

# Quantité de mouvement et lois de Newton

## Sommaire

Historique. -----	2
-I- La quantité de mouvement. -----	2
1. Le vecteur quantité de mouvement. -----	2
2. Conservation de la quantité de mouvement. -----	2
-II- Référentiel galiléen. -----	2
-III- Lois de Newton. -----	2
1. Première loi de Newton : Principe d'inertie. -----	2
2. Deuxième loi de Newton : Principe (ou relation) fondamentale de la dynamique. -----	3
3. Troisième loi de Newton : principe des actions réciproques. -----	3
-IV- Mouvement dans le champ de pesanteur uniforme. -----	3
-V- Mouvement dans le champ électrique uniforme. -----	3

### Notions et contenus :

- Référentiel galiléen.
- Lois de Newton : principe d'inertie,  $\Sigma \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$  et principe des actions réciproques.
- Conservation de la quantité de mouvement d'un système isolé.

### Compétences attendues :

- Définir la quantité de mouvement  $\vec{p}$  d'un point matériel.
- Connaître et exploiter les trois lois de Newton ; les mettre en oeuvre pour étudier des mouvements dans des champs de pesanteur et électrostatique uniformes.
- Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour étudier un mouvement.
- Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour interpréter un mode de propulsion par réaction à l'aide d'un bilan qualitatif de quantité de mouvement.

# Quantité de mouvement et lois de Newton

## Historique.

En 1687 **Isaac Newton** (1642-1727, physicien anglais) pose les trois lois qui fondent la mécanique :

- 1<sup>ère</sup> loi de Newton : **Le principe d'inertie**, déjà approché par Galiléo Galilée.
- 2<sup>ème</sup> loi de Newton : **Principe (ou relation) fondamentale de la dynamique.**
- 3<sup>ème</sup> loi de Newton : **Principe des actions réciproques.**

Newton a bâti un ensemble de connaissances cohérentes qui permettent d'expliquer les mouvements des objets terrestres ou astronomiques.

Plus de deux siècles plus tard, en 1905, **Albert Einstein** (1879-1955, physicien allemand) par la théorie de la relativité (1917) complètera le travail de Newton.

**Galiléo Galilée** (1564-1642, physicien astronome italien) connue, entre autre, pour ses découvertes des satellites de Jupiter, des taches solaires, des phases de Vénus, la sphéricité de la Terre,...

## -I-La quantité de mouvement.

### 1. Le vecteur quantité de mouvement.

**Le vecteur quantité de mouvement  $\vec{p}$  d'un point matériel est égale au produit de sa masse (en kg) par son vecteur vitesse  $\vec{v}$  (m.s<sup>-1</sup>):**  $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$  en kg. m.s<sup>-1</sup>

#### Remarques:

- **Comme la vitesse, la quantité de mouvement dépend du référentiel**
- La quantité de mouvement d'un solide est la quantité de mouvement de son centre d'inertie G où serait concentrée la masse totale du solide:  $\vec{p} = M \cdot \vec{v}_G$

### 2. Conservation de la quantité de mouvement.

**Dans un référentiel galiléen, un système isolé (ou pseudo-isolé) a le vecteur quantité de mouvement constant:  $\vec{v}_G = \text{cste} \Rightarrow \vec{p} = \text{cste}$**

## -II- Référentiel galiléen.

**Référentiel galiléen: référentiel où les lois de Newton sont vérifiées (en particulier le principe d'inertie).**

**Exemples:** Pour ces différents mouvements, on considère les référentiels suivants comme galiléens:

- ✓ Référentiel terrestre (lié à la surface de la Terre) pour l'étude de mouvement de courte durée au voisinage de la Terre.
- ✓ Référentiel géocentrique (lié au centre de la Terre) pour l'étude du mouvement des satellites terrestres.
- ✓ Référentiel héliocentrique (lié au centre du soleil) pour l'étude du mouvement des planètes dans le système solaire.

## -III- Lois de Newton.

### 1. 1<sup>ère</sup> loi de Newton : Principe d'inertie.

#### Historique :

- Aristote (384-322 av. J.C., grec) : un solide a besoin d'une force pour se déplacer à une vitesse  $\vec{v}$ .
- Galilée : Le mouvement d'un solide peut se perpétuer en l'absence de force.
- Newton : Principe d'inertie.

[illustration](#)

**Enoncé du principe de l'inertie :**

- Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie  $G$  d'un solide isolé ou pseudo isolé (la somme des forces extérieures qui agissent sur un système est nulle) possède un mouvement rectiligne uniforme (le vecteur vitesse du centre d'inertie est constant).
- Réciproquement, dans un référentiel galiléen, si le centre d'inertie d'un solide possède un mouvement rectiligne uniforme, alors la somme des forces qui s'exercent sur ce solide est nulle.

$$\vec{V}_G \text{ est un vecteur constant } \Leftrightarrow \Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$$

**Remarques:**

- Un référentiel dans lequel le principe d'inertie est vérifié est dit **galiléen**.
- Le référentiel terrestre (pour une courte durée), le référentiel géocentrique et le référentiel héliocentrique sont considérés comme galiléens.

## 2. 2<sup>ème</sup> loi de Newton : Principe (ou relation) fondamentale de la dynamique.

**Enoncé du principe fondamental de la dynamique :**

Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un système ramené à un point matériel  $G$  est, à chaque instant, égale à la dérivée par rapport au temps de son

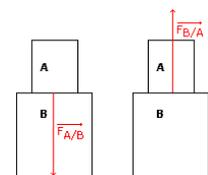
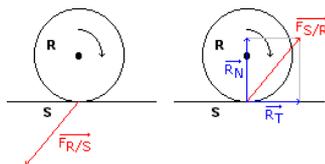
vecteur quantité de mouvement:  $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$

**Remarques:**

- La 2<sup>nd</sup> loi de Newton relie les causes du mouvement (les forces) à leurs conséquences.
- On retrouve par cette 2<sup>nd</sup> loi de Newton la 1<sup>ère</sup>.
- Dans le cas d'un point matériel  $G$  de masse constante  $m$ , on obtient:  $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{a}$

## 3. 3<sup>ème</sup> loi de Newton : principe des actions réciproques.

Lorsqu'un corps  $A$  exerce sur un corps  $B$  une force  $\vec{F}_{A/B}$ , alors le corps  $B$  exerce sur le corps  $A$  une force  $\vec{F}_{B/A}$  telle que:  $\vec{F}_{A/B} = - \vec{F}_{B/A} \Rightarrow \vec{F}_{A/B} + \vec{F}_{B/A} = \vec{0}$

**Exemples :**

$$\vec{F}_{A/B} = - \vec{F}_{B/A}$$

$$\vec{F}_{R/S} = - \vec{F}_{S/R} \text{ et } \vec{F}_{R/S} = \vec{R}_N + \vec{R}_T$$

- $\vec{R}_N$  s'oppose à l'enfoncement de la roue dans le sol.
- $\vec{R}_T$  provoque la progression.

Application à la propulsion par réaction.

## -IV- Mouvement dans le champ de pesanteur uniforme.

Le champ de pesanteur est considéré comme uniforme dans une région de l'espace lorsque sa direction, son sens et sa valeur sont les mêmes en tout point de cette région:  $\vec{g} = \text{cste}$

- Chute libre (verticale) sans vitesse initiale  $\Rightarrow$  Démo 1 (livre Nathan Sirius p190)
- Chute libre avec vitesse initiale  $\Rightarrow$  Démo 2 (livre Nathan Sirius p191)

## -V- Mouvement dans le champ électrique uniforme.

Démo 3 (livre Nathan Sirius p192)