

# Chapitre 6 : Principe d'inertie et quantité de mouvement

## Compétences à acquérir, exigibles au baccalauréat :

- Etudier l'évolution de la définition de la seconde.
- Choisir un référentiel d'étude.
- Décrire le mouvement d'un point au cours du temps.
- Définir et reconnaître un mouvement rectiligne uniforme.
- Connaître et exploiter le principe d'inertie.
- Définir la quantité de mouvement d'un point matériel.
- Etudier le mode de propulsion par réaction.



Livre p 163 à p 180 (chapitre 8)

⇒ Revoir les prérequis A et E p.158 et 159

⇒ Vidéo rappels de cours sur la cinématique : <https://www.youtube.com/watch?v=IM5hclQii7w> (14 min)

## I) Quels outils pour décrire le mouvement ?

### La cinématique

La **cinématique** est l'étude du mouvement indépendamment des causes du mouvement.

*Introduction :* Pour décrire un mouvement il faut définir le **système étudié**, et le **référentiel** qui est le solide de référence par rapport auquel on étudie le mouvement.

On y associe : - un repère d'espace  
- un repère temps

#### 1) Le vecteur position

Dans le repère  $(O; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$ , la position de G est donnée par :

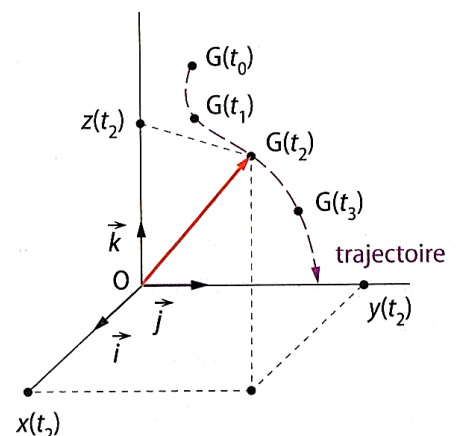
$$\vec{OG}(t) = x(t) \times \vec{i} + y(t) \times \vec{j} + z(t) \times \vec{k}$$

Les équations donnant  $x(t)$ ,  $y(t)$ , et  $z(t)$  sont appelées **équations horaires de la position**.

**La trajectoire :** l'ensemble des positions successives occupées par le point G au cours du temps.

*Remarque :* Si on travaille en 2 dimensions, l'équation cartésienne de la trajectoire est  $y = f(x)$

Vecteur position  $\vec{OG}(t_2)$  d'un point G à la date  $t_2$  dans le repère orthonormé  $(O; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$ .



## 2) Le vecteur moyenne

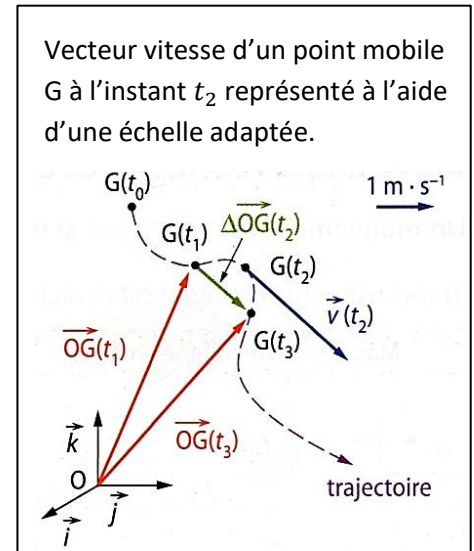
Le vecteur vitesse  $\vec{v}(t)$  d'un point mobile à un instant  $t$  est caractérisé par :

- Sa direction, la tangente à la trajectoire au point considéré ;
- Son sens, celui du mouvement à l'instant  $t$  ;
- Sa valeur  $v$ , qui s'exprime en  $m \cdot s^{-1}$

Vitesse instantanée lorsque  $\Delta t$  tend vers zéro, le rapport  $\frac{\Delta \vec{OG}}{\Delta t}$  est la dérivée du vecteur position  $\vec{OG}$  par rapport au temps à la date  $t_2$ .

Dans un référentiel donné à toute date  $t$ , le vecteur vitesse instantanée est la dérivée du vecteur position par rapport au temps, ce qui s'écrit :

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{OG}}{dt}$$



Application directe : exercice 5 p 174 : Calculer et représenter la vitesse

## II) Comment reconnaître un mouvement ?

Il existe des mouvements rectilignes (= la trajectoire est une droite) et circulaires (= la trajectoire est un cercle) et des mouvements uniformes (= la vitesse est constante) et non uniformes (= la vitesse varie au cours du mouvement).

Dans un référentiel donné, un système a un mouvement rectiligne uniforme si sa trajectoire est une droite et si son vecteur vitesse a toujours même direction, même sens et même valeur (= il est constant).



Application directe : exercice 4 p 174 : Définir et reconnaître des mouvements

**Mouvement circulaire uniforme** = trajectoire circulaire, la vitesse change de direction mais sa valeur reste constante (voir chapitre 8 : Mouvements des satellites)

## III) Principe d'inertie

Le principe d'inertie est une des lois de la **dynamique**.

La **dynamique** s'intéresse aux **causes du mouvement** : lien entre le mouvement et les actions mécaniques ou forces.

- **Point matériel** : l'objet dont on étudie le mouvement ramené à un point.
- **Système** : l'ensemble des points matériels ; ce qui n'appartient pas au système est le **milieu extérieur**.

## 1) Enoncé du « principe d'inertie » ou « première loi de Newton »

Il a été énoncé par Newton en 1686 : « **Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent** ».

Actuellement, il s'énonce comme suit :



**Dans un référentiel galiléen, si le vecteur vitesse du centre d'inertie G d'un système est un vecteur constant ( $\vec{V}_G = \text{cte}$ ) alors la somme vectorielle des forces qui s'exercent sur le système est nulle ( $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ ), et réciproquement.**

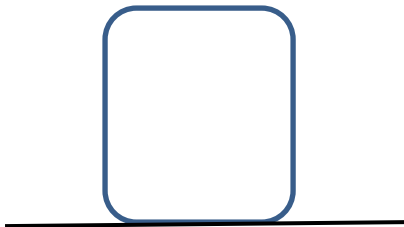
Un tel système est dit **isolé (ou pseudo-isolé)**.

Un **système** est dit **isolé** s'il n'est soumis à aucune action mécanique extérieure.

Un **système** est **pseudo-isolé** si les actions mécaniques qui s'exercent sur lui se compensent.

En toute rigueur, comme l'interaction gravitationnelle est pratiquement toujours présente, on appelle système **isolé ou pseudo-isolé** un système qui vérifie la relation  $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ .

Exemple 1 : le mobile autoporteur



Exemple 2 : le palet de Curling



Application : exercices 6 et 10 p 175

## 2) Référentiels galiléens

Un référentiel est dit **galiléen** quand le principe d'inertie s'y vérifie.



Ce qui revient à étudier le centre d'inertie d'un système isolé (ou pseudo-isolé) soit au repos, soit en mouvement rectiligne uniforme dans un référentiel galiléen. Sinon, le référentiel choisi n'est pas galiléen !!

- Le **référentiel héliocentrique** est considéré comme galiléen.
- Le **référentiel géocentrique** peut être considéré comme galiléen si l'étude du mouvement est faite sur des courtes durées !! (et donc de ne pas tenir compte du mouvement de révolution de la Terre autour du Soleil).
- Le **référentiel terrestre** peut être considéré comme galiléen si l'étude du mouvement est faite sur des courtes durées !!

## IV) La quantité de mouvement

Voir figure 15 p 171 : Le mouvement et la masse d'un corps sont liés !

### 1) Vecteur quantité de mouvement

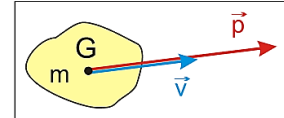
Le vecteur quantité de mouvement  $\vec{p}$  d'un point matériel de masse  $m$ , animé de la vitesse  $\vec{v}$  est :

$$\vec{p} = m \times \vec{v}$$

$\vec{p}$  : vecteur quantité de mouvement (en  $\text{kg.m.s}^{-1}$ )

$m$  : masse de l'objet (en kg)

$\vec{v}$  : vecteur vitesse (en  $\text{m.s}^{-1}$ )



### 2) Loi de conservation de la quantité de mouvement

Dans un référentiel galiléen, le vecteur quantité de mouvement  $\vec{p}$  d'un système isolé (ou pseudo-isolé) est constant :  $\vec{p} = \vec{cte}$ .

Réciproquement si ce vecteur est constant, le système est isolé ou pseudo-isolé.



Application : exercice 16 p 178 : Eclatement d'un système

Pour aller plus loin : « Jusqu'où nous mènera la conservation de la quantité de mouvement ? » vidéos, explications et calculs : <https://lewebpedagogique.com/physique/jusquou-menera-conservation-de-quantite-de-mouvement/>

### 3) Application à la propulsion par réaction

Exemples : le nageur sur l'eau, le piéton sur le sol, la fusée qui décolle... (Voir figure 17 p 172).

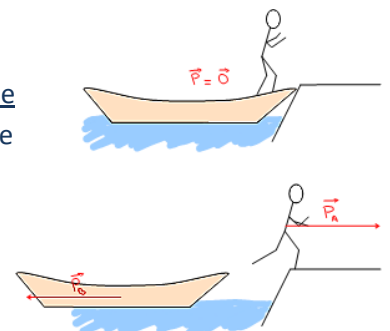
#### Exemple détaillé :

Lorsque l'on saute d'une barque immobile pour rejoindre la berge, la barque s'éloigne du bord : expliquons ce phénomène à l'aide de la loi de conservation de la quantité de mouvement.

- Avant le saut :

Dans le référentiel terrestre (considéré comme galiléen), le système {personne A + barque B} supposé immobile, est isolé.

La quantité de mouvement  $\vec{p}$  de ce système est donc nulle :  $\vec{p} = \vec{p}_A + \vec{p}_B = \vec{0}$ .



- Après le saut :

La quantité de mouvement du système est :  $\vec{p}' = \vec{p}_A' + \vec{p}_B'$ .

D'après la loi de conservation de la quantité de mouvement, on a :  $\vec{p} = \vec{p}'$

Soit :  $\vec{0} = \vec{p}_A' + \vec{p}_B'$  (car :  $\vec{p} = \vec{0}$ )

D'où :  $\vec{p}_B' = -\vec{p}_A'$

Les vecteurs quantité de mouvement de  $A$  et de  $B$  sont opposés, donc les vitesses de  $A$  et de  $B$  sont de sens opposés : c'est donc pour cela que la barque s'éloigne de la berge.

⇒ On dit qu'il y a propulsion par réaction.



Application : exercice 8 p 175 : Interpréter un mode de propulsion par réaction.