

La mécanique de Newton

I. Les lois de Newton

1. Première loi de Newton ou principe de l'inertie



” Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie G d'un système isolé ou pseudo-isolé a un vecteur vitesse $\vec{v}_G$ constant. ”

- si $\vec{v}_G = \vec{0}$, G est immobile.
- si $\vec{v}_G \neq \vec{0}$, G est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme.

2. Deuxième loi de Newton ou principe fondamental de la dynamique ou théorème du centre d'inertie



” Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures appliquée à un solide est égale au produit de la masse m de ce solide et du vecteur accélération $\vec{a}_G$ de son centre d'inertie G . ”

- $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a}_G$.

3. Troisième loi de Newton ou principe de actions réciproques



” Quand un corps A exerce sur un corps B une force $\vec{F}_{A/B}$, simultanément B exerce sur A la force $\vec{F}_{B/A}$ opposée à $\vec{F}_{A/B}$. ”

$\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ ont la même droite d'action et $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$:

- même direction
- sens contraires
- même valeur.

II. Importance du référentiel



Définition :

Un référentiel est un système de coordonnées de l'espace-temps lié à un observateur.

Les lois de Newton ne sont valables que dans un référentiel galiléen.

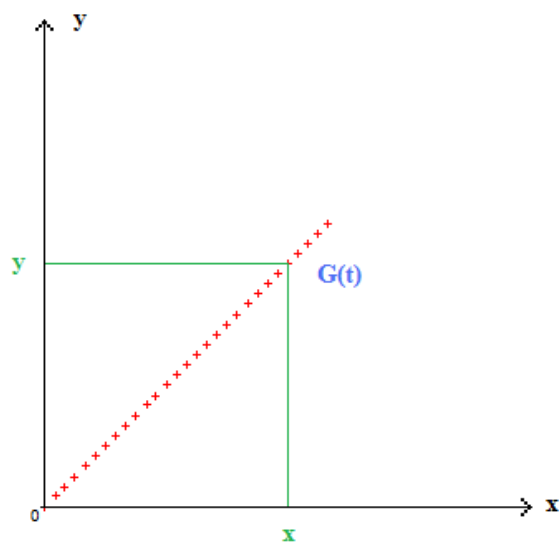
Exemples de référentiels galiléens :

- un référentiel *terrestre* pour nos expériences
- le référentiel *géocentrique* pour les satellites
- le référentiel *héliocentrique* pour les planètes.

III. Vecteur vitesse $\vec{v}$ et vecteur accélération $\vec{a}$ du point mobile G

1. Repérage du point mobile G

- dans l'espace :
 - on attache un repère au référentiel choisi (par exemple (O, x, y, z) si G a un mouvement dans l'espace).
 - on repère la position occupée par G à la date t par le vecteur position $\vec{OG}$:



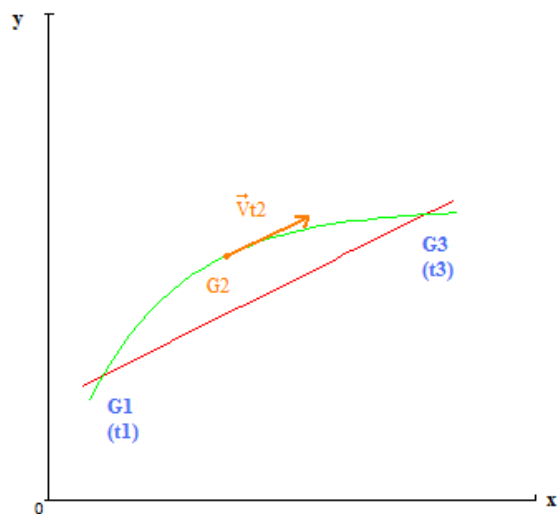
- dans le temps :
 - on choisit un instant comme origine des dates : sa date est $t_0 = 0$.
 - on choisit une durée. L'unité S.I de durée est la **seconde**.
 - * un instant quelconque est repéré par sa date t .
 - * la durée entre deux instants t_1 et t_2 ($t_2 > t_1$) est $\Delta t = t_2 - t_1$.

2. Vecteur vitesse instantanée $\vec{v}_t$



Le point G a une vitesse si son vecteur position $\vec{OG}$ varie au cours du temps.

- détermination expérimentale :





Le vecteur vitesse à la date t_2 est $\vec{v}_{t_2} = \frac{\overrightarrow{G_1 G_3}}{(t_3 - t_1)} = \frac{\overrightarrow{OG_3} - \overrightarrow{OG_1}}{(t_3 - t_1)} = \frac{\Delta \overrightarrow{OG}}{\Delta t}$.

Le vecteur $\vec{v}_{t_2}$ a :

- pour origine G_2
- pour direction et sens $\overrightarrow{G_1 G_3}$

- pour valeur $v_{t_2} = \frac{G_1 G_3}{(t_3 - t_1)}$

Remarque : $\vec{v}_{t_2}$ est tangent à la trajectoire G au point G_2 .

- détermination par le calcul :



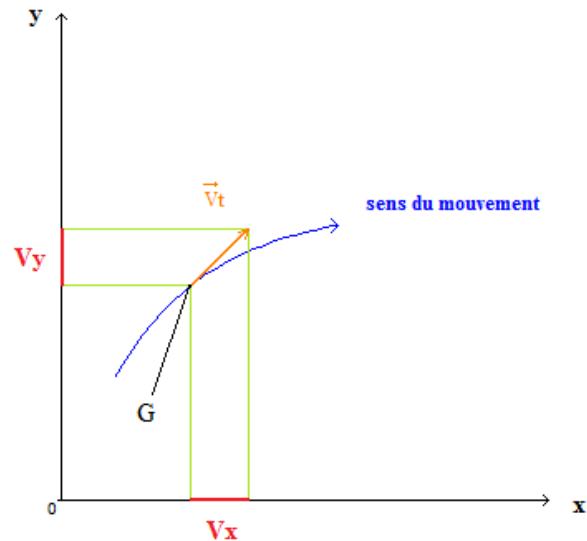
Définition :

si $t_3 \rightarrow t_1$, $\Delta t \rightarrow 0$ alors $G_3 \rightarrow G_1$, $\Delta \overrightarrow{OG} \rightarrow \vec{0}$.

$\frac{\Delta \overrightarrow{OG}}{\Delta t}$ tend vers une valeur limite qu'est la dérivée par rapport au temps t du vecteur position $\overrightarrow{OG}$,

notée $\frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$.

Ainsi, $\vec{v}_{t_2} = \left(\frac{d\overrightarrow{OG}}{dt} \right)_{t_2}$.



- généralisation :



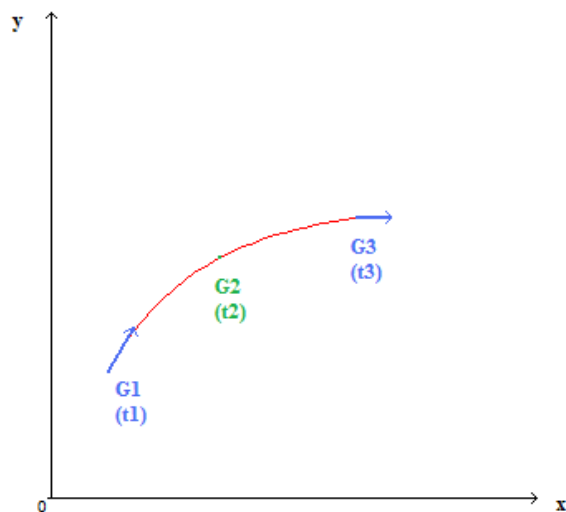
$$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$$

$\vec{v}$ a :

- pour origine la position de G à la date t
- pour direction la tangente en G à la trajectoire
- pour sens celui du mouvement
- pour coordonnées $v_x = \dot{x}$ et $v_y = \dot{y}$
- pour valeur $\sqrt{v_x^2 + v_y^2}$.

3. Vecteur accélération instantanée $\vec{a}_t$

- détermination expérimentale :



Le vecteur accélération à la date t_2 est $\vec{a}_{t_2} = \frac{\vec{v}_{t_3} - \vec{v}_{t_1}}{(t_3 - t_1)} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$.

Le vecteur $\vec{a}_{t_2}$ a :

- pour origine G_2
- pour direction et sens $\Delta \vec{v} = \vec{v}_{t_3} - \vec{v}_{t_1}$
- pour valeur $a_{t_2} = \frac{\text{valeur de } \Delta \vec{v}}{(t_3 - t_1)}$

- détermination par le calcul :



Définition :

si $t_3 \rightarrow t_1$, $\Delta t \rightarrow 0$ alors $\vec{v}_{t_3} \rightarrow \vec{v}_{t_1}$, $\Delta \vec{v} \rightarrow \vec{0}$.

$\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ tend vers une valeur limite qu'est la dérivée par rapport au temps t du vecteur vitesse $\vec{v}$, notée $\frac{d\vec{v}}{dt}$.

Ainsi, $\vec{a}_{t_2} = \left(\frac{d\vec{v}}{dt} \right)_{t_2}$.

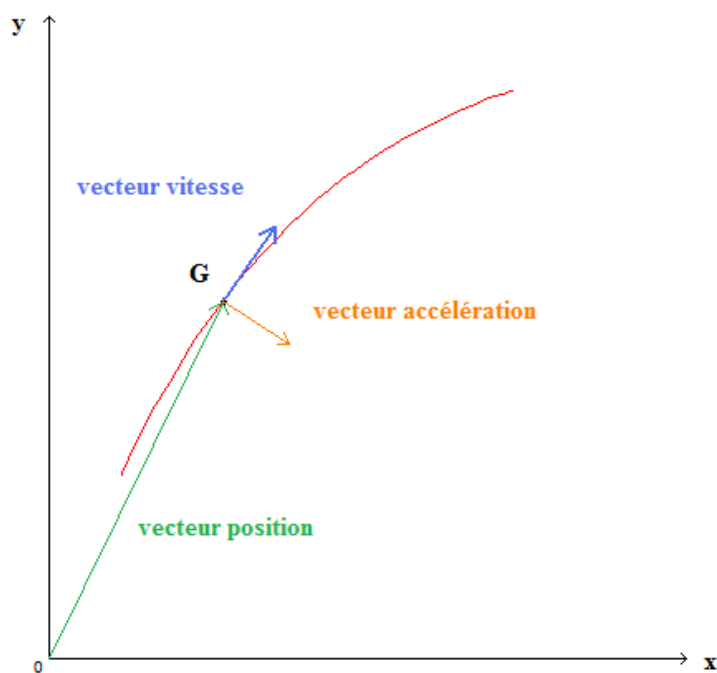
- généralisation :



$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$\vec{a}$ a :

- pour origine la position de G à la date t
- la direction et le sens de $\Delta\vec{v}$
- pour valeur a_t .



IV. Résolution d'un problème de mécanique

Tous les problèmes de mécanique suivent un ordre de résolution précis :

1. Définir le système.
2. Choisir un référentiel **galiléen** et un repère pour l'étude.
3. Faire un inventaire des forces qui s'appliquent sur celui-ci.
4. Appliquer une loi de Newton.
5. Projeter l'équation obtenue sur les axes afin de supprimer les vecteurs.
6. Ecrire les équations de la vitesse et de la position du système.