le système est A l'astéroide, on suppose la Terre fixe et sphérique.

Avant d'entrer dans le champ de gravitation terrestre A est en mouvement rectiligne uniforme. Il n'est soumis à aucune interaction.

$E_{mi} = E_{ci}$ écrire de meme Loi

Une fois dans le champ gravitationnel terreste A est soumis à F la force d'interaction gravitationnelle

$E_{mf} = E_{cf} + E_p$écrire de meme Lof

Comme F est conservative Em et L se conservent, écrire l'égalité correspondante. On en déduit ainsi d la distance minimale d'approche

La collision de A avec la Terre est évitée si $d \geq R_T$où Rt est le rayon terrestre, on obtient ainsi une expression de la vitesse minimale d'approche du satellite que l'on peut estimer (moyennant l'estimation du paramètre d'impact b)

B.2 Patinage artistique

Exemple détaillé dans [2]

On se place à l'échelle humaine pour exploiter la conservation de L

L'artiste toune autour d'un axe vertical les bras écartés, il est ainsi soumis à son poids

On se demande ce qui se passe lorsque l'artiste ramène ses bras le long de son corps.

On montre qu'il triple ainsi sa vitessse.

MANIP : tabouret d'inertie

B.3 Collision élastique entre particules

Lorsque la loi d'interaction entre deux particules n'est pas bien connue il est souvent interessatn de considérer le problème comme une collision.

Lors d'une collision élastique entre deux particules notées 1 et 2(initialement au repos) on peut écrire la conservation de $\overrightarrow{p_{totale}} = \overrightarrow{p_1} + \overrightarrow{p_2}$ et celle de Ec

L'idée ici est de montrer qu'après choc, les deux particules s'éloignent telles que leur trajectoire (et donc p) forment un angle droit : comme lorsque l'on joue au billard.

MANIP : table à coussin d'air

La conservation de p et E permet ainsi de prédire des résultats généraux indépendamment de la nature des forces et de la structure micro des particules.

Conclusion

Pas de remise en cause de ces lois, caractère universel. Ces lois fournissent des méthodes d'analyse plus somple que celles qui consistent à résoudre les equa diff auxquelles on aboutit quand on utilise le PFD.

Bibliographie

[1] Tec et Doc PCSI

[2] Perez Mecanique

[3] HECHT Physique