Lois de conservation en dynamique

Slim

21 mars 2025

Résumé

A améliorer :
- réduire le temps sur l'énergie
- Définir $\vec{L}$
- Faire de plus grands schémas
- Gérer l'espace des tableaux

1 Introduction

En plus du Principe Fondamental de la Physique (2ème loi de Newton), certaines grandeurs conservées donnent des relation supplémentaires pour résoudre un problème.

2 Prérequis

Mécanique du point (PFD, TMC, TEC)
- Systèmes de coordonnées
- Gravitation : lois de Newton et de Kepler
- Mécanique lagrangienne : équation d'Euler-Lagrange et covariance

3 Déroulement de la leçon

- Présentation du théorème de Noether pour introduire les 3 conservations attendues.
- Conservation de l'énergie mécanique. Il y a conservation si les forces sont conservatives ou de travail nul. Introduction de la notion de potentiel et d'énergie potentiel avec des exemples pour d'autre forces que la gravitation.

  Démontrer que cela découle de l'homogénéité du temps
- Expérience du pendule. On montre que l'on peut traiter le problème autrement qu'avec des forces. Une grandeur est conservée entre deux états. Il n'est donc pas nécessaire de connaître l'état en tout point pour connaître l'état en un point donné.
- Conservation de la quantité de mouvement $\vec{p}$ que l'on déduit du PFD avec sommes des forces nulles. Exemple avec le choc de deux particules. On réduit le nombre d'équation sans pour autant pouvoir déterminer la position de chaque corps après le choc. On connaît par contre la trajectoire du centre de masse.

  Démontrer que cela découle de l'invariance par translation ; ie homogénéité de l'espace
- Conservation du moment cinétique. Il y a conservation sur la sommes des moments extérieurs est nulle. Exemples avec la roue de vélo sur une plateforme tournante. Application au cas de forces centrales. Lien avec les loi de Kepler et la loi des conservation des aires.

  Démontrer que cela découle de l'invariance par rotation ; ie isotropie de l'espace
- Problème à deux corps. Kepler considère le Soleil immobile. Pour résoudre le problème réel, le PFD ne suffit pas et il faut utiliser les lois de conservation
  - Le centre de masse est à vitesse constante, c'est donc un référentiel Galiléen R^*
  - Exprimer le PFD dans R^* de M_1 et M_2 et en divisant on obtient l'équation du mouvement relatif. On introduit le corps fictif de masse réduite. On a un mouvement plan et le moment cinétique de la masse fictive est conservé.

— On résout l'équation pour le mouvement relatif et on déduit que les mouvements de chaque corps sont des homothéties du mouvement du barycentre. $\overrightarrow{GM_2} = \frac{m_1}{m_1+m2}\overrightarrow{GM}$ et1$\overrightarrow{GM_2} = -\frac{m_2}{m_1+m2}\overrightarrow{GM}$

— le mouvement du centre barycentre et un mouvement uniforme qui dépend des conditions initiales.

Bilan On a utilisé la conservation de la quantité de mouvement pour ce centre de masse On passe de 6 variables à 3 variables. L'invariance par rotation nous donne la conservation du moment cinétique on passe de 3 à 1 variable La conservation de l'énergie nous permet d'avoir la dernière équation sur r

4 Développements mathématiques

Voir notes manuscrites

5 Expériences

5.1 Pendule

Matériel

— module angle

— carte acquisition

— latice Pro

— balance

Calibrer le module angle et tester Vérifier que le signal est symétrique pour avoir une énergie potentielle cohérente. Ne pas négliger l'énergie potentiel de la tige. On peut négliger le moment d'inertie de la masse. La tige est considérée comme un fil pesant.

$E_{cin} = \frac{1}{2}J\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}m(l\dot{\theta})^2$ avec $J = \frac{1}{3}M_{tige}L^2$ et $E_{pot} = (1 - cos\theta)(mgl_{masse} + \frac{1}{2}m_{tige}gl_{tige})$

5.2 Roue de vélo

Matériel

— Roue de vélo avec 2 poignées

— Plateau tournant

Faire tourner la roue et monter sur le plateau en tenant l'axe des poignées verticales ; on tourne dans un sens à déterminer. Renverser l'axe de la roue pour le mettre vertical dans l'autre sens ; on tourne dans l'autre sens. Le moment cinétique de la roue et du corps tournant est conservé.

6 Commentaires

L'origine des lois de conservation se démontre par le théorème de Noether. Pour que les lois de la physique restent invariantes, il faut que le temps soit uniforme, l'espace homogène et isotrope. De là découlent les 3 conservations.

7 Conclusion

Nous avons vu qu'il existe un lien intime entre invariance et quantité conservé. Les lois de conservation découlent ainsi d'une invariance propre du système. Tout ceci est formalisé dans le formalisme Lagrangien et est explicité par le fabuleux théorème de Noether. Nous soulignons que l'utilisation de quantités conservées est essentielle en physique puisqu'elle permet de restreindre le nombre de degrés de liberté à prendre en compte.

8 Questions

— Qu'entendez-vous par espace isotrope ?
  Même propriétés dans toute les direction
— Qu'entendez-vous par espace homogène ?
  Dont tous les éléments sont de même nature.
— De quelle façon peut-on traiter des systèmes non conservatifs en les rendant conservatifs ?
  Réponse leo : Si il est possible de négliger les frottements. Ou en prenant en compte la conservation de l'énergie totale, et pas seulement de l'énergie mécanique.
— Pourquoi avoir proposé le vecteur de Runge-Lenz, quelle est son utilité en mécanique quantique (cf Aslangul) ?
  Il montre que les énergies entre niveaux de l'atome d'hydrogène ne dépendent que de n, et pas de m et de l.
— Connaissez-vous d'autres lois de conservation ailleurs qu'en mécanique ?
  Conservation de la charge, flux thermique.

9 Biblio

Leçon Gey
Leçon Marchetti
Cours chocs à 2 corps
Problème à 2 corps et exoplanète