Mouvement dans un champ uniforme – Fiche de cours

1. Projectile dans le champ de pesanteur uniforme

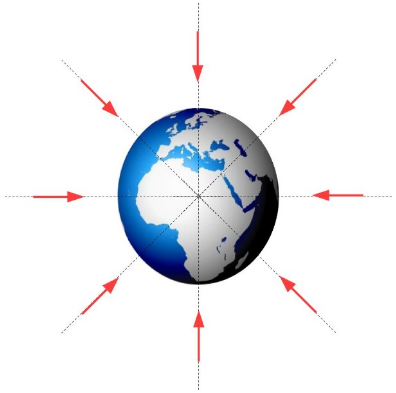
a. La force et le champ de pesanteur

La force gravitationnelle exercée par la Terre sur un objet de masse m est définie par :

$$\vec{F}=m\frac{G\,M_{Terre}}{(R_{Terre}+altitude)^2}\vec{n}$$

On définit le champ de pesanteur $\vec{g}(z)$ (en fonction de l'altitude z) :

$$\vec{g}(z)=\frac{G\,M_{Terre}}{(R_{Terre}+z)^2}\vec{n}$$



Pour une altitude donnée et localement $\vec{g}$ est supposé uniforme ;
au niveau de la mer g vaut en moyenne : $g=9{,}81\,m.s^{-2}$

On définit la force de pesanteur ou le poids par : $\vec{P}=m\vec{g}$
unités : P en Newton (N) m en kg et g en $m.s^{-2}$

b. Etude théorique

- Définir le système mécanique étudié
  Le système mécanique peut être défini par : {projectile}

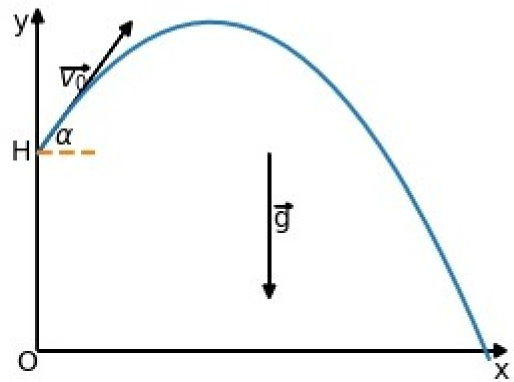
- Définir le référentiel galiléen de l'étude
  Le référentiel galiléen de l'étude durant le temps de mouvement d'un projectile est terrestre

- Bilan des forces qui s'appliquent sur le système mécanique
  Le projectile est considéré être en chute libre ; il est soumis à une seule force : son propre poids
  Deux projectiles de masses différentes en chute libre ont le même mouvement

- Deuxième loi de Newton
  $\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a}=m\vec{g}$ comme $m\neq0$ alors $\vec{a}=\vec{g}$

c. Chute libre avec vitesse initiale (mouvement parabolique)

- Schéma d'hypothèses



- Equations paramétriques du vecteur accélération

Dans le plan du mouvement le vecteur accélération a pour coordonnées :

$$\vec{a}(t)\begin{cases} a_x(t)=0 \\ a_y(t)=-g \end{cases}$$

- Equations paramétriques du vecteur vitesse

Dans le plan du mouvement le vecteur vitesse a pour coordonnées :

$$\vec{v}(t)\begin{cases} v_x(t)=v_0\cos\alpha \\ v_y(t)=-g\,t+v_0\sin\alpha \end{cases}$$

- Equations paramétriques du vecteur position

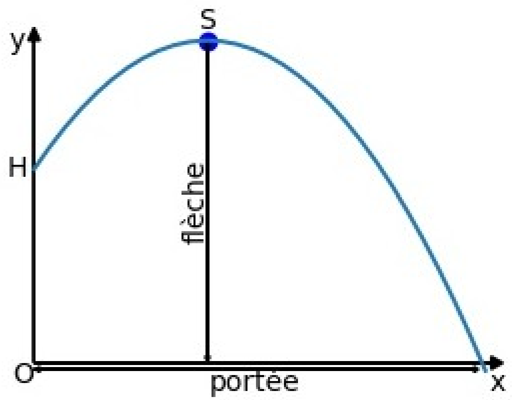
Dans le plan du mouvement le vecteur position a pour coordonnées :

$$\overrightarrow{OM}(t)\begin{cases} x(t)=v_0\cos\alpha\, t \\ y(t)=-\dfrac{g\,t^2}{2}+v_0\sin\alpha\, t+H \end{cases}$$

- Equation de la trajectoire

Dans le plan du mouvement l'équation de la trajectoire est :

$$y(x)=-\frac{g}{2}\left(\frac{x}{v_0\cos\alpha}\right)^2+v_0\tan\alpha\, x+H$$



- Flèche de la trajectoire

La flèche de la trajectoire est définie comme l'ordonnée du sommet S de la parabole

$$y_s=\frac{1}{2}\frac{v_0^2\sin^2\alpha}{g}+H$$

- Portée de la trajectoire

La portée du tir est définie comme la distance projetée au sol entre le point de départ et le point de chute

d. Chute libre verticale sans vitesse initiale (mouvement rectiligne)

- Equation paramétriques du vecteur accélération

Dans l'espace le vecteur accélération a pour coordonnées :

$$\vec{a}(t)\{a_x(t)=-g\}$$

- Equation paramétriques du vecteur vitesse

Dans l'espace le vecteur vitesse a pour coordonnées :

$$\vec{v}(t)\{v_x(t)=-g\,t\}$$

- Equation paramétriques du vecteur position

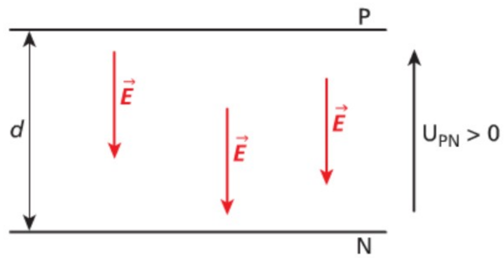
Dans le plan du mouvement le vecteur position a pour coordonnées :

$$\overrightarrow{OM}(t)\left\{x(t)=-\frac{g\,t^2}{2}+H\right\}$$

2. Particule chargée dans le champ électrostatique uniforme

a. La force et le champ électrostatique

On définit le champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ entre 2 armatures métalliques P et N distantes de d par : $\vec{F}_{élec}=q\vec{E}$ avec $U_{PN}=\dfrac{E}{d}$



b. Etude théorique

- Définir le système mécanique étudié

Le système mécanique peut être défini par : {particule chargée}

- Définir le référentiel galiléen de l'étude

Le référentiel galiléen de l'étude durant le temps de mouvement d'une particule chargée est terrestre

- Bilan des forces qui s'appliquent sur le système mécanique

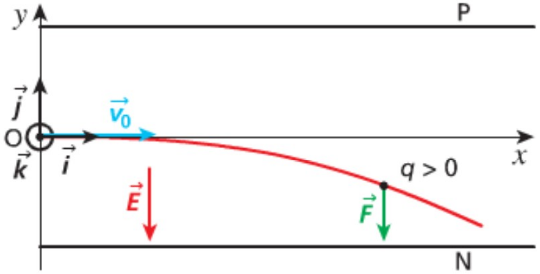
La particule chargée est considéré soumise à la seule force électrostatique (l'action du poids est négligée)

- Deuxième loi de Newton

$\vec{F}_{élec} = m\vec{a} = q\vec{E}$ alors $\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}$

c. Déflexion de particules chargées avec vitesse initiale

- Schéma d'hypothèses



- Equations paramétriques du vecteur accélération

Dans le plan du mouvement le vecteur accélération a pour coordonnées :

$$\vec{a}(t)\begin{cases} a_x(t) = 0 \\ a_y(t) = \frac{-qE}{m} \end{cases}$$

- Equations paramétriques du vecteur vitesse

Dans le plan du mouvement le vecteur vitesse a pour coordonnées :

$$\vec{v}(t)\begin{cases} v_x(t) = v_0 \\ v_y(t) = \frac{-qE}{m}t \end{cases}$$

- Equations paramétriques du vecteur position

Dans le plan du mouvement le vecteur position a pour coordonnées :

$$\overrightarrow{OM}(t)\begin{cases} x(t) = v_0 t \\ y(t) = -\frac{qE}{m}\frac{t^2}{2} \end{cases}$$

- Equation de la trajectoire

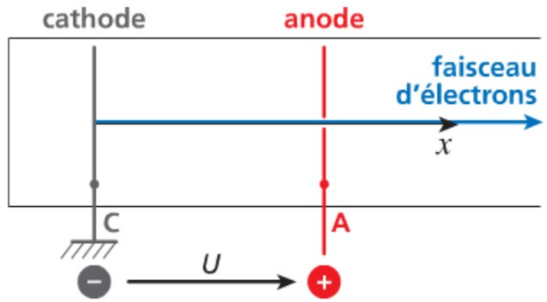
Dans le plan du mouvement l'équation de la trajectoire est :

$$y(x) = -\frac{qE}{2mv_o^2}x^2$$

d. Accélération de particules sans vitesse initiale

L'expérience se ramène à l'étude d'une chute libre sans vitesse initiale ; pour l'exemple du canon à électron on accélère la vitesse des électrons (on prend q=-e)

- Schéma d'hypothèses



- Equation paramétriques du vecteur accélération

Dans l'espace le vecteur accélération a pour coordonnées :

$$\vec{a}(t)\left\{ a_x(t) = \frac{eE}{2m} \right\}$$

- Equation paramétriques du vecteur vitesse

Dans l'espace le vecteur vitesse a pour coordonnées :

$$\vec{v}(t)\left\{ v_x(t) = \frac{eE}{m}t \right\}$$

- Equation paramétriques du vecteur position

Dans le plan du mouvement le vecteur position a pour coordonnées :

$$\overrightarrow{OM}(t)\left\{x(t)=\frac{eE}{2m}t^2\right\}$$

- Vitesse acquise par un électron

On démontre que la vitesse acquise par un électron entre les électrodes est définie par :

$$v_A=\sqrt{\frac{2eU}{m}}=\sqrt{\frac{2eEd}{m}}$$

3. Travail d'une force

a. Définition

Le travail d'une force constante $\vec{F}$ pour un déplacement de A vers B est une énergie définie par :

$$W(\overrightarrow{F_{A\to B}})=\vec{F}\cdot\overrightarrow{AB}=F\cdot AB\cdot\cos(\alpha) \quad \text{unité Joule (J)}$$

Cas particuliers :

- pour $-90°<\alpha<90°$ $W(\vec{F})>0$ $\vec{F}$ force motrice
- pour $90°<\alpha<270°$ $W(\vec{F})<0$ $\vec{F}$ force résistante
- pour $\alpha=\pm 90°$ $W(\vec{F})=0$ $\vec{F}$ ne travaille pas

b. Forces conservatives et non conservatives

Une force est conservative lorsque le travail ne dépend pas du chemin suivi (exemple : force gravitationnelle, poids, force électrostatique)

Une force est non conservative lorsque le travail dépend du chemin suivi (exemple : tension d'un fil, moteur, forces de frottement)

4. Théorème de l'énergie cinétique

Pour un système mécanique non relativiste :

$$\sum W_{A\to B}(\overrightarrow{F_{ext}})=\Delta E_{C_{A\to B}}$$

5. Les formes d'énergies en mécanique

a. Energie cinétique

Pour un point matériel de masse m et de vitesse v l'énergie cinétique est définie par :

$$E_c=\frac{1}{2}m\cdot v^2$$

b. Travail des forces usuelles

- travail du poids

Pour un déplacement de A (altitude z_A) vers B (altitude z_B), le travail du poids est défini par :

$$W(\overrightarrow{P_{A\to B}})=mg(z_A-z_B)$$

- travail de la force électrostatique

Pour un déplacement de A (potentiel V_A) vers B (potentiel V_B), le travail de la force électrostatique est défini par :

$$W(\overrightarrow{F_{A\to B}})=q(V_A-V_B)$$

c. Energie potentielle de pesanteur

Pour un solide de masse m à l'altitude z, on définit : $E_{pp}=mgz$

d. Energie mécanique

Pour un système mécanique étudié, on défini :

$$E_M=E_C+E_P$$

Lorsque le système mécanique est soumis uniquement à des forces conservatives :

$$\Delta E_M=0$$

Lorsque le système mécanique est soumis à des forces dissipatives :

$$\Delta E_M=W(\overrightarrow{f_{nc}})$$