

R 2

Principe fondamental de la dynamique



On considère un système ponctuel $M(m)$.

2.1 Masse et quantité de mouvement



— Masse —

La masse inerte, notée $M.I$, est un scalaire positif traduisant la répugnance d'un corps au mouvement. C'est une grandeur extensive. On identifie masse inerte et masse gravitationnelle (Grâce aux travaux d'Albert Einstein).



— Quantité de mouvement —

Soit M un point matériel de masse m (inerte), observé dans un référentiel \mathcal{R} . La quantité de mouvement de M dans \mathcal{R} est définie comme le produit de sa masse par son vecteur vitesse dans \mathcal{R} .

$$\vec{p}_{(M)/\mathcal{R}} = m \vec{v}_{(M)/\mathcal{R}}$$

2.2 Interactions et forces



— Interaction —

On dit que deux systèmes sont en interaction quand une modification sur l'un entraîne une modification sur l'autre.

On distingue 4 forces fondamentales :

- **nucléaire forte** : cette interaction est une interaction de courte portée qui assure la cohésion du noyau.
- **interaction nucléaire faible** : cette interaction est une interaction de très courte portée. Elle apparaît dans la désintégration β .
- **électromagnétique** : la matière est électriquement neutre, et cette électroneutralité résulte d'une fine compensation entre les charges positives et négatives. L'interaction électromagnétique est responsable des phénomènes atomique et moléculaire.
- **interaction gravitationnelle** : cette interaction est responsable du comportement des planètes et des galaxies. Elle est due à une interaction entre masses gravitationnelles.

2.3 Forces

2.3.1 Force électromagnétique

Soit M un point matériel, de masse m et de charge q , observé dans un référentiel galiléen \mathcal{R}_1 et plongé dans la zone d'action d'un champ électrique (\vec{E}, \vec{B}) , où \vec{E} est un champ électrique et \vec{B} est un champ magnétique.

M est soumis dans \mathcal{R}_1 à la force de Lorentz :

$$\vec{F}_{Lz} = q \vec{E} + q (\vec{v}_{(M)/\mathcal{R}_1} \wedge \vec{B})$$

Si M est au repos dans \mathcal{R}_1 :

$$\vec{F}_{Lz} = q \vec{E}$$

Si le champ électrique est créé par une charge ponctuelle q' immobile dans \mathcal{R}_1 , alors on obtient la loi de Coulomb :

$$\vec{F}_{Lz} = q \vec{E} = \frac{q q'}{4 \pi \epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$$

2.3.2 Force gravitationnelle

Soient M_1 de masse m_1 et M_2 de masse m_2 deux points matériels observés dans le référentiel \mathcal{R}_1 galiléen. L'interaction entre M_1 et M_2 dans le cadre de la mécanique classique est décrite par la force :

$$\overrightarrow{F_{1 \rightarrow 2}} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \overrightarrow{e_r} = -\overrightarrow{F_{2 \rightarrow 1}}$$

Ceci constitue la quatrième loi de Newton .

2.3.3 Force de contact

À l'opposé des forces précédentes, qui sont des forces à distance, les forces de contact ne s'appuient que sur l'expérience, elle ne répondent pas à des fondements théoriques (lois phénoménologiques).

- force de frottement fluide : $\overrightarrow{f} = -\alpha \overrightarrow{v_{(M)}/\mathcal{R}}$
- force de frottement solide : $\overrightarrow{R} = \overrightarrow{N} + \overrightarrow{T}$ avec $T \leq f N$.

2.4 Principe fondamental de la dynamique

2.4.1 Référentiel galiléen



— Référentiel galiléen —

On dit d'un référentiel \mathcal{R}_1 qu'il est galiléen si, quand M est isolé, il vérifie la première loi de Newton (le principe d'inertie) :

$$\left(\frac{d\overrightarrow{p_{(M)}/\mathcal{R}_1}}{dt} \right)_{/\mathcal{R}_1} = \overrightarrow{0}$$

En réalité, on détermine si un référentiel est galiléen par l'expérience, en vérifiant qu'il vérifie les lois de Newton.

Un référentiel galiléen vérifie les propriétés suivantes :

- La quantité de mouvement de M est constante dans \mathcal{R}_1 quand M est isolé :

$$\overrightarrow{p_{(M)}/\mathcal{R}_1} = m \overrightarrow{v_{(M)}/\mathcal{R}_1}$$

- Tout référentiel en translation rectiligne uniforme par rapport à un référentiel galiléen est un référentiel galiléen.

2.4.2 Énoncé du principe fondamental de la dynamique

Soit M (m) un point matériel observé dans un référentiel \mathcal{R}_1 galiléen, et soumis à la résultante des forces $\overrightarrow{R_{\text{ext}}} = \sum \overrightarrow{F_{\text{ext}}}$, somme des forces extérieures à M .

Le principe fondamental de la dynamique postule que :

$$\sum \overrightarrow{F_{\text{ext}}} = m \overrightarrow{a_{(M)}/\mathcal{R}_1}$$

Ce principe est aussi connu sous le nom de seconde loi de Newton.

2.4.3 Conséquences

Ce principe entraîne, entre autres, les conséquences suivantes :

- Invariance galiléenne : le bilan des forces extérieures est le même dans tout référentiel galiléen.
- Principe d'équivalence : on obtient l'équivalence entre la masse inerte et la masse gravitationnelle.