Chapitre C1. Décrire un mouvement : cinématique

A- Notion de « système »

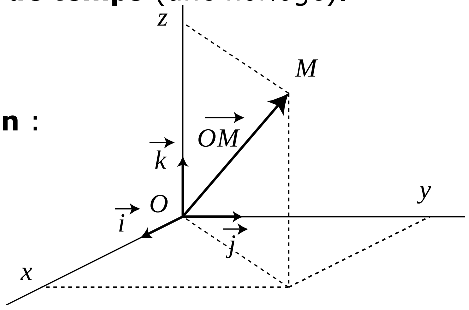
En mécanique, le système est *l'objet*, *l'ensemble d'objets* ou *la partie d'un objet* que l'on choisit d'étudier. Le système doit toujours être défini précisément.
On s'intéresse cette année à la **mécanique du point**, ce qui signifie qu'on étudiera le mouvement d'un point unique du système. Il est souvent intéressant d'étudier le mouvement du centre d'inertie. Dans ce cas, on représente l'objet par ce point auquel on peut attribuer la masse de l'objet. Ce choix d'un point est toujours le premier à faire et s'accompagne généralement d'une perte d'information sur le mouvement du système.

B- Référentiels

B1. Définition (Rappel)

Au référentiel d'étude, on associe un **repère d'espace** et une **échelle de temps** (une horloge).

B2. Repérage de la position d'un point



Pour repérer la position d'un point M, le référentiel est muni d'un repère $(O; \vec{\imath}\,; \vec{\jmath}\,; \vec{k})$. La position de M est donnée par **le vecteur position** :

$$\boxed{\begin{array}{c}\overrightarrow{OM} = x\vec{\imath} + y\vec{\jmath} + z\vec{k} \\ \overrightarrow{OM}\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}\end{array}}$$

x, y et z sont **les coordonnées** du point M.

Attention : les coordonnées du vecteur position sont des distances et donc exprimées en mètres.

B3. Référentiels particuliers

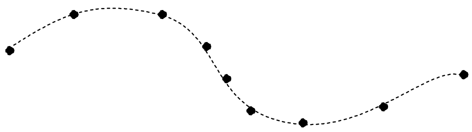
On utilise souvent l'un des référentiels définis ci-dessous :

Le référentiel terrestre lié . . . .
L'origine du repère d'espace est un point appartenant à la surface de la Terre. Généralement, l'un de ses vecteurs unitaires est vertical et les deux autres sont horizontaux.
Ex de mouvements étudiés : mouvements courts à l'échelle humaine, localisés à la surface

Le référentiel géocentrique lié . . . .
L'origine du repère d'espace est le centre de la Terre et ses trois vecteurs unitaires sont dirigés vers 3 étoiles lointaines.
Ex de mouvements étudiés : Lune, satellites, fusées…

Le référentiel héliocentrique lié . . . .
L'origine du repère est le centre du Soleil et ses trois vecteurs unitaires sont dirigés vers 3 étoiles lointaines.
Ex de mouvements étudiés : Planètes, sondes…

C- Vecteur vitesse d'un point et vecteur quantité de mouvement du système



En physique, la vitesse d'un point appartenant au système étudié est représentée par un vecteur possédant les caractéristiques suivantes :
direction : . . . .

sens : . . . .

norme : . . . .

C1. Vecteur vitesse moyenne

On étudie un point M dont la position est notée $M_1 = M(t)$ à la date t et $M_2 = M(t + \Delta t)$ à une date ultérieure $t + \Delta t$. La vitesse moyenne pendant la durée Δt vaut : $\overrightarrow{v_{moy}} = \frac{\overrightarrow{M_1M_2}}{\Delta t}$

On souhaite exprimer $\overrightarrow{v_{moy}}$ en fonction des vecteurs-position : $\overrightarrow{v_{moy}} = \frac{\overrightarrow{OM_2} - \overrightarrow{OM_1}}{\Delta t} = \frac{\overrightarrow{OM(t+\Delta t)} - \overrightarrow{OM(t)}}{\Delta t}$

C2. Vecteur vitesse instantanée

Le vecteur vitesse moyenne est d'autant plus proche du vecteur vitesse instantanée de M à la date t que Δt est faible. Le vecteur vitesse instantanée vaut donc : $\overrightarrow{v(t)} = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\overrightarrow{OM(t+\Delta t)} - \overrightarrow{OM(t)}}{\Delta t}$

Le vecteur vitesse est donc la dérivée du vecteur position par rapport au temps.

Les coordonnées du vecteur vitesse sont les dérivées de celles du vecteur position : $\overrightarrow{v(t)} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$; $\overrightarrow{v\ \ (t)}\begin{pmatrix} v_x = \frac{dx}{dt} \\ v_y = \frac{dy}{dt} \\ v_z = \frac{dz}{dt} \end{pmatrix}$

C3. Quantité de mouvement du système

Le vecteur quantité de mouvement du système est défini par : $\boxed{\overrightarrow{p(t)} = m\overrightarrow{v(t)}}$

- ▷ m : masse du système en kg
- ▷ $\overrightarrow{v(t)}$: vecteur vitesse instantanée du point choisi pour représenter le système en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$
  Unité de la quantité de mouvement : $\mathrm{kg \cdot m \cdot s^{-1}}$

D- Accélération d'un point

D1. Accélération d'un point

Dans un référentiel donné, le vecteur accélération moyenne entre les instants t et t + Δt est donné par :

$$\overrightarrow{a_{moy}(t)} = \frac{\overrightarrow{v(t+\Delta t)} - \overrightarrow{v(t)}}{\Delta t} = \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t} = \frac{\overrightarrow{v_2} - \overrightarrow{v_1}}{\mathrm{t_2} - \mathrm{t_1}}$$

Le vecteur accélération instantanée $\vec{a}$ d'un point est la dérivée par rapport au temps du vecteur vitesse de ce point.

$$\overrightarrow{a(t)} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\overrightarrow{v(t+\Delta t)} - \overrightarrow{v(t)}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Unité de l'accélération : $\mathrm{m \cdot s^{-2}}$

$$\boxed{\overrightarrow{a\ \ (t)} \begin{pmatrix} a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \\ a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} \\ a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2} \end{pmatrix}}$$

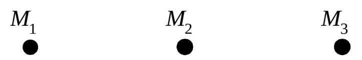
Un point a une accélération non nulle quand **la valeur de la vitesse varie ou lorsque la direction change.**

D2. Vecteurs vitesse et accélération de mouvements particuliers

Le mouvement rectiligne uniforme

Le vecteur vitesse est constant

le vecteur accélération est donc nul.



Le mouvement rectiligne accéléré

La direction et le sens du vecteur vitesse sont constants

mais sa valeur augmente

Le vecteur accélération est donc :

- ▷ de même direction que le vecteur vitesse
- ▷ de même sens que le vecteur vitesse

Le mouvement rectiligne décéléré

La direction et le sens du vecteur vitesse sont constants

mais sa valeur diminue

Le vecteur accélération est donc :

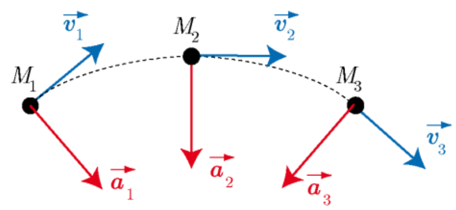
- ▷ de même direction que le vecteur vitesse
- ▷ de sens opposé au vecteur vitesse

Le mouvement circulaire uniforme

La valeur de la vitesse est constante

mais la direction du vecteur vitesse change

Le vecteur accélération est :



- ▷ de direction perpendiculaire à celle du vecteur vitesse ;
- ▷ dirigée vers le centre de la trajectoire ;
- ▷ de valeur : $a = \frac{v^2}{R}$; v étant la vitesse du point étudié et R le rayon de la trajectoire.

  Réciproquement : si un mouvement est tel que, à chaque instant, le vecteur accélération est perpendiculaire au vecteur vitesse, alors le mouvement est circulaire uniforme.