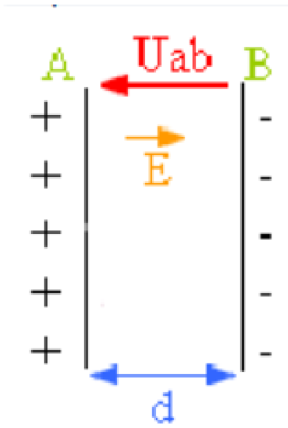
Chapitre 13 : Etude de particule chargée dans un champ uniforme.

- *Connaître et exploiter les trois lois de Newton ; les mettre en œuvre pour étudier des mouvements dans des champs de pesanteur et électrostatique uniformes.*
- *Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour étudier un mouvement.*

I. Accélération d'une particule dans un champ électrostatique uniforme.

1) Rappel sur le champ E.



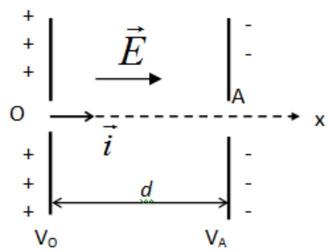
Entre 2 plaques portées à des potentiels différents, il existe un champ électrique noté E.

E est tel que :

- Direction perpendiculaire aux plaques
- le vecteur champ E est dirigée vers les potentiels décroissants de A vers B : $V_A > V_B$ donc $U_{AB} > 0$.
- Sa norme est donnée par la relation : E = U/d

Si q > 0 (protons) alors F et E sont dans le même sens.
Si q < 0 alors F et E sont de sens opposés.

2) Etude de particules dans un champ E.



Accélération de la particule.

Le système est une particule de charge q, de masse m et de vitesse initiale Vo.

Le système est soumis : à la force électrique $\vec{F} = q\,\vec{E}$

le poids $\vec{P}$ négligeable devant $\vec{F}$: $\vec{P} << \vec{F}$

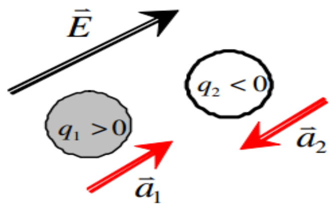
=> **la seule force agissant sur la particule est la force électrique**

On applique la deuxième loi de Newton : $m.\frac{d\vec{V}}{dt} = q.\vec{E}$

L'accélération est donnée par :

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

où $\vec{a}$: Accélération de la particule chargée (m/s^2)
q : Charge électrique de la particule (C)
$\vec{E}$: Champ électrique constant (N/C)
m : Masse de la particule (kg)



Equation de la trajectoire de la particule.

Pour trouver le vecteur vitesse, on cherche une primitive : $\vec{V} = \frac{q}{m}.\vec{E}.\,t + \overrightarrow{Vo}$

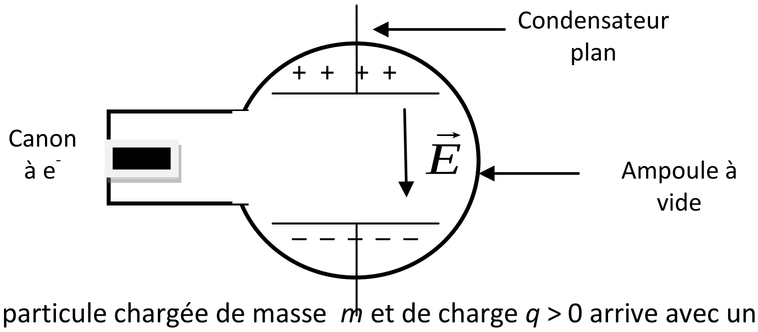
Si $\vec{E}\ et\ \overrightarrow{Vo}$ sont parallèle, la vitesse de al particule augmente et est donnée par :
On peut projeter la relation vectorielle sur un axe (Ox) : **Vx = (qE/m).t + Vox**

On peut obtenir la position de la particule en fonction du temps : x = qEt²/(2m) + Vox.t + xo

Connaissant la distance entre les 2 armatures, on peut calculer le temps t1 mis pour arriver en A.
La vitesse en A (pour t1) est obtenue à partie de Vx(t1).

II. Déviation d'une particule chargée par un champ électrique uniforme.

1) Expérience de déviation.

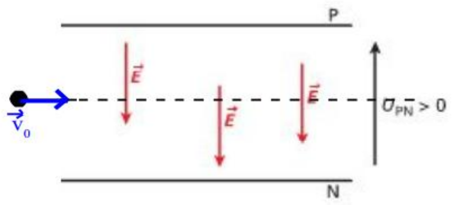


Observation :

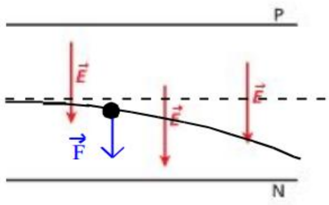
La trajectoire des électrons est une parabole entre les armatures du condensateur

Une particule chargée de masse m et de charge $q > 0$ arrive avec une vitesse initiale $\vec{v}_0 \perp \vec{E}$ au point O pris comme origine du mouvement.

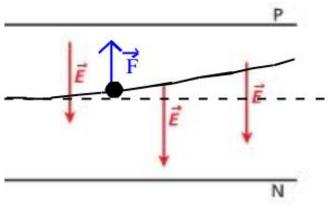
Particule à l'entrée



particule chargée positivement

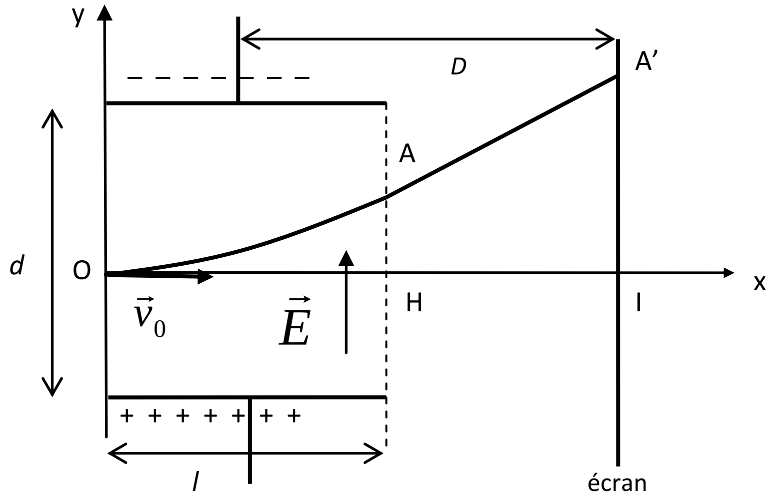


particule chargée négativement



2) Etude la trajectoire.

Le système « particule » est étudié dans le référentiel laboratoire.



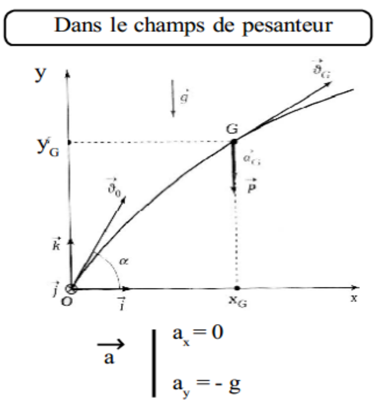
$\sum \vec{F}_{ext}$: $\vec{F} = q.\vec{E}$

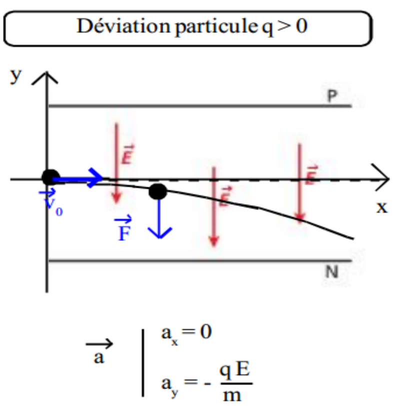
C.I : m. $\frac{d\vec{V}}{dt}$= q.$\vec{E}$

La projection de la relation vectorielle :

$$\begin{cases} \frac{dVy}{dt} = qE/m \Rightarrow Vy = qEt/m \\ \frac{dVx}{dt} = 0 \Rightarrow Vx = vo \end{cases}$$

$$\begin{cases} Y = qEt^2/(2m) \\ X = Vo.t \end{cases}$$





$\vec{v}\left|\begin{array}{l} v_x = V_0.\cos\alpha \\ v_y = -\,g.t + V_0.\sin\alpha \end{array}\right.$ | $\vec{v}\left|\begin{array}{l} v_x = V_0 \\ v_y = -\dfrac{qE}{m}.t \end{array}\right.$

$\overrightarrow{OM}\left|\begin{array}{l} x = V_0.t.\cos\alpha \\ y = -\dfrac{1}{2}g.t^2 + V_0.t.\sin\alpha \end{array}\right.$ | $\overrightarrow{OM}\left|\begin{array}{l} x = V_0.t \\ y = -\dfrac{1}{2}\dfrac{qE}{m}.t^2 \end{array}\right.$

3) Déviation et déflexion électriques

A la sortie du condensateur, la PC n'est soumise à aucune force (poids négligé), d'après le Principe d'Inertie son mouvement est alors rectiligne uniforme. Alors $v_{A'} = v_A$

La trajectoire et alors rectiligne de direction celle de $\vec{v}_A$ faisant un angle α avec l'horizontale.

Sur la figure : $\tan\alpha = \dfrac{v_{ay}}{v_{ax}}$.

III. Energie et particule.

1) Relation entre le vecteur champ et le vecteur déplacement

La tension U_{AB} est égale à la différence de potentiel électrique entre les points A et B: $U_{AB} = V_A - V_B$

avec V_A et V_B respectivement potentiel électrique au point A et B. Unité: potentiel et tension en volt (V).

Entre 2 plaques chargées règne un champ électrique $\vec{E}$ orienté de la plaque positive vers la plaque négative.

http://uel.unisciel.fr/physique/elecstat/elecstat_ch03/co/apprendre_ch03_02.html

La valeur du champ électrostatique entre 2 plaques P (plus) et N (négative) est égale à la tension U_{PN} divisée par la distance d entre les plaques: $\boxed{E = \dfrac{U_{PN}}{d}}$

Unité: U_{PN}(V) > 0, d(m), E ($V.m^{-1}$) > 0 (c'est une norme!).

Plus généralement le produit scalaire du vecteur champ par le vecteur déplacement entre A et B vaut:

$$\vec{E}.\overrightarrow{AB} = U_{AB}$$

avec $U_{AB} = V_A - V_B$ tension entre le point A et le point B

2) Travail de la force électrique conservative

Une particule de masse M, supposée ponctuelle, de charge électrique q et de masse m, est placée dans un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$. Elle est soumise à une force électrostatique $\vec{F} = q.\vec{E}$. Elle se déplace d'un point A à un point B. Le travail de la force électrostatique le long de n'importe quel chemin AB est:

$W_{AB}(\vec{F}) = q.\vec{E}.\overrightarrow{AB} = q.E.AB..\cos(\vec{F},\overrightarrow{AB}) = q.E.AB.\cos\alpha$ **= q.U_{AB}**

$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = q.U_{AB}}$ Unité : $W_{AB}(\vec{F})$ en joule (J); q en coulomb(C); U_{AB} en volt (V)

Remarque: quand est-ce que le travail de la force électrostatique est moteur? Résistant?

Sur le schéma ci dessus $U_{AB} > 0$.

- si q > 0 , $W_{AB}(\vec{F}) > 0$ travail moteur, la force est dans le sens du mouvement
- si q < 0, $W_{AB}(\vec{F}) < 0$, travail résistant, la force est opposée au mouvement