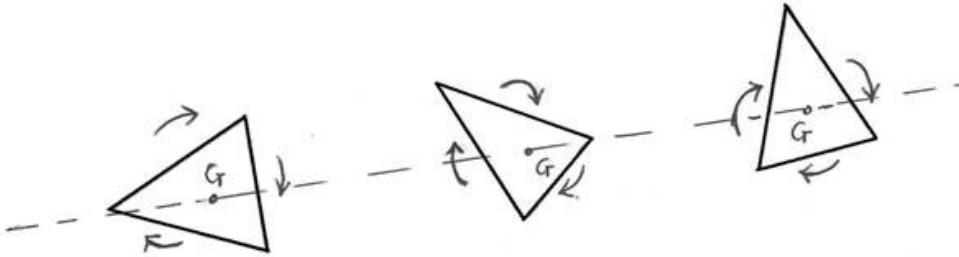


Cinématique et lois de Newton – Fiche de cours

1. Description du mouvement d'un point

a. Centre d'inertie

Le mouvement d'un solide à étudier est généralement réduit à celui de son centre d'inertie (point G ou point par lequel il convient de fournir le moins d'effort pour mettre l'objet en rotation).



Remarque : le centre d'inertie (propriété physique) d'un solide simple est généralement assimilé à son centre de gravité (propriété mathématique)

b. Système mécanique

Un système mécanique est un solide ou un ensemble de solides dont on étudie le mouvement.

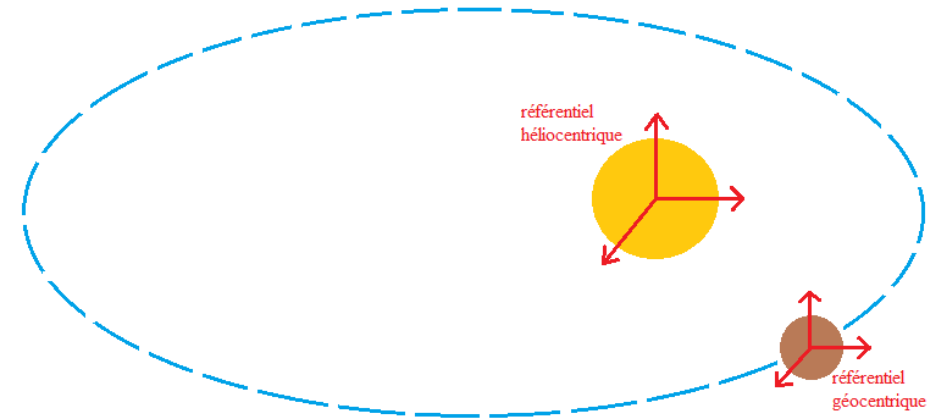


Exemple : une balle de tennis constitue un système mécanique

c. Référentiel

Un référentiel est un solide par rapport auquel on décrit le mouvement d'un système mécanique. Ce solide est muni d'un repère de l'espace et de temps.

- référentiel terrestre : origine du repère un point du sol, axes 3 étoiles lointaines fixes au cours du mouvement
- référentiel géocentrique : origine du repère centre de la Terre, axes 3 étoiles lointaines fixes au cours du mouvement
- référentiel héliocentrique : origine du repère centre du Soleil, axes 3 étoiles lointaines fixes au cours du mouvement
- référentiel galiléen : un référentiel est dit galiléen si le principe d'inertie y est vérifié (le référentiel est en mouvement de translation uniforme, et l'on peut appliquer la mécanique classique car le temps est homogène)



d. Vecteur position

Un point M de l'espace est repéré dans l'espace par son vecteur position en coordonnées cartésiennes :

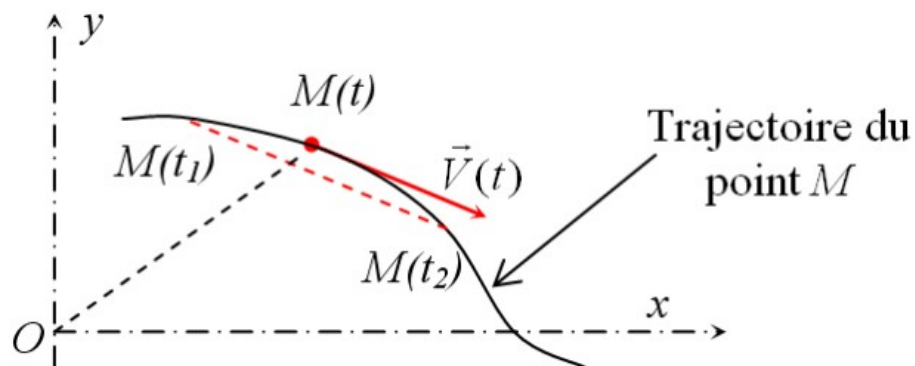
$$\vec{OM}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$$

La norme du vecteur \vec{OM} est définie par :

$$\|\vec{OM}\| = \sqrt{(x(t))^2 + (y(t))^2 + (z(t))^2}$$

Une longueur s'exprime en mètres (m) avec le système international d'unités.

e. Vecteur vitesse



La vitesse instantanée d'un point M est définie comme la variation infinitésimale de la position par rapport au temps :

$$\vec{v}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{OM}}{\Delta t} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$$

Le vecteur vitesse peut être repéré dans l'espace en coordonnées cartésiennes :

$$\vec{v}(t) = \frac{dx(t)}{dt} \vec{i} + \frac{dy(t)}{dt} \vec{j} + \frac{dz(t)}{dt} \vec{k}$$

Le vecteur vitesse instantané a les caractéristiques suivantes :

- direction : tangente à la trajectoire au point M à l'instant t
- sens : celui du mouvement à l'instant t
- norme : $v = \|\vec{v}(t)\|$

Une vitesse s'exprime en mètres par seconde ($m \cdot s^{-1}$) avec le système international d'unités.

f. Vecteur accélération

Le vecteur accélération est défini comme la variation infinitésimale de la vitesse par rapport au temps :

$$\vec{a}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}(t)}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}(t)}{dt}$$

Le vecteur accélération peut être repéré dans l'espace en coordonnées cartésiennes :

$$\vec{a}(t) = \frac{dv_x(t)}{dt} \vec{i} + \frac{dv_y(t)}{dt} \vec{j} + \frac{dv_z(t)}{dt} \vec{k}$$

Le vecteur accélération a les caractéristiques suivantes :

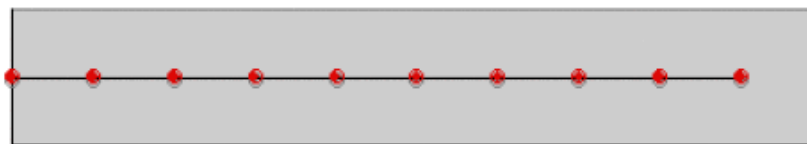
- sens : vers l'intérieur de la concavité de la courbe à l'instant t
- norme : $a = \|\vec{a}(t)\|$

Une accélération s'exprime en mètres par seconde carrée ($m \cdot s^{-2}$) avec le système international d'unités.

2. Les différents types de mouvement

a. Mouvement rectiligne

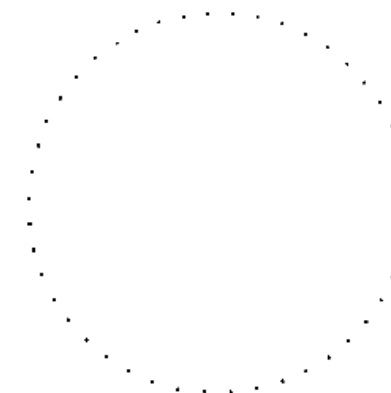
Un mouvement est rectiligne lorsque la trajectoire des points M au cours du temps est une droite.



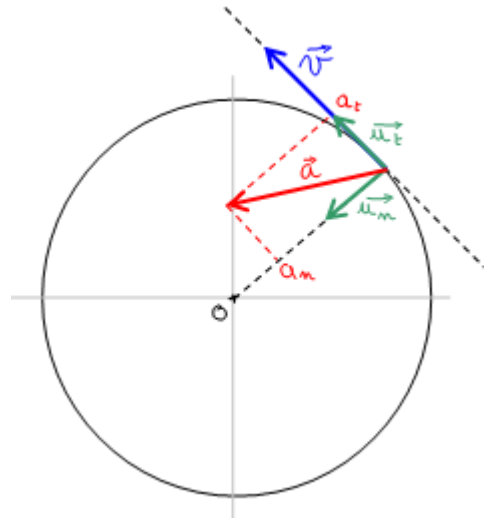
On utilise généralement les coordonnées cartésiennes pour étudier les mouvements rectilignes.

b. Mouvement circulaire

Un mouvement est circulaire lorsque la trajectoire des points M au cours du temps est un cercle.



Pour l'étude d'un mouvement circulaire de rayon R, on peut utiliser une base de Frenet (\vec{u}_t, \vec{u}_n)



$$\vec{v} = v \vec{u}_t \quad \text{et} \quad \vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{u}_t + \frac{v^2}{R} \vec{u}_n$$

c. Mouvement curviligne

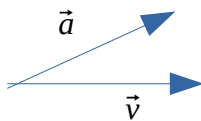
Lorsque la trajectoire n'est pas une droite ou un cercle le mouvement est dit curviligne.

d. Evolution de la vitesse

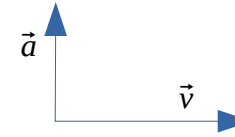
Pour étudier les variations de $\|\vec{v}\|$ on peut étudier celles de $\|\vec{v}\|^2$

avec $\frac{d\|\vec{v}\|^2}{dt} = 2\vec{v} \cdot \vec{a}$

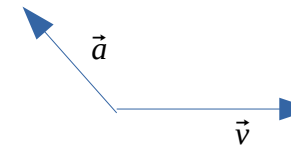
- $\vec{v} \cdot \vec{a} > 0$ v augmente, le mouvement est accéléré $-90^\circ < (\vec{v}; \vec{a}) < 90^\circ$



- $\vec{v} \cdot \vec{a} = 0$ v constante, le mouvement est uniforme $(\vec{v}; \vec{a}) = \pm 90^\circ$



- $\vec{v} \cdot \vec{a} < 0$ v diminue, le mouvement est ralenti $90^\circ < (\vec{v}; \vec{a}) < 270^\circ$



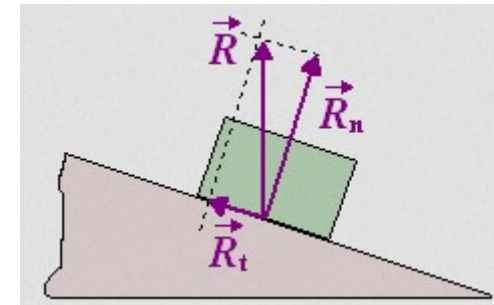
3. Les forces usuelles

a. Le poids

- direction : verticale
- sens : vers le bas
- norme : $P = mg$ unité Newton N $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ à la surface de la Terre

b. La réaction au support

La réaction au support a 2 composantes (normale et tangentielle)



c. Les forces de frottement

Les force de frottements ont les caractéristiques suivantes :

- direction : tangente à la trajectoire
- sens : opposé au mouvement

d. La force exercée par un moteur

Un moteur exerce une force dans le sens du mouvement

e. Autres forces

Il existe d'autres forces telles que la force électrostatique ou la force gravitationnelle

5. Les lois de Newton

a. Première loi de Newton (principe d'inertie)

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \text{ système en mouvement rectiligne uniforme ou au repos}$$

b. Deuxième loi de Newton (principe de la dynamique)

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}$$