Chap V : Mouvements dans un champ uniforme

I. Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme

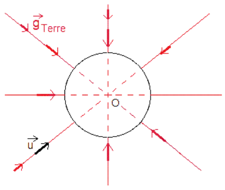
***Ressource* : Vidéo V05a**

Un ***champ est dit uniforme*** lorsqu'il est identique en tout point de l'espace, c'est-à-dire lorsque ***le vecteur champ* est constant en tout point de l'espace.**

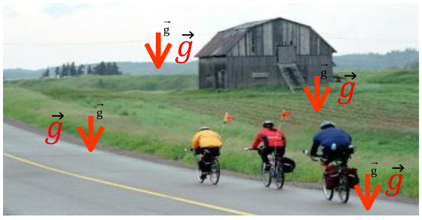
Attention à ne pas confondre champ (existe en tout point de l'espace) et force (s'applique sur un système)

1°- Le champ de pesanteur $\vec{g}$

Le champ de pesanteur (ou champ de gravitation) est le champ crée par un corps du fait de sa masse. Le champ de pesanteur terrestre est dirigé vers le centre de la Terre, il n'est donc pas uniforme.



Champ de pesanteur terrestre



Champ de pesanteur au voisinage du sol

Au voisinage du sol, on peut négliger les variations d'altitude et la courbure de la Terre. Par approximation, on considérera que le champ de pesanteur est uniforme (même sens, même direction et même valeur) dans un domaine dont les dimensions sont de l'ordre du kilomètre.

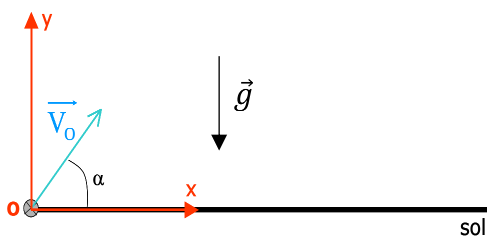
2°- Comment prévoir le mouvement d'un projectile dans un champ de pesanteur uniforme ?

Description de la situation

On étudie le mouvement d'un projectile de centre d'inertie G et de masse m lancé d'un point O à t = 0 avec une vitesse initiale $\vec{v_0}$ qui fait un angle α avec l'horizontale.

On considère que
- Les frottements sont négligeables.
- Le champ de pesanteur est considéré uniforme.

- **Étape 1 : Définition du système et choix du référentiel.**



- Système :

- Référentiel :

L'axe z est perpendiculaire à la feuille et pointe vers nous

- **Étape 2 : Bilan des forces s'exerçant sur le système**

Inventaire des forces : ………………………………

Lorsqu'un système n'est soumis qu'à son ……………………, on dit que le système est en ....

- **Étape 3 : Application de la seconde loi de Newton pour trouver $\vec{a}$**

> ***Lors d'une chute libre :***
> - ***Le vecteur accélération est …….....……….. et ………………… au vecteur champ de pesanteur.***
> - ***Le mouvement est <u>indépendant</u> de la masse du projectile.***

- **Étape 4 : Calcul des coordonnées du vecteur accélération.**

Grâce à l'étape 3 on sait que $\vec{a} = \cdots$

On a donc besoin de connaître les coordonnées de .... $\overrightarrow{\ldots} \begin{pmatrix} \ldots \\ \ldots \\ \ldots \end{pmatrix}$

On en déduit donc les coordonnées du vecteurs accélération en fonction du temps.

$$\overrightarrow{a_G} \begin{cases} a_x(t) = \ldots\ldots\ldots \\ a_y(t) = \ldots\ldots\ldots \\ a_z(t) = \ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

Équations horaires de l'accélération.

- **Étape 5 : Calcul des coordonnées du vecteur vitesse (équations horaires de la vitesses).**

On sait que $\vec{a} = \cdots$

Le vecteur vitesse est donc ***la primitive*** (fonction, qui, si on la dérive donne la fonction de départ) du vecteur accélération.

Remarque : la primitive d'une fonction fait toujours apparaitre une constante appelée constante d'intégration. Cette constante est obtenue grâce aux conditions initiales (C.I.) du mouvement

Les coordonnées du vecteur vitesse sont donc obtenues en recherchant la primitive des coordonnées du vecteur accélération. Les constantes d'intégration correspondent aux valeurs prises par chaque coordonnée à t = 0. (C.I.)

a- On calcule les primitives des coordonnées du vecteur accélération.

$$\overrightarrow{V_G} \begin{cases} V_x(t) = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ V_y(t) = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ V_z(t) = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

b- On utilise les conditions initiales de la situation pour déterminer les constantes d'intégrations.

Dans la situation décrite, à t = 0 : $\overrightarrow{V_0} \begin{cases} V_{0x} = \ldots\ldots = \ldots\ldots\ldots \\ V_{0y} = \ldots\ldots = \ldots\ldots\ldots \\ V_{0z} = \ldots\ldots = \ldots\ldots\ldots \end{cases}$

c- On remplace les constantes d'intégrations par leur expression.

$$\overrightarrow{V_G} \begin{cases} V_x(t) = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ V_y(t) = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ V_z(t) = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

Équations horaires de la vitesse *dans la situation de l'exemple*.

- **Étape 6 : Calcul des coordonnées du vecteur position (équations horaires du mouvement).**

On sait que ……………………

Le vecteur position est donc ....

On en déduit :

$$\overrightarrow{OG}\begin{cases} x(t) = \dots\dots\dots\dots..\dots\dots\dots \\ y(t) = \dots\dots\dots\dots\dots\dots..\dots \\ z\,(t) = \dots\dots\dots\dots.\dots\dots\dots \end{cases}$$

Les conditions initiales sont : à t = 0, le projectile est au point ….. donc $\overrightarrow{OO}\begin{cases} x_0 = \cdots \\ y_0 = \cdots \\ z_0 = \cdots \end{cases}$

On en déduit $\overrightarrow{OG}\begin{cases} x(t) = \dots\dots\dots\dots..\dots\dots.. \\ y(t) = \dots\dots\dots\dots\dots\dots... \\ z\,(t) = \dots\dots\dots\dots.\dots\dots.. \end{cases}$ (1)

Équations horaires du mouvement
dans la situation de l'exemple.

- **Étape 7 : Équation de la trajectoire.**

Le mouvement ***ne dépend pas de z, il est donc situé dans le plan xOy*** et la ***trajectoire*** a donc pour équation ***y = f(x).***

Pour trouver l'équation de la trajectoire, il faut donc combiner les équations horaires de manière à remplacer la variable de temps par une variable d'espace.

L'équation (1) donne ....=...................

Après simplification, on en déduit :

$$\boxed{y(x) = \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots}$$

La trajectoire d'un projectile lancé avec une vitesse initiale $\overrightarrow{V_0}$ faisant un angle α avec l'horizontal est une portion de ……..........…………, située dans le plan contenant le vecteur $\overrightarrow{V_0}$.

3°- Étude énergétique du mouvement.

***Ressources* : Vidéos 05b et 05c révisions de première + vidéos bonus**

a- Rappels sur l'énergie

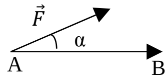
- L'énergie cinétique est l'énergie que possède un corps du fait de sa .... : E_C = ...
- L'énergie potentielle de pesanteur est l'énergie que possède un corps du fait de son .... : Epp = ...
- L'énergie mécanique d'un système est la .... de son énergie .... et de son énergie .... : Em = ...

b- Rappels sur le travail d'une force.

Le travail d'une force est un mode de transfert d'énergie. ***Une force qui travaille prend ou cède de l'énergie au système qui subit la force.***

Pour une force constante se déplaçant sur un trajet AB, le travail de la force est donné par :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F \times AB \times \cos(\vec{F},\overrightarrow{AB})$$



- Lorsque le travail d'une force ne dépend pas du chemin suivi entre les points A et B, on dit que la force est ***conservative***. Dans ce cas, il lui est associé une énergie ***potentielle*** .

  Ex : Le poids et la force électrique $W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$ et $E_{pp}(A) = m.g.z_A$

- Si le travail de la force dépend du chemin suivi, la force est alors ***non conservative***.

  Ex : Les forces de frottements $\vec{f}$

c- Théorème de l'énergie cinétique.

La variation ΔE_C de l'énergie cinétique d'un système en mouvement d'un point A à un point B est égale à la somme des travaux de toutes les forces s'exerçant sur le système.

$$\boxed{\boldsymbol{\Delta E_C(AB) = E_c(B) - E_c(A) = \Sigma\, W_{AB}(\vec{F})}}$$

d- Théorème de l'énergie mécanique.

La variation ΔE_m de l'énergie mécanique d'un système est égale au travail des forces non conservatives.

$$\boxed{\boldsymbol{\Delta E_m(AB) = E_m(B) - E_m(A) = W_{AB}(\vec{f})}}$$

où $\vec{f}$ représente les forces de frottements

- ***En l'absence de forces frottements*** $\Delta E_m = \ldots.\ldots$ on dit que l'énergie mécanique se ....

- ***En présence de forces frottements*** $\Delta E_m \neq \ldots\ldots\ldots$ l'énergie mécanique ....

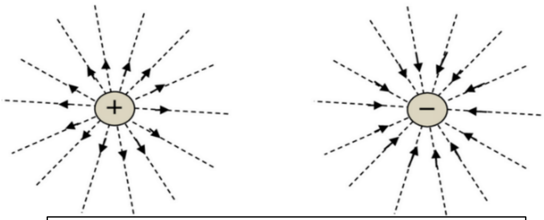
Si $\Delta E_m < 0$ le système .... de l'énergie
Si $\Delta E_m > 0$ le système .... de l'énergie

II. Mouvement dans un champ électrique uniforme

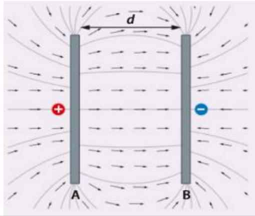
***Ressource* : Vidéo V05d**

1°- Le champ électrique $\vec{E}$

Le ***champ électrique*** (ou électrostatique) $\vec{E}$ est un champ vectoriel qui existe partout où des charges électriques sont présentes.



Champ électrique $\vec{E}$ crée par une charge électrique



Champ électrique $\vec{E}$ crée par un condensateur plan

Pour obtenir un champ électrique uniforme ($\vec{E} = \overrightarrow{cst}$), il faut se placer entre les armatures ***d'un condensateur plan***. C'est-à-dire d'un ensemble de ***2 plaques planes et parallèles***, séparées d'une ***distance d*** par un isolant (le vide cette année) et soumise à une ***tension électrique U***. Lorsque les plaques d'un condensateur sont soumises à une tension électrique, elles se chargent électriquement et il apparait alors entre elles un champ $\vec{E}$ uniforme dont les caractéristiques sont :

$\vec{E}$ |
- Direction : perpendiculaire aux plaques
- Sens : il dépend donc du signe de la tension U
- Valeur : $E = \frac{|U|}{d}$ en ***V.m***$^{-1}$ ou N.C^{-1}

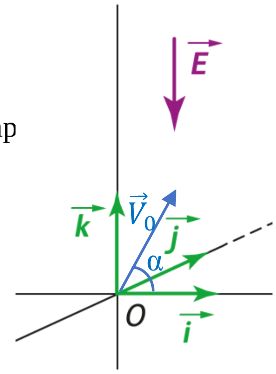
La valeur du champ est donc d'autant plus grande que U est .... et/ou d est ....

2°- Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme.

Description de la situation.

Une particule de masse **m** porte une charge électrique **q**. A t = 0 elle entre au point O dans un champ $\vec{E}$, avec une vitesse initiale $\vec{V_0}$ qui fait un angle α avec l'horizontale.

Son poids est considéré comme négligeable devant la force électrique.



Le vecteur $\vec{j}$ est dirigé vers l'arrière du plan xOz

- **<u>Étape 1 : Définition du système et choix du référentiel.</u>**

- **<u>Étape 2 : Bilan des forces s'exerçant sur le système</u>**

Le système est soumis à : ……………………………….

- **<u>Étape 3 : Application de la seconde loi de Newton</u>**

Le vecteur accélération est constant car le champ $\vec{E}$ est ....

Il a - même .... que $\vec{E}$
- même .... si q................ et un sens .... si q ....

- **<u>Étape 4 : Coordonnées du vecteur accélération.</u>**

Grâce à l'étape 3 on sait que $\vec{a} = \cdots$

On a donc besoin de connaître les coordonnées de ..... $\overrightarrow{\ldots}\begin{pmatrix} \ldots \\ \ldots \\ \ldots \end{pmatrix}$

On en déduit donc les coordonnées du vecteurs accélération en fonction du temps.

$$\overrightarrow{a_G}\begin{cases} a_x(t) = \ldots\ldots\ldots.. \\ a_y(t) = \ldots\ldots\ldots.. \\ a_z(t) = \ldots\ldots\ldots.. \end{cases}$$

Équations horaires de l'accélération.

- **<u>Étape 5 : Coordonnées du vecteur vitesse.</u>**

- **<u>Étape 6 : Coordonnées du vecteur position.</u>**

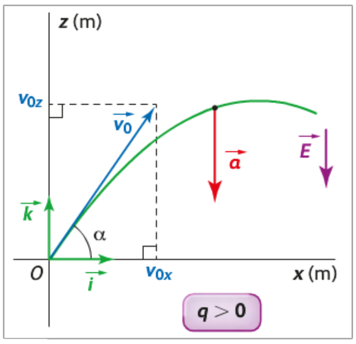
- **<u>Étape 7 : Équation de la trajectoire.</u>**

Le mouvement ne dépend pas de y, il est donc situé dans le plan xOz et la trajectoire a donc pour équation z = f(x).

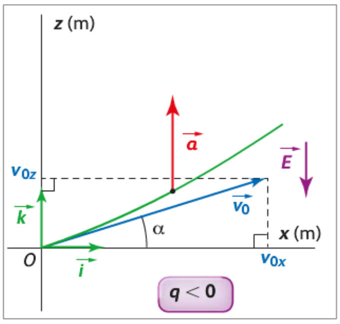
Après simplification, on en déduit :

$$\boxed{z(x) = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots}$$

La trajectoire d'une particule chargée lancée avec une vitesse initiale $\overrightarrow{V_0}$ faisant un angle α avec l'horizontal est une portion de parabole située dans le plan contenant $\overrightarrow{V_0}$.



Quand la particule porte une charge q > 0, la trajectoire parabolique est tournée dans le sens du champ $\vec{E}$.



Quand la particule porte une charge q < 0, la trajectoire parabolique est tournée dans le sens opposé au champ $\vec{E}$.

<u>Principe d'un accélérateur de particules</u> : voir exercices