Spécialité Physique Terminale	**Thème 2: Mouvements et interactions**
COURS	**Ch5 : Mouvement et deuxième loi de Newton**

I Système, référentiel et repère

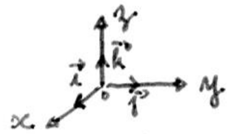
A retenir

Le système est l'objet ou l'ensemble d'objets étudiés.

Le référentiel est le solide de référence par rapport auquel on étudie le mouvement du système. ***Le mouvement du système dépend de ce référentiel.***

A un référentiel sont associés :

- un repère d'espace $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ - un repère de temps (origine des dates t=0)

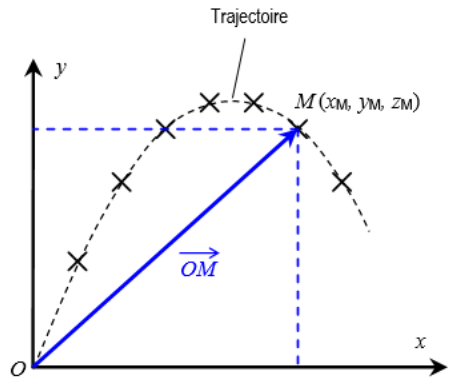


Exemples de référentiels :

- les expériences faites en classes sont la plupart du temps réalisée dans le référentiel terrestre
- Pour étudier le mouvement des satellites autour de la Terre, on utilise le référentiel géocentrique (Centre de la Terre + 3 étoiles éloignées considérée comme fixe)
- Pour étudier le mouvement des planètes autour du Soleil, on utilise le référentiel héliocentrique (Centre du Soleil + 3 étoiles éloignées considérée comme fixe)

II Vecteurs position, vitesse et accélération d'un point

1) Vecteur position



Dans un repère $(o, \vec{\imath}, \vec{\jmath}, \vec{k})$ la position d'un point M à la date t est donnée par le vecteur $\overrightarrow{OM}\,(t)$ tel que :

$$\overrightarrow{OM}\begin{pmatrix} x_M - x_0 \\ y_M - y_0 \\ z_M - z_0 \end{pmatrix} = \overrightarrow{OM}\begin{pmatrix} x_M \\ y_M \\ z_M \end{pmatrix} \quad \text{ou} \quad \overrightarrow{\boldsymbol{OM}} = \boldsymbol{x_M(t)}\ \vec{\boldsymbol{i}} + \boldsymbol{y_M(t)}\ \vec{\boldsymbol{j}} + \boldsymbol{z_M(t)}\ \vec{\boldsymbol{k}}$$

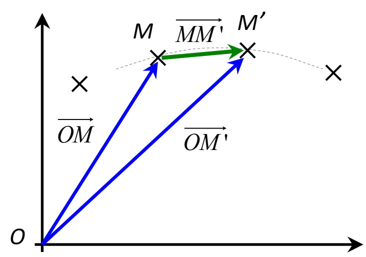
L'ensemble des points qu'occupe successivement le mobile *M* au cours du temps est appelé trajectoire.

La norme du vecteur position a pour expression : $\left\|\overrightarrow{\boldsymbol{OM}}\,(\boldsymbol{t})\right\| = \sqrt{\boldsymbol{x^2 + y^2 + z^2}}$ et elle s'exprime en mètre.

2) Vecteur vitesse instantanée

Le vecteur vitesse instantanée ($m{\cdot}s^{-1}$) caractérise la variation du vecteur position en fonction du temps.

Si l'on cherche à déterminer la vitesse instantanée d'un mobile au point *M* à une date *t* ; on peut donc écrire :



$$\vec{v} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t} \quad \Leftrightarrow \quad \vec{v} = \frac{\overrightarrow{MO} + \overrightarrow{OM'}}{t'-t} \quad \Leftrightarrow \quad \vec{v} = \frac{\overrightarrow{OM'} - \overrightarrow{OM}}{t'-t}$$

$\Leftrightarrow \quad \vec{v} = \dfrac{\Delta\overrightarrow{OM}}{\Delta t}$ avec $\Delta\overrightarrow{OM}$ le vecteur variation de vitesse.

Plus l'intervalle de temps Δt est petit (tend vers zéro) plus la vitesse moyenne trouvée correspond précisément à une vitesse instantanée.

Mathématiquement, il est possible de faire tendre cet intervalle de temps vers zéro en utilisant la dérivée du vecteur position si l'on dispose des fonctions $x(t)$, $y(t)$ et $z(t)$ décrivant la variation des coordonnées du mobile.

A retenir

Dans un référentiel donné, à chaque instant, le vecteur vitesse instantanée d'un mobile *M* est la dérivée par rapport au temps de son vecteur position.

$$\boxed{\vec{v}\,(t) = \frac{d\ \overrightarrow{OM}}{dt}}$$

Notations possibles

$$\boxed{\vec{v} = v_x\ \vec{i} + v_y\ \vec{j} + v_z\ \vec{k}}$$

$$\vec{v}\begin{pmatrix} v_x = \dot{x} = \dfrac{d\ x(t)}{dt} \\ v_y = \dot{y} = \dfrac{d\ y(t)}{dt} \\ v_z = \dot{z} = \dfrac{d z(t)}{dt} \end{pmatrix}$$

La valeur de la vitesse à une date donnée est égale à la norme du vecteur : $\boxed{\|\vec{v}\| = v = \sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2 + {v_z}^2}}$

s'exprime en m.s^{-1}.

Le vecteur vitesse instantanée $\vec{v}_M$ est tangent à la trajectoire en M

APPLICATION

La position d'un point mobile M au cours du temps est donnée parles coordonnées du vecteur position : $x(t) = 2t-1$ et $y(t) = -5t^2+10t+2$. Préciser l'expression des coordonnées V_x et V_y du vecteur vitesse en fonction du temps. Calculer la valeur de la vitesse à t =2,0 s.

$V_x = \dot{x} = \dfrac{dx(t)}{dt} = 2\ m.s^{-1}$ ...... $V_y = \dot{y} = \dfrac{dy(t)}{dt} = -10t + 10\ m.s^{-1}$

$V = \sqrt{2^2 + (-10 \times 2{,}0 + 10)^2} = \sqrt{104} \simeq 10{,}2\ m.s^{-1}$

3) Vecteur accélération

A retenir

Le vecteur accélération (*m·s^{-2}*) caractérise la variation du vecteur vitesse en fonction du temps

Dans un référentiel donné, à chaque instant, le vecteur accélération instantanée d'un mobile *M* est la dérivée par rapport au temps de son vecteur vitesse.

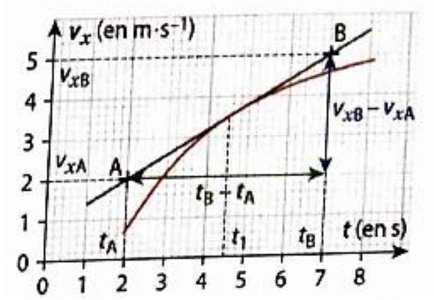
$$\boxed{\vec{a}\,(t) = \frac{d\ \vec{v}}{dt}}$$

Le sens et la direction de $\vec{a}$ sont identique à ceux du vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v}(t)$

$$\vec{a} = a_x\ \vec{i} + a_y\ \vec{j} + a_z\ \vec{k}$$

$$\vec{a}\begin{pmatrix} a_x = \dot{v}_x = \ddot{x} = \dfrac{d\ v_x(t)}{dt} \\ a_y = \dot{v}_y = \ddot{y} = \dfrac{d\ v_y(t)}{dt} \\ a_z = \dot{v}_z = \ddot{z} = \dfrac{d v_z(t)}{dt} \end{pmatrix}$$

La valeur de l'accélération est égale à la norme $\|\vec{a}\|$: $\boxed{\mathbf{a} = \|\vec{a}\| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}}$



L'accélération à l'instant t_1, $a_x(t_1)$, est le coefficient directeur de la tangente à la courbe représentative de $v_x(t)$ en ce point : $a_x(t_1) = \dfrac{v_{xB} - v_{xA}}{t_B - t_A}$

APPLICATION

Déterminer les coordonnées de l'accélération pour le mobile de l'exemple précédent puis préciser la valeur de l'accélération

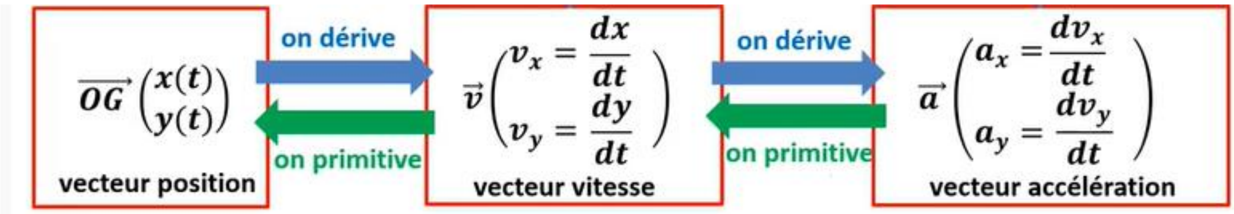
$a_x = \dot{V}_x = 0 \, m.s^{-2}$ .... $a_y = -10 \, m.s^{-2}$

....

$a = \sqrt{0^2 + (-10)^2} = 10 \, m.s^{-2}$

....

Résumé



III Mouvements particuliers

A retenir : Mouvement RECTILIGNE : direction constante (trajectoire = …………………)	
UNIFORME	*UNIFORMEMENT VARIE/Accelere*
$\vec{a}\,(t) = \cdots$ … . …. $\vec{v}\,(t) = \cdots$ … ….. . .	$\vec{a}\,(t) = \cdots$ …. $\vec{v}\,(t)$ … ….……………………………..

A retenir : Mouvement CIRCULAIRE UNIFORME

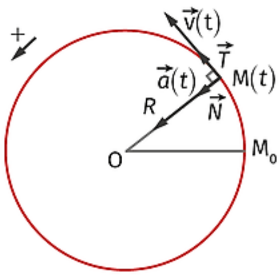
✶ ***Repère de Frénet*** *:* *il* est composé de deux vecteurs unitaires (de longueur égale à l'unité 1) perpendiculaires entre eux :

- Le vecteur unitaire $\overrightarrow{N}$ pour normal (au sens « perpendiculaire à »)
- Le vecteur unitaire $\overrightarrow{T}$ pour tangentiel qui, comme son nom l'indique, est celui qui est pris tangent à la trajectoire.

✶ ***Le vecteur vitesse***

Le vecteur vitesse étant toujours tangent à la trajectoire d'un mobile, il sera toujours orienté selon le vecteur unitaire tangentiel. Ainsi, on aura :

$$\vec{v} = v_T\,\vec{T} + v_N\,\vec{N} \quad \Leftrightarrow \quad \vec{v} = v_T\,\vec{T}$$



✶***Le vecteur accélération***

Le vecteur accélération : $\boldsymbol{\vec{a} = a_T\,\vec{T} + a_N\,\vec{N}}$

Avec $\boldsymbol{a_N = \frac{V^2}{R}}$: **accélération normale au système**

$\boldsymbol{a_T = \frac{dv}{dt}}$ **accélération tangentielle au système**

Le mouvement est uniforme, donc v=cst d'où $a_T = \frac{dv}{dt} = 0$

Par conséquent : $\vec{a} = a_T\,\vec{T} + a_N\,\vec{N}$

$\boxed{\vec{a} = \frac{V^2}{R}\vec{N} \text{ (pour un MCU !) sens centripète}}$

APPLICATION

Préciser, pour un mouvement circulaire uniforme, quelles caractéristiques du vecteur vitesse et du vecteur accélération varient.
………
………
………
………

IV Première et deuxième loi de Newton

1) Principe d'inertie ou première loi de Newton

A retenir

Enoncé : Dans un référentiel galiléen, si $\overrightarrow{v_G} = \overrightarrow{cte}$ (ou $\overrightarrow{v_G} = \vec{0}$) alors $\sum \overrightarrow{Fext}$ qui s'exercent sur le système est nulle (système pseudo-isolé) ou le système n'est soumis à aucune force (système isolé).

$$\sum \overrightarrow{Fext} = \vec{0} \quad \Leftrightarrow \quad \overrightarrow{v_G} = \overrightarrow{cte}$$

Les forces qui s'exercent sur le système se compensent — ***Mouvement rectiligne uniforme***

Référentiel Galiléen (sur de courtes durées) : Terre

Référentiel non-Galiléen : manège, voiture qui accélère Le principe d'inertie ne s'applique pas

RMQ : Le centre de masse G d'un système est l'unique point de ce système où peut toujours s'appliquer le principe d'inertie

2) Deuxième loi de Newton

A retenir

En première, vous avez utilisé la relation approchée de la seconde Loi de Newton :

$$\sum \vec{F} = m\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Or si Δt tend vers zéro alors $\lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}\right) = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}$

La relation précédente devient : $\sum \vec{F} = m\,\vec{a}$

Dans un référentiel galiléen, si un objet ponctuel est soumis à des forces extérieures, alors le vecteur « somme des forces » est égal à la dérivée par rapport au temps de son vecteur « quantité de mouvement » ; soit le produit de la masse par le vecteur accélération

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

a en $m{\cdot}s^{-2}$

ΣF en *N*

m en *kg*

RMQ 1 : Le vecteur accélération est alors colinéaire au vecteur résultante des forces extérieurs

RMQ 2 : Si la somme des vecteurs forces $\sum \overrightarrow{Fext} = \vec{0}$ alors $\vec{a} = \vec{0}$ ($\overrightarrow{v_G} = \overrightarrow{cte}$), c'est la première loi de Newton qui est un cas particulier de la deuxième loi de Newton.

APPLICATION

Quelle loi s'applique pour : a) un livre posé sur une table ? b) une pomme qui tombe ?
………
………