Chap 2 : Application des lois de Newtons

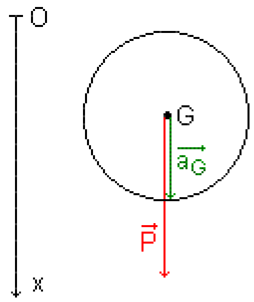
I. Mouvement dans le champ de pesanteur uniforme.

A. Chute libre verticale.

Un solide est dit en **chute libre** s'il est soumis uniquement à son poids (le fait qu'il n'existe pas de force de frottement impose que cette condition ne peut être réalisée que dans le vide).
Remarque : Lorsque la force de frottement du fluide et la poussée d'Archimède sont négligeables devant le poids, on peut considérer le solide comme étant en chute libre.

Bilan des forces :

- Ref Terrestre considéré comme Galiléen.
- Syst : {bille}
- Forces : Le poids P



Deuxième loi de Newton :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

$$\vec{P} = m\frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\vec{g} = \vec{a}$$

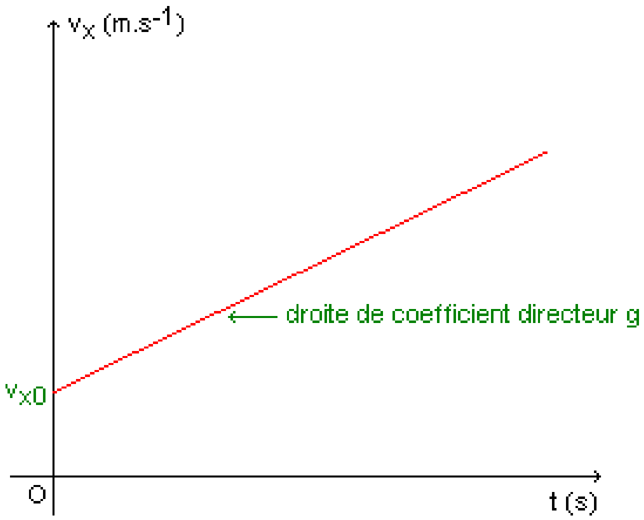
Projetons sur l'axe des x on a alors

$$g = a_x = \frac{dv_x}{dt}$$

En intégrant on obtient :

$$v_x = gt + v_{x0}$$

On obtient la courbe :



Si dans les conditions initiales Vo=0 donc $\mathbf{V_x=gt}$

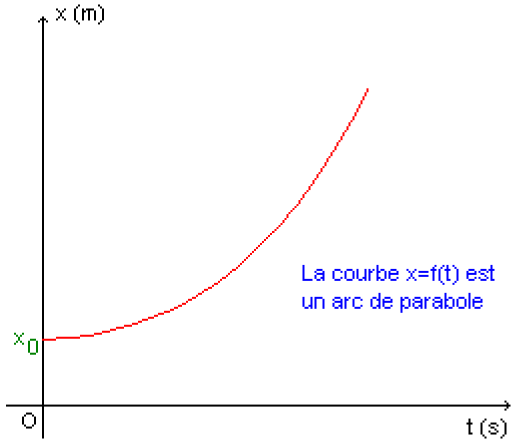
Etablissement de l'équation horaire du mouvement :

$$vx = \frac{dx}{dt} = gt + vo$$

Donc

$$x = \frac{1}{2}gt^2 + vot + xo$$

On obtient une courbe qui est du type :



Si on choisi l'origine des x à t=o on a donc

$$x = \frac{1}{2}gt^2 + vot$$

Si en plus le solide a été lâché sans vitesse initiale :

$$x = \frac{1}{2}gt^2$$

B. Mouvement parabolique

Soit un objet S lancé avec une vitesse initiale $\overrightarrow{V_0}$ dans le champ de pesanteur supposé localement uniforme.

1. Bilan des forces :

Bilan des forces :

- ✓ Ref Terrestre considéré comme Galiléen.
- ✓ Syst : {objet S}
- ✓ Forces :
  - ➢ Le poids P

L'objet est donc en **chute libre**.

Deuxième loi de Newton :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

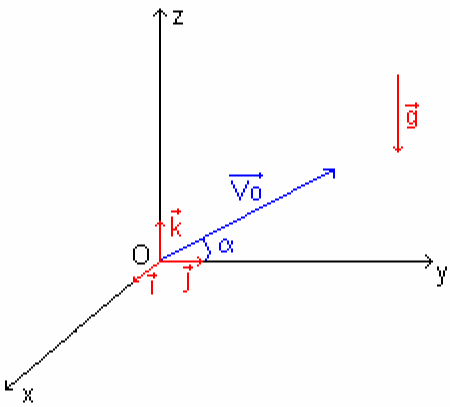
$$\vec{P} = m\frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\vec{g} = \vec{a}$$

2. Equations horaires paramétriques :

Conditions initiales : Supposons qu'à l'instant t=0, le mobile est lancé de l'origine du repère O avec une vitesse initiale $\overrightarrow{V_0}$ faisant un angle α avec l'axe Oy.



$$\vec{a}\begin{cases}0\\0\\-g\end{cases}$$

$$\vec{a}=\frac{dv}{dt}\begin{cases}0\\0\\-g\end{cases}=\begin{cases}\dfrac{dvx}{dt}\\\dfrac{dvy}{dt}\\\dfrac{dvz}{dt}\end{cases}$$

$$\vec{v}=\begin{cases}vx=0\\vy=vo\cos\alpha\\vz=gt+vo\sin\alpha\end{cases}$$

$$\overrightarrow{OM}=\begin{cases}x=0\\y=vo\,\mathrm{t}\cos\alpha\\z=\dfrac{1}{2}gt^2+vo\,\mathrm{t}\sin\alpha\end{cases}$$

Nous déduisons de ces équations horaires trois résultats important :

- x=0 Donc la trajectoire du centre d'inertie de ce solide est dans le plan vertical.
- Vy=constante donc le mouvement de la projection de G sur l'axe horizontal est uniforme.
- $z=\frac{1}{2}gt^2+vo\,\mathrm{t}\sin\alpha$: le mouvement de la projection sur l'axe vertical est uniformément accéléré.

3. Equation de la trajectoire.

D'après l'équation horaire on obtient :

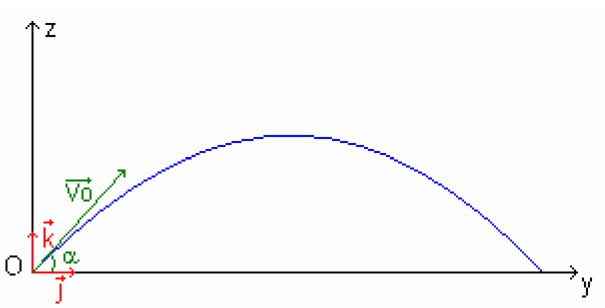
$$t=\frac{y}{vo\ \cos\alpha}$$

Donc :

$$z=\frac{g}{2vo^2\ \cos^2\alpha}\ y^2+vo\frac{y}{vo\ \cos\alpha}\ \sin\alpha$$

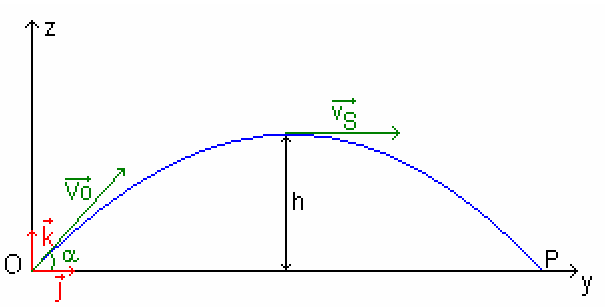
$$\boldsymbol{z=\frac{g}{2vo^2\ \cos^2\alpha}\ y^2+\tan\alpha\ \ y}$$

On obtient l'équation d'un arc de parabole



Remarque :

On appelle « portée du tir » la distance OP et « flèche » la hauteur h.



Au point P, z=0 $\begin{cases} y = 0 \\ ou \\ y = \dfrac{2vo^2 \sin\alpha\cos\alpha}{g} \end{cases}$

Au point S, le vecteur vitesse $\overrightarrow{v_s}$ est horizontal et sa coordonnée selon Oz est nulle

$$\overrightarrow{vs} = \begin{cases} vx = 0 \\ vy = vo\cos\alpha \\ vz = 0 \end{cases}$$

II. Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme.

A. Rappel sur le champ électrostatique

Un **condensateur** est un dispositif électrique possédant deux armatures : l'une chargée positivement, l'autre négativement. Entre ces deux armatures, il règne un champ électrique uniforme$\vec{E}$. Une particule chargée injectée dans un condensateur n'est soumise qu'à la force électrique : $\overrightarrow{Fe}$. (Son poids est négligeable)

La force électrique$\overrightarrow{Fe}$. est la force à laquelle est soumise une particule chargée de charge q injectée entre les armatures d'un condensateur créant un champ électrique $\vec{E}$. Son expression est la suivante :

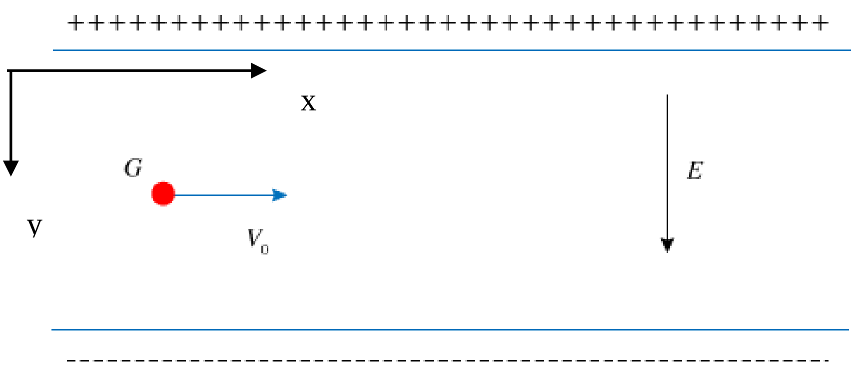
$$\overrightarrow{Fe} = q\vec{E}$$

Le vecteur $\vec{E}$ est appelé **champ électrique**. C'est le champ régnant à l'intérieur d'un condensateur. Il est dirigé vers l'armature chargée négativement et perpendiculairement aux armatures du condensateur.

B. Bilan des forces :

Bilan des forces :

- ✓ Ref Terrestre considéré comme Galiléen.
- ✓ Syst : {objet S}
- ✓ Forces :
  - ➢ La force électrique$\overrightarrow{Fe}$.



Deuxième loi de Newton :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

$$\overrightarrow{Fe} = m\frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$q\vec{E} = m\vec{a}$$

$$\frac{q}{m}\vec{E} = \vec{a}$$

C. Equations horaires paramétriques

$$\vec{a} \begin{cases} 0 \\ \frac{q}{m}E \\ 0 \end{cases}$$

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \begin{cases} 0 \\ \frac{q}{m}E \\ 0 \end{cases} = \begin{cases} \frac{dvx}{dt} \\ \frac{dvy}{dt} \\ \frac{dvz}{dt} \end{cases}$$

$$\vec{v} = \begin{cases} vx = v_0 \\ vy = \frac{q}{m}Et \\ vz = 0 \end{cases}$$

$$\overrightarrow{\boldsymbol{OM}} = \begin{cases} \boldsymbol{x = v_0 t + x_0} \\ \boldsymbol{y = \frac{q}{2m}Et^2 + y_0} \\ \boldsymbol{z = z_0} \end{cases}$$

D. Equation de la trajectoire

En considérant que la particule arrive dans le champ électrique à l'origine du repère (x_0=0, y_0=0, z_0=0)
D'après l'équation horaire on obtient :

$$t = \frac{x}{vo}$$

Donc :

$$\boldsymbol{y = \frac{qE}{2m{v_0}^2}\ x^2}$$

On obtient l'équation d'un arc de parabole.

http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Meca/Charges/general.html

http://scphysiques.free.fr/TS/physiqueTS/champE.swf

Si la vitesse initiale est dans le plan (oij) faisant un angle α avec l'axe des x

$$\overrightarrow{Vo} = v_{0x}\vec{\imath} + v_{0y}\vec{\jmath}$$

$$\vec{a} \begin{cases} 0 \\ \frac{q}{m}E \\ 0 \end{cases}$$

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \begin{cases} 0 \\ \frac{q}{m}E \\ 0 \end{cases} = \begin{cases} \frac{dvx}{dt} \\ \frac{dvy}{dt} \\ \frac{dvz}{dt} \end{cases}$$

$$\vec{v} = \begin{cases} vx = v_0 \cos\alpha \\ vy = \dfrac{q}{m} Et + v_0 \sin\alpha \\ vz = 0 \end{cases}$$

$$\overrightarrow{OM} = \begin{cases} x = v_0 \cos\alpha\, t + x_0 \\ y = \dfrac{q}{2m} Et^2 + v_0 \sin\alpha\, t + y_0 \\ z = z_0 \end{cases}$$

Si le départ de la particule est à l'origine des axes on a :

$$\boldsymbol{\overrightarrow{OM} = \begin{cases} x = v_0 \cos\alpha\, t \\ y = \dfrac{q}{2m} Et^2 + v_0 \sin\alpha\, t \\ z = 0 \end{cases}}$$

D'après l'équation horaire on obtient :

$$t = \frac{x}{vo \cos\alpha}$$

Donc :

$$\boldsymbol{y = \frac{qE}{2m\cos^2\alpha\, {v_0}^2}\ x^2 + \tan\alpha\, x}$$

<u>Exercice 7 et8p172,14p173 15p174,26p179</u>