

## Introduction

Le mouvement d'un corps est directement influencé par les forces qui s'exercent sur lui. L'étude de ces forces et de leurs effets constitue le domaine de la dynamique, une branche fondamentale de la mécanique classique. Contrairement à la cinématique, qui se limite à décrire le mouvement (trajectoire, vitesse, accélération), la dynamique vise à en expliquer les causes, telles que :

- L'accélération d'un corps,
- Son ralentissement,
- Ou encore les changements de direction de sa trajectoire.

L'un des fondements de cette étude réside dans les lois de Newton, énoncées pour la première fois au XVII<sup>e</sup> siècle.

## I. Les lois de Newton (1687)

Les bases de la dynamique reposent sur trois lois fondamentales, formulées par *Isaac Newton* en 1687 dans son ouvrage majeur *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. Ces lois permettent de comprendre et de modéliser les comportements mécaniques de nombreux systèmes physiques dans des conditions classiques (vitesses faibles par rapport à celle de la lumière, objets de taille macroscopique, etc.).

### I.1. Quantité de mouvement (ou "momentum")

La quantité de mouvement d'un point matériel  $M$ , de masse  $m$  et de vitesse  $\vec{V}$ , est définie par :

$$\vec{P} = m \cdot \vec{V}$$

- **Unité (SI)** : kilogramme mètre par seconde ( $\text{Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )
- **Nature vectorielle** : elle possède une direction, un sens et une norme.

La quantité de mouvement est une grandeur essentielle dans la dynamique, car elle relie directement la masse d'un corps à sa vitesse.

### I.2. Référentiels galiléens

Les lois de Newton ne s'appliquent que dans des référentiels dits galiléens, c'est-à-dire des repères où un objet non soumis à une force extérieure demeure au repos ou poursuit un mouvement rectiligne uniforme.

### Définition d'un référentiel galiléen

Un référentiel est dit galiléen s'il est en *translation rectiligne uniforme* par rapport à un autre référentiel galiléen. En pratique, trois référentiels (*Figure 1*) sont couramment utilisés :

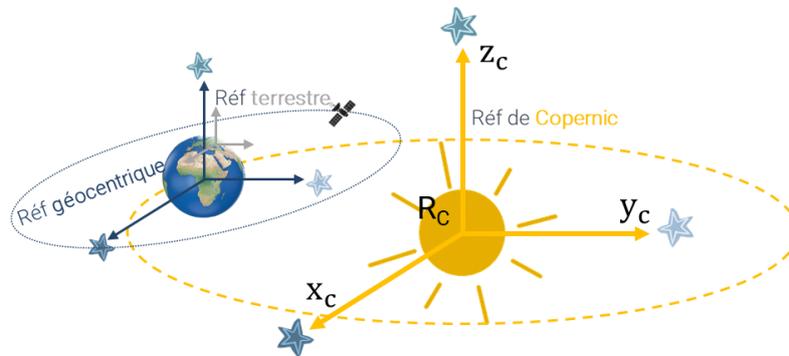


Figure 1 : Représentation des référentiels de Copernic, géocentrique et terrestre.

- Référentiel de Copernic ( $R_C$ ) : centré sur le Soleil, avec des axes pointant vers des étoiles lointaines supposées fixes. Approximativement galiléen à l'échelle du système solaire.
- Référentiel géocentrique : centré sur la Terre, avec des axes parallèles à ceux du  $R_C$ . Utilisé pour l'étude des mouvements orbitaux.
- Référentiel terrestre : lié à la Terre. Il est en rotation uniforme par rapport au référentiel géocentrique et est considéré comme *quasi galiléen* pour les phénomènes usuels.

**Remarque** : En réalité, aucun référentiel parfaitement galiléen n'existe. On se contente d'approximations valides dans des contextes bien définis.

### I.3. Première loi de Newton – Principe d'inertie

**Énoncé** :

Dans un référentiel galiléen, tout corps isolé conserve son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme, tant qu'aucune force extérieure ne modifie cet état.

Formulation mathématique :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0} \quad \Rightarrow \quad \vec{\gamma} = \vec{0} \quad \Rightarrow \quad \vec{V} = \vec{V}_0 = \text{Constante}$$

Deux cas particuliers :

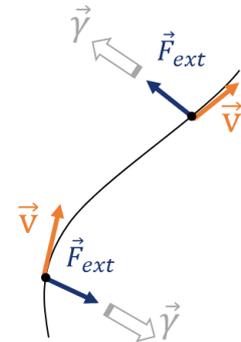
- Si  $\vec{V}_0 = \vec{0}$ , le corps reste au repos.
- Si  $\vec{V}_0 \neq \vec{0}$ , le corps poursuit un mouvement rectiligne uniforme.

Cette loi introduit la notion fondamentale d'*inertie* : en l'absence de force résultante, un corps tend à conserver son état de mouvement.

#### I.4. Deuxième loi de Newton – Principe fondamental de la dynamique (PFD)

##### Énoncé :

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures exercées sur un point matériel est égale au produit de sa masse par son accélération :



Formulation vectorielle générale :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

Puisque  $\vec{P} = m \cdot \vec{V}$ , et si  $m$  est constant :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \frac{d\vec{V}}{dt} = m \cdot \vec{\gamma}$$

- **Unité (SI)** de la force : Newton (N)  
(1 N = 1 Kg. m. s<sup>-2</sup>)

##### Interprétation

La deuxième loi de Newton relie directement la force résultante agissant sur un corps à la variation de sa vitesse (accélération).

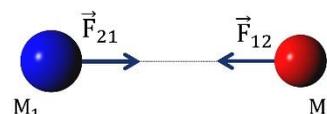
Elle permet de résoudre la majorité des problèmes de dynamique, notamment lorsque plusieurs forces s'exercent en même temps sur un objet, mais son application n'est valide que dans *un référentiel galiléen*.

#### I.5. Troisième loi de Newton – Principe d'action et de réaction

##### Énoncé :

Si deux corps  $M_1$  et  $M_2$  interagissent uniquement entre eux, alors la force exercée par  $M_1$  sur  $M_2$  ( $\vec{F}_{12}$ ) est opposée à celle exercée par  $M_2$  sur  $M_1$  ( $\vec{F}_{21}$ ) :

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$



Ces deux forces, appelées forces d'action et de réaction, possèdent des caractéristiques bien définies :

- Même intensité
- Même direction (support commun)
- Sens opposés
- Points d'application différents

Cette relation reflète une symétrie essentielle des interactions entre les corps, telle qu'énoncée par le troisième principe de Newton : lorsqu'un corps exerce une force sur un autre, celui-ci réagit instantanément en exerçant une force de même intensité, mais de sens opposé.

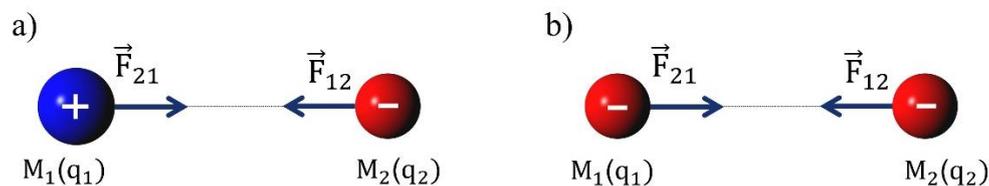


Figure 2 : Symétrie fondamentale des interactions entre corps : (a) interaction attractive et (b) interaction répulsive.

Ces interactions peuvent être de nature attractive, lorsque deux corps s'attirent mutuellement (*Figure 2 (a)*) ou de nature répulsive, lorsqu'ils se repoussent, par exemple entre deux charges électriques de même signe (voir *Figure 2 (b)*).

### Conclusion

Les lois de Newton constituent les fondements théoriques essentiels de la dynamique newtonienne, permettant de décrire et de prévoir avec rigueur l'évolution du mouvement des corps dans l'univers classique. Leur application rigoureuse nécessite de formuler le problème dans un référentiel galiléen, d'identifier et de modéliser de manière exhaustive l'ensemble des forces agissant sur le système étudié, puis de résoudre les équations vectorielles résultant de la seconde loi de Newton.