

Lois de conservation en dynamique

June 7, 2025

Référence

Expérience :

Livre :

- Physique PC/PC* Tout-en-un, Dunod, 2022
- Mécanique, Pérez

Prérequis :

- Blop

Niveau : CPGE

Introduction

Loi de conservation = constance d'une grandeur au cours de l'évolution du système

1 Conservation de la quantité de mouvement

1.1 Principe fondamental de la dynamique

Principe fondamental de la dynamique pour une masse ponctuelle m dans un référentiel galiléen:

$$m \frac{d\vec{v}(M)}{dt} = \sum_i \vec{F}_i \Leftrightarrow \frac{d(m\vec{v}(M))}{dt} = \sum_i \vec{F}_i \Leftrightarrow \frac{d\vec{p}(M)}{dt} = \sum_i \vec{F}_i$$

Pour un système isolé ou pseudo-isolé, on obtient que $\frac{d\vec{p}(M)}{dt} = \vec{0}$

On a donc conservation de la quantité de mouvement.

1.2 Mobiles auto-porteurs

Illustration expérimentale de la conservation de la quantité de mouvement

2 Conservation de l'énergie mécanique

2.1 Théorème de l'énergie mécanique

PFD :

$$m \frac{d\vec{v}(M)}{dt} = \sum_i \vec{F}_i$$

En multipliant par \vec{v} , on obtient :

$$m \frac{d\vec{v}(M)}{dt} \cdot \vec{v} = \sum_i \vec{F}_i \cdot \vec{v} \Leftrightarrow \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} m v^2 \right) = \sum_i \vec{P}(\vec{F}_i) \Leftrightarrow \frac{dE_c}{dt} = \sum_i \vec{P}(\vec{F}_i)$$

2.2 Théorème de Bernoulli

Démonstration par le théorème de l'énergie mécanique

Théorème de Bernoulli pour un écoulement parfait, incompressible, stationnaire d'un fluide homogène évoluant dans le champ de pesanteur le long d'une ligne de champ :

$$\frac{v^2}{2} + \frac{P}{\rho} + gz = cste$$

2.3 Sonde Pitot

Faire le schéma Manip expérimental Expliquer comment fonctionne un anémomètre à fil chaud
Faire les calculs théoriques pour remonter à la vitesse de l'écoulement.

3 Conservation du moment cinétique

3.1 Théorème du moment cinétique

Théorème du moment cinétique appliqué en O :

$$\frac{d\vec{L}_O}{dt} = \sum_i \vec{M}_O(\vec{F}_i)$$

3.2 Lois de Kepler

Soit le référentiel géocentrique R supposé galiléen. On considère le point M de masse m à une distance $r > R_T$ soumis au champ de gravitation terrestre. Le bilan des forces appliquées à M est :

$$\vec{F}_{grav} = -G \frac{m M_T}{r^2} \vec{e}_r$$

Application du théorème du moment cinétique :

$$\frac{d\vec{L}_O}{dt} = \vec{M}_O(\vec{F}_{grav}) = \vec{OM} \wedge \vec{F}_{grav} = \vec{0} \text{ car colinéaire}$$

Donc $\vec{L}_O = \text{cste}$ Or par définition, $\vec{L}_O = m \vec{OM} \wedge \vec{v}$ et comme O est fixe dans R, M évolue dans le plan contenant \vec{OM} et perpendiculaire à \vec{L}_O (1ère loi de Kepler)

On peut donc se placer dans un repère polaire avec \vec{L}_O colinéaire à \vec{e}_z dans lequel \vec{v} vaut $\dot{r}\vec{e}_r + r\dot{\theta}\vec{e}_\theta + 0\vec{e}_z$

Ainsi $\vec{L}_O = m \vec{OM} \wedge \vec{v} = mr^2 \dot{\theta} \vec{e}_z = \text{cste} \Leftrightarrow r^2 \dot{\theta} = C$ où C est une constante (2ème loi de Kepler)

3.3 Tabouret d'inertie

Expérience qualitative mais pas sûr qu'il y a le temps

Expérience quantitative

Objectif de l'expérience

Montrer la conservation de l'énergie et de l'impulsion pour les mobiles autoporteurs

Matériels

- Table pour mobiles autoporteurs
- Mobiles autoporteurs + alimentation + accessoires
- Caméra
- Potence + noix + tiges à trou
- Balance
- Règle
- Niveau à bulles

Protocole

Équilibrer la table avec le niveau à bulles. Installer la caméra pour avoir un champ de vision du mouvement au centre de la caméra. Mettre la règle sur la table pour avoir un étalon de distance. Lancer l'acquisition vidéo sur VirtualDub. Lancer les mobiles l'un vers l'autre avec assez d'énergie pour négliger les frottements. Analyser les vidéos sur Tracker + analyse de données sur QtiPlot.

Précautions expérimentales

Les frottements peuvent être importants donc bien lancer les mobiles. Faire attention au parallaxe de la caméra.