Programme à maîtriser - Chapitre 2

Dynamique du point matériel

A. Éléments cinétiques du point matériel

- Système fermé et ouvert.
- Quantité de mouvement d'un point matériel et d'un ensemble de points.
- Barycentre des masses.

B. Lois de Newton

- Caractéristiques d'une force et son unité.
- Additivité des forces. Forces indépendantes du référentiel.
- Système isolé et pseudo-isolé.
- 1ère loi de Newton et référentiels galiléens. Mouvement relatif des référentiels galiléens.
- 2ème loi de Newton et ses conditions d'application. Déterminisme.
- 3ème loi de Newton.

• *Première loi : principe d'inertie*

Il existe une classe de référentiels, appelés référentiels galiléens par rapport auxquels un point matériel *isolé* est en mouvement rectiligne uniforme.

• *Deuxième loi : relation fondamentale de la dynamique*

Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces appliquées à un point M de masse m et son accélération sont liées par :

$$F_{\mathscr{E}\to \mathrm{M}} = \frac{\mathrm{d}\vec{p}(M)}{\mathrm{d}t} = m\vec{a}(M).$$

• *Troisième loi : principe des actions réciproques*

Les forces d'interaction exercées par deux *points matériels* M_1 et M_2 l'un sur l'autre sont opposées et colinéaires à l'axe (M_1M_2).

I. Éléments cinétiques du point matériel

1. Rappels du chapitre 1 et compléments

- Un référentiel est un solide auquel on associe une origine de l'espace et des axes pour le décrire ainsi qu'une horloge pour définir le temps.

- Le solide étudié est un système noté Σ. On l'assimile dans ce cours à un point matériel M de volume nul et repéré par ses coordonnées. Il possède une masse m.
  Un système peut être :

→ { m ; M (point dans l'espace) }

Système { Fermé : s'il n'échange pas de matière avec le monde extérieur ; Ouvert : s'il en échange.

- Postulat : la masse d'un système fermé est constante

Remarque : on néglige les aspects non mécaniques (thermiques, chimiques, etc).

2. Quantité de mouvements

La quantité de mouvements d'un système Σ assimilé à un point matériel M de masse m est défini dans le référentiel (R) par :

$$\boxed{p_\Sigma = m\vec{v}_M \quad \text{en } kg \cdot m^{-1}}$$

(p_Σ dépend du référentiel)

3. Barycentre

○ Le barycentre / centre d'interie / centre de masse d'un système Σ est le point G défini par :

$$\overrightarrow{OG} = \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i \overrightarrow{OM_i}}{M_{tot}} \quad \text{avec } M_{tot} = \sum_{i=1}^{N} m_i \text{ pour tout point } O$$

En particulier, pour $O = G$, $\vec{0} = \sum_i m_i \overrightarrow{OM_i}$

○ Propriétés :

* le barycentre d'un point materiel est lui-même

* si $\underset{M_1+M_2,\,G}{\Sigma} = \underset{M_1,\,G_1}{\Sigma_1} \cup \underset{M_2,\,G_2}{\Sigma_2}$: $\boxed{\overrightarrow{OG} = \dfrac{M_1\overrightarrow{OG_1} + M_2\overrightarrow{OG_2}}{M_1 + M_2}}$

* G appartient aux éléments de symétrie de Σ.

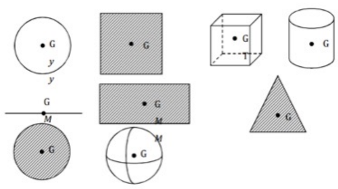


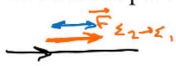
FIGURE 2.2 – Barycentres usuels de systèmes homogènes

II. Lois de Newton

1. Forces

Considérons deux systèmes Σ_1 et Σ_2 exerçant l'un sur l'autre une action mécanique.
Le vecteur force $\vec{F}_{\Sigma_2 \to \Sigma_1}$ modélise l'action mécanique exercée par Σ_2 sur Σ_1.

Si Σ_1 est un point M, cette force possède trois caractéristiques :



- une direction, celle de la droite d'action.
- un sens, celui du sens de l'action.
- une norme (valeur, intensité), traduisant l'intensité de l'action, en Newton de symbole $N = kg.m.s^{-2}$

○ Additivité vectorielle des forces

Le système $\Sigma_3 \cup \Sigma_2$ exerce sur Σ_1 la force

$$\vec{F}_{(\Sigma_3 \cup \Sigma_2) \to \Sigma_1} = \vec{F}_{\Sigma_3 \to \Sigma_1} + \vec{F}_{\Sigma_2 \to \Sigma_1}$$

○ En mécanique classique, les forces ne dépendent pas du référentiel.

Σ est dit pseudo-isolé, si la résultante de forces qu'il subit est nulle.
Σ est dit isolé, s'il ne subit aucune de force

2. Première loi de Newton et référentiels galiléens

○ Première loi de Newton / Principe d'inertie

On suppose l'existence de référentiels, dits galiléens, dans lesquels la quantité de mouvement d'un système fermé et isolé est constante

ex : si $\vec{p} = \vec{0}$. le système est au repos.

○ Conséquences

- Dans un référentiel galiléen, un point matériel isolé possède un mouvement rectiligne uniforme.

- Tous les référentiels galiléens sont en translation rectiligne uniforme les uns par rapport aux autres. 平移

Exemple : pour des expériences "courtes" au laboratoire, le référentiel terrestre peut être considéré galiléen.

3. Deuxième loi de Newton (PFD).

PFD : principe fondamental de la dynamique

* Dans un référentiel (R) galiléen, pour un système fermé, modélisé par un point matériel M, la dérivée par rapport au temps du vecteur quantité de mouvement est égale à la somme des forces exterieures qui s'exercent sur M.

$$\boxed{\left(\frac{d\,\vec{p}_m}{dt}\right)_{(R)} = \sum_i \vec{F}_{i,\,ext \to M}}$$

Remarques : autre forme de PFD :

$$\left(\frac{d\vec{p}_m}{dt}\right)_{(R)} = m\left(\frac{d\vec{v}_m}{dt}\right)_{(R)} \quad \text{car le system fermé}$$

$$= m\vec{a}_m = \sum_i \vec{F}_i$$

Soit un système fermé, modélisé par un point matériel M de masse m.

Dans un référentiel (R), si les forces qui s'appliquent sur M sont connues, et que la position et la vitesse de M sont connues à un instant initial t_0, le PFD permet alors de tout connaître, à chaque instant, sur le mouvement de M.

Les forces et les conditions initiales ne donnent qu'une seule et unique évolution possible pour M.

La mécanique classique est déterministe

4. Troisième loi de Newton

(Principe des actions réciproques)

Considérons deux systèmes en interaction mutuelle et avec le monde extérieur, et modélisé par les points matérials M_1 et M_2. Alors

$$\boxed{\vec{F}_{M_2 \to M_1} = - \vec{F}_{M_1 \to M_2}}$$