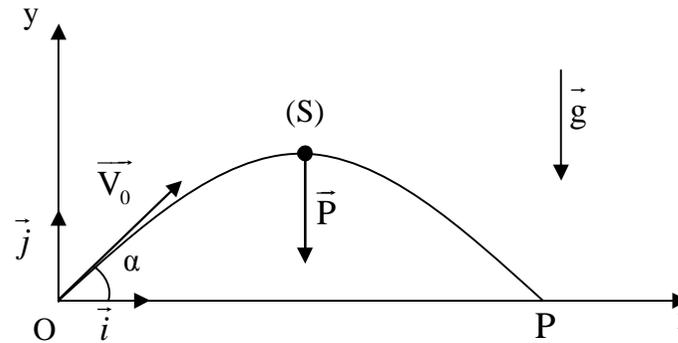


Niveau : T^{le} D	OG 1 : ANALYSER LA NATURE DU MOUVEMENT DU CENTRE D'INERTIE D'UN SOLIDE.	
TITRE : MOUVEMENTS DANS UN CHAMP UNIFORME		Durée : 7 H
Objectif spécifique :	OS 4 : Appliquer la relation $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$ à un solide soumis à une force constante.	
Moyens :		
Vocabulaire spécifique :		
Documentation : Livres de Physique AREX Terminale C et D, Eurin-gié Terminale D. Guide pédagogique et Programme.		
Amorce : <div style="text-align: center;">  <p>Fomesoutra.com <i>ça soutra !</i> Docs à portée de main</p> </div>		
Plan du cours : <p>I) Mouvement d'un solide dans un champ de pesanteur uniforme</p> <ul style="list-style-type: none"> 1° Etude dynamique 2° Etude cinématique <ul style="list-style-type: none"> 2.1° Equations horaires du mouvement 2.2° Etude de la trajectoire <ul style="list-style-type: none"> 2.2.1° Equation cartésienne de la trajectoire 2.2.2° Flèche H 2.2.3° Portée <p>II) Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme</p> <ul style="list-style-type: none"> 1° Rappels sur le champ électrostatique 	<p>2° Etude du mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme</p> <ul style="list-style-type: none"> 2.1° Etude dynamique 2.2° Etude cinématique <ul style="list-style-type: none"> 2.2.1° Equations horaires du mouvement 2.2.2° Equation cartésienne de la trajectoire 2.2.3° Déviation ou déflexion électrostatique 	

MOUVEMENTS DANS UN CHAMP UNIFORME

I) Mouvement d'un solide dans un champ de pesanteur uniforme

Un projectile (S) de masse m est lancé vers le haut avec une vitesse initiale \vec{V}_0 incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale dans le champ de pesanteur uniforme. Le projectile décrit la trajectoire ci-après :



1° Etude dynamique

Référentiel : référentiel terrestre supposé galiléen.

Repère d'espace : repère d'axes $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$.

Bilan des forces : le poids \vec{P} du projectile.

Appliquons le T.C.I. :

G étant le centre d'inertie du solide (S) on a :

$$\begin{aligned} \sum \vec{F}_{\text{ext}} &= m \cdot \vec{a}_G & \Rightarrow & \quad \vec{P} = m \cdot \vec{a}_G \\ m \cdot \vec{g} &= m \cdot \vec{a}_G & \text{d'où :} & \quad \vec{a}_G = \vec{g} = -g \vec{j}. \end{aligned}$$

2° Etude cinématique

2.1° Equations horaires du mouvement

A l'instant initial ($t = 0$ s), le projectile (S) coïncide avec O origine du repère et $\vec{V} = \vec{V}_0$;

$$\text{On a : } \vec{a}_G \begin{cases} \ddot{x} = 0 \\ \ddot{y} = -g \\ \ddot{z} = 0 \end{cases} \quad \vec{OG}_0 \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \\ z_0 = 0 \end{cases} \quad \vec{V}_0 \begin{cases} \dot{x}_0 = V_0 \cos\alpha \\ \dot{y}_0 = V_0 \sin\alpha \\ \dot{z}_0 = 0 \end{cases}$$

$$\vec{a}_G = \vec{g} \quad \Rightarrow \quad \text{à } t \neq 0 \quad \vec{V} = \vec{g} t + \vec{V}_0 \quad \text{et} \quad \vec{OG} = \frac{1}{2} \vec{g} t^2 + \vec{V}_0 t + \vec{OG}_0$$

$$\text{d'où à } t \neq 0 : \vec{a}_G \begin{cases} \ddot{x} = 0 \\ \ddot{y} = -g \\ \ddot{z} = 0 \end{cases} \Rightarrow \vec{V} \begin{cases} \dot{x} = V_0 \cos\alpha \\ \dot{y} = -gt + V_0 \sin\alpha \\ \dot{z} = 0 \end{cases} \Rightarrow \vec{OG} \begin{cases} x = V_0 \cos\alpha t \\ y = -\frac{1}{2} g t^2 + V_0 \sin\alpha t \\ z = 0 \end{cases}$$



Ce sont les équations horaires du mouvement.

2.2° Etude de la trajectoire

2.2.1° Equation cartésienne de la trajectoire

$\forall t, z = 0 \Rightarrow$ le mouvement est plan et se déroule dans le plan (xOy).

$$\text{On a : } x = V_0 \cos\alpha t \quad \Rightarrow \quad t = \frac{x}{V_0 \cos\alpha}$$

$$\Rightarrow y = -\frac{1}{2} g \left(\frac{x}{V_0 \cos\alpha} \right)^2 + V_0 \sin\alpha \left(\frac{x}{V_0 \cos\alpha} \right)$$

$$\Rightarrow y = -\frac{1}{2} \frac{gx^2}{V_0^2 \cos^2\alpha} + x \frac{V_0 \sin\alpha}{V_0 \cos\alpha}$$

d'où :

$$y = -\frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2\alpha} + x \tan\alpha$$

La trajectoire est **parabolique**.

2.2.2° Flèche H

La flèche H est la **hauteur maximale** atteinte par le projectile au cours de son mouvement : c'est le sommet de la trajectoire.

Au **sommet** de la trajectoire la composante verticale de la vitesse ($v_y = \dot{y}$) est nulle :

$$\Rightarrow \dot{y} = -g t_H + V_0 \sin\alpha = 0 \quad \Rightarrow \quad t_H = \frac{V_0 \sin\alpha}{g}$$

La hauteur H est donc :

$$H = -\frac{1}{2} g \left(\frac{V_0 \sin\alpha}{g}\right)^2 + V_0 \sin\alpha \left(\frac{V_0 \sin\alpha}{g}\right)$$

$$H = -\frac{1}{2} \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{g} + \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{g}$$


Docs à portée de main

Soit :

$$H = \frac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$$

Remarque : La flèche est maximale pour $\alpha = \pi/2$ rad : $H_{\max} = \frac{V_0^2}{2g}$.

2.2.3° Portée

La **portée** x_P est l'abscisse du **point d'impact** P du lancer.

A la portée : $y_P = 0 \Rightarrow y_P = -\frac{1}{2} \frac{gx_P^2}{V_0^2 \cos^2\alpha} + x_P \tan\alpha = 0$

$$x_P \left(-\frac{1}{2} \frac{gx_P}{V_0^2 \cos^2\alpha} + \tan\alpha\right) = 0$$

$$x_P = 0 \quad \text{ou} \quad -\frac{1}{2} \frac{gx_P}{V_0^2 \cos^2 \alpha} + \tan \alpha = 0$$

$x_P = 0$ est le point de lancement du projectile (x_0).

$$-\frac{1}{2} \frac{gx_P}{V_0^2 \cos^2 \alpha} + \tan \alpha = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{2} \frac{gx_P}{V_0^2 \cos^2 \alpha} = \tan \alpha$$

$$x_P = \frac{2V_0^2 \cos^2 \alpha \tan \alpha}{g} \quad \Rightarrow \quad x_P = \frac{2V_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g}$$

Fomesoutra.com
ça soutra !
 Docs à portée de main

Soit :

$$x_P = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

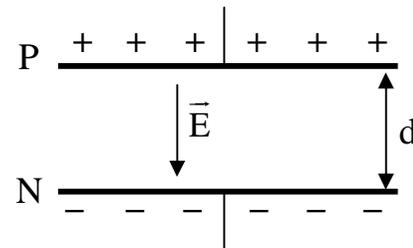
Remarques :

- La portée P est atteinte pour : $t_P = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$ et $t_P = 2 t_H$.

La portée est maximale pour $\sin 2\alpha = 1$ soit $\alpha = \pi/4$ rad : $x_{\max} = \frac{V_0^2}{g}$.

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

1° Rappels sur le champ électrostatique



Si on applique une tension constante U_{PN} entre deux plaques métalliques planes et parallèles distantes de d , on obtient un champ électrostatique uniforme \vec{E} . Le vecteur champ électrostatique \vec{E} est alors :

- perpendiculaire aux plaques ;
- dirigé dans le sens des potentiels décroissants.



Son intensité est donnée par la relation :

$$E = \frac{U_{PN}}{d} \quad \begin{cases} U_{PN} \text{ en V} \\ d \text{ en m} \\ E \text{ en V.m}^{-1} \end{cases}$$

Une particule de charge q , placée dans le champ électrostatique \vec{E} est alors soumise à la force électrostatique \vec{F}_e telle que : $\vec{F}_e = q \vec{E}$.

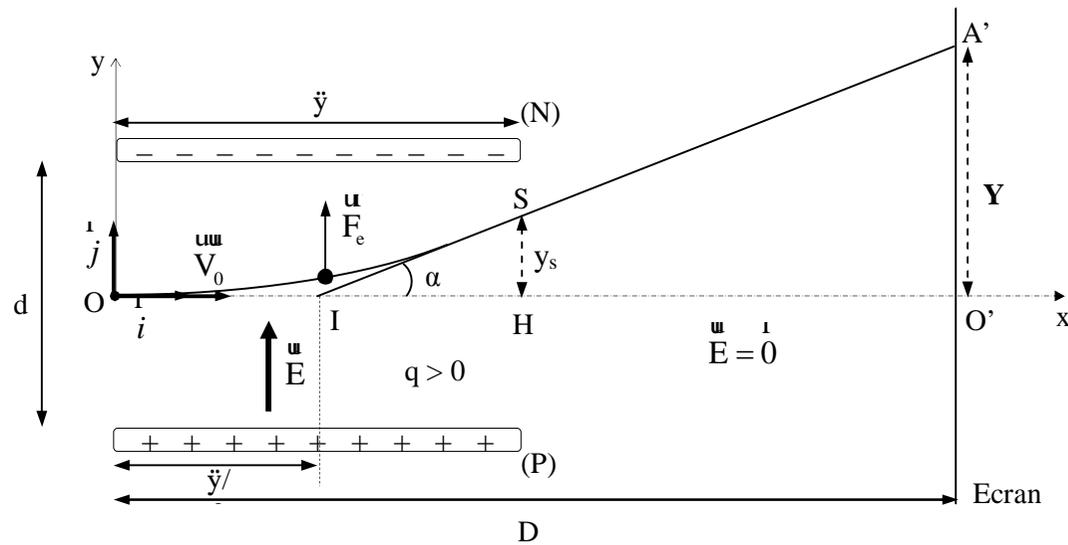
Le travail de \vec{F}_e sur un déplacement \vec{AB} est :

$$W_{AB}(\vec{F}_e) = q \vec{E} \cdot \vec{AB} = q E_{AB} = q E (V_A - V_B)$$

$V_A - V_B$ étant la différence de potentiel (d.d.p.) entre les points A et B.

2° Etude du mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme

Une particule de masse m , de charge $q > 0$, pénètre entre deux plaques horizontales en un point O dans une région où règne un champ électrostatique uniforme \vec{E} , avec une vitesse initiale \vec{V}_0 perpendiculaire à \vec{E} . A l'intérieur du condensateur ainsi constitué, la particule décrit une trajectoire parabolique.



2.1° Etude dynamique

Système : la particule (p) ;

Référentiel : référentiel terrestre supposé galiléen ;

Repère d'espace : repère d'axes (O, \vec{i}, \vec{j}) ;

Bilan des forces : le poids \vec{P} de la particule et la force électrostatique \vec{F}_e .

Appliquons le T.C.I. :

G étant le centre d'inertie de la particule (p) on a :

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{a}_G \quad \Rightarrow \quad \vec{P} + \vec{F}_e = m \cdot \vec{a}_G$$

$$\vec{P} \ll \vec{F}_e \quad \Rightarrow \quad \vec{F}_e = m \cdot \vec{a}_G \quad \Rightarrow \quad q\vec{E} = m \cdot \vec{a}_G$$

$$\text{d'où :} \quad \vec{a}_G = \frac{q}{m} \vec{E}$$

$$\Rightarrow \quad \vec{a}_G = \frac{qE}{m} \vec{j} = \frac{qU}{md} \vec{j} \quad \text{car} \quad E = \frac{U}{d}.$$

2.2° Etude cinématique

2.2.1° Equations horaires du mouvement

A l'instant initial ($t = 0$ s), la particule (p) coïncide avec O origine du repère et $\vec{V} = \vec{V}_0$.

$$\Rightarrow \overrightarrow{OG_0} \left| \begin{array}{l} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{array} \right. \quad \text{et} \quad \vec{V}_0 \left| \begin{array}{l} \dot{x}_0 = V_0 \\ \dot{y}_0 = 0 \end{array} \right.$$

$$\vec{a}_G = \frac{q}{m} \vec{E} \Rightarrow \text{à } t \neq 0 \quad \vec{V} = \frac{q}{m} \vec{E} t + \vec{V}_0 \quad \text{et} \quad \overrightarrow{OG} = \frac{1}{2} \frac{q}{m} \vec{E} t^2 + \vec{V}_0 t + \overrightarrow{OG_0}$$

$$\text{d'où à } t \neq 0 : \quad \vec{a}_G \left| \begin{array}{l} \ddot{x} = 0 \\ \ddot{y} = \frac{qU}{md} \end{array} \right. \Rightarrow \vec{V} \left| \begin{array}{l} \dot{x} = V_0 \\ \dot{y} = \frac{qU}{md} t \end{array} \right. \Rightarrow \overrightarrow{OG} \left| \begin{array}{l} x = V_0 t \\ y = \frac{1}{2} \frac{qU}{md} t^2 \end{array} \right.$$

Ce sont les équations
horaires du mouvement

2.2.2° Equation cartésienne de la trajectoire

$$\text{On a : } x = V_0 t \Rightarrow t = \frac{x}{V_0} \Rightarrow y = \frac{qU}{2md} \left(\frac{x}{V_0}\right)^2$$

$$\text{d'où : } \boxed{y = \frac{qU}{2mdV_0^2} x^2}$$


ga soutra!
Docs à portée de main

Dans la région où règne le champ ($0 \leq x \leq \ddot{y}$), la trajectoire est **parabolique**.

2.2.3° Déviation ou déflexion électrostatique

A l'extérieur du condensateur, le champ électrostatique est nul : $\vec{F}_e = q \vec{E} = \vec{0}$

d'où : $\vec{a}_G = \vec{0}$; le mouvement devient **rectiligne uniforme**.

- Déterminons la **dévi**ation angulaire α :

Considérons le triangle rectangle IHS : $\tan\alpha = \frac{y_s}{IH} = \frac{y_s}{\ell/2} = \frac{2y_s}{\ell}$ (I milieu de OH) ;

$$\text{En S, } x = \ddot{y} \Rightarrow y_s = \frac{qU\ell^2}{2mdV_0^2} \Rightarrow \tan\alpha = \frac{2qU\ell^2}{2mdV_0^2\ell} \Rightarrow \boxed{\tan\alpha = \frac{qU\ell}{mdV_0^2}}$$

- La **déflexion électrostatique** est l'ordonnée du point d'impact sur l'écran :

dans le triangle rectangle IO'A' : $\tan\alpha = \frac{Y}{D - \ell/2} = \frac{qU\ell}{mdV_0^2}$;

$$\Rightarrow \boxed{Y = \left(D - \frac{\ell}{2}\right) \frac{qU\ell}{mdV_0^2}} \Rightarrow Y = k.U \text{ avec } k = \left(D - \frac{\ell}{2}\right) \frac{q\ell}{mdV_0^2} = \text{cte.}$$

La déflexion électrostatique est proportionnelle à la tension appliquée U aux bornes du condensateur.