

Partie A. Cinématique

1. Objet de l'étude – Référentiel

- Le « système » désigne l'objet de l'étude mécanique que l'on effectue. Généralement, le système est modélisé par un point matériel où toute la masse du système est concentrée.
- Le centre de masse G d'un système, où toute la masse du système est concentrée, est l'unique point de ce système où peut toujours s'appliquer le principe d'inertie (cf. §6)
- Le « référentiel » désigne le point de vue adopté pour étudier le système.

Référentiel terrestre	Référentiel géocentrique	Référentiel héliocentrique
<p>Plan horizontal en M</p> <p>Référentiel terrestre</p>	<p>Vers une étoile 1</p> <p>Référentiel géocentrique</p> <p>Vers une étoile 2</p> <p>Terre</p> <p>Vers une étoile 3</p> <p>Soleil</p> <p>Plan de l'écliptique</p> <p>Pour l'étude du mouvement de la Lune ou des satellites.</p>	<p>Terre</p> <p>Soleil</p> <p>Vers une étoile 1</p> <p>Vers une étoile 2</p> <p>Vers une étoile 3</p> <p>Référentiel héliocentrique</p> <p>Plan de l'écliptique</p> <p>Pour l'étude du mouvement des planètes du système solaire.</p>

- Le « repère » est l'association d'une base orthonormée et d'un point origine. Il permet de repérer la position d'un point dans l'espace.

Repère cartésien	Repère mobile de Frenet
<p>Origine au point O, noté $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$</p>	<p>Origine en G, noté $(G, \vec{u}_n, \vec{u}_t)$</p> <p>$\vec{u}_n$ vecteur normal à la trajectoire</p> <p>\vec{u}_t vecteur unitaire tangent à la trajectoire</p>
	<p>Sens du mouvement</p>

2. Vecteur position \vec{OG}

- Le vecteur \vec{OG} définit la position du système modélisé par le point G. Le point O appartient au référentiel.

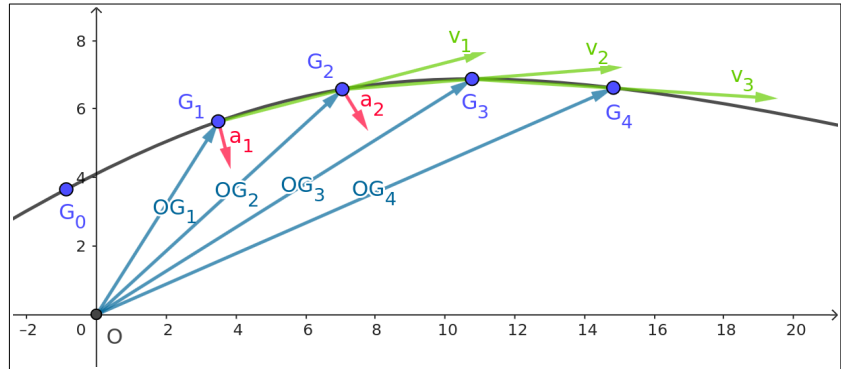
Expression dans un repère cartésien	Expression dans le repère de Frenet
$\vec{OG} = x \vec{i} + y \vec{j}$, noté souvent $\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$	$\vec{OG} = -R \vec{u}_n$, noté $\begin{pmatrix} -R \\ 0 \end{pmatrix}$ $R = \ \vec{OG}\ $, constante pour un mouvement circulaire.

3. Vecteur vitesse \vec{v}

- Le vecteur vitesse \vec{v} est la variation du vecteur position au cours du temps.

↳ Approche expérimentale

À l'instant t_i , on approche le vecteur vitesse par $\vec{v}_i = \frac{\vec{OG}_{i+1} - \vec{OG}_i}{t_{i+1} - t_i}$.



Remarque : La variation $\vec{OG}_{i+1} - \vec{OG}_i = \vec{G}_i \vec{G}_{i+1}$ est le vecteur déplacement.

↳ Vecteur vitesse :

En utilisant la fonction dérivée ($\Delta t \rightarrow 0$) on définit le vecteur vitesse à chaque instant : $\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt}$.

Expression dans un repère cartésien	Expression dans le repère de Frenet
Comme \vec{i} et \vec{j} sont constants : $\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j}$ noté $\begin{pmatrix} v_x = \frac{dx}{dt} \\ v_y = \frac{dy}{dt} \end{pmatrix}$	Comme la vitesse est tangente à la trajectoire, le vecteur \vec{v} est colinéaire à \vec{u}_t : $\vec{v} = v \vec{u}_t$, noté $\begin{pmatrix} v_n = 0 \\ v_t = v \end{pmatrix}$ On note classiquement $\ \vec{v}\ = v$.

La valeur de la vitesse, ou norme du vecteur vitesse vaut : $\|\vec{v}\| = v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$.

4. Vecteur accélération \vec{a}

- Le vecteur accélération \vec{a} est la variation du vecteur vitesse au cours du temps.

↳ Approche expérimentale : à l'instant t_i , on approche le vecteur accélération par $\vec{a}_i = \frac{\vec{v}_{i+1} - \vec{v}_i}{t_{i+1} - t_i}$.

↳ Vecteur accélération :

Avec la fonction dérivée ($\Delta t \rightarrow 0$) on définit le vecteur accélération à chaque instant : $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{OG}}{dt^2}$.

Expression dans un repère cartésien	Expression dans le repère de Frenet
Comme \vec{i} et \vec{j} sont constants : $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y}{dt} \vec{j}$ noté $\begin{pmatrix} a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \\ a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} \end{pmatrix}$	$\vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{u}_n + \frac{dv}{dt} \vec{u}_t$ noté $\begin{pmatrix} a_n = \frac{v^2}{R} \\ a_t = \frac{dv}{dt} \end{pmatrix}$

Remarque sur les notations :

Notations	Variable	Fonction	Dérivée	Dérivée seconde
Mathématiques	x	f(x)	f'(x)	f''(x)
Physique Chimie	t	x	$\frac{dx}{dt}$	$\frac{d^2x}{dt^2}$

5. Caractéristiques du vecteur accélération \vec{a} pour divers mouvements

- Mouvement rectiligne uniforme $\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a} = \vec{0}$
- Mouvement rectiligne uniformément accéléré $\vec{a} \neq \vec{0}$
 - ↳ Direction : portée par la trajectoire
 - ↳ Sens : sens de \vec{v}
 - ↳ Valeur : $\|\vec{a}\| = a = \text{constante (m}\cdot\text{s}^{-2}\text{)}$
- Mouvement circulaire uniforme
 - Comme $\frac{dv}{dt} = 0$, $\vec{a} = \frac{v^2}{R} \vec{u}_n$.
 - ↳ Direction : portée par les rayons du cercle
 - ↳ Sens : vers le centre de la trajectoire
 - ↳ Valeur : $\|\vec{a}\| = a = \frac{v^2}{R} = \text{cte.}$

Partie B. Lois de Newton

6. Première loi de Newton – Principe d'inertie

- Lorsque la somme des forces qui s'exercent sur un système est le vecteur nul, le mouvement ne change pas, et réciproquement.

$$\Sigma \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v}_G = \vec{c}t\vec{e}$$

- ↳ Un système qui subit une résultante des forces nulles peut être :
 - isolé : il ne subit aucune force.
 - pseudo-isolé : les forces qu'il subit se compensent.
- ↳ Dans un référentiel donné, le vecteur vitesse est constant lorsque le système est immobile, ou en mouvement rectiligne uniforme.
- Un référentiel galiléen est un référentiel dans lequel le principe d'inertie est vérifié.

7. Deuxième loi de Newton – Principe fondamental de la dynamique

- Dans un référentiel galiléen, la somme des forces $\Sigma \vec{F}$ appliquées à un système de masse m constante, est égale au produit de sa masse par l'accélération \vec{a}_G de son centre de masse.

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}_G$$

8. Troisième loi de Newton – Principe des actions réciproques

- Si un objet A exerce sur un objet B une force $\vec{F}_{A \rightarrow B}$, alors l'objet B exerce sur A une force $\vec{F}_{B \rightarrow A}$ telle que :

$$\vec{F}_{A \rightarrow B} + \vec{F}_{B \rightarrow A} = \vec{0}$$