

Mouvement d'une particule chargée dans les champs \vec{E} et \vec{B}

I Force de Lorentz

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$$

× Ordre de grandeur de \vec{v} : $u \approx 10^5 \text{ m.s}^{-1}$ (vitesse quadratique).

× On néglige le poids devant les forces électrostatiques et magnétiques.

Puissance de la force de Lorentz

Charge ponctuelle q de vitesse \vec{v}

$$\mathcal{P} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

$$\text{et } \delta W = \mathcal{P} dt = \vec{F} \cdot (\vec{v} dt) = \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

$$\mathcal{P} = q\vec{E} \cdot \vec{v} + q(\underbrace{\vec{v} \wedge \vec{B}}_{\perp \vec{v}}) \cdot \vec{v}$$

$$\mathcal{P} = q\vec{E} \cdot \vec{v}$$

$$W(\vec{F}) = W(q\vec{E}) = -\Delta E_p = -q\Delta V \quad (\text{car la force électrostatique est conservative})$$

Rappel : $E_p = q.V$; V : potentiel électrostatique

II Mouvement d'une particule chargée dans le champ \vec{E} uniforme

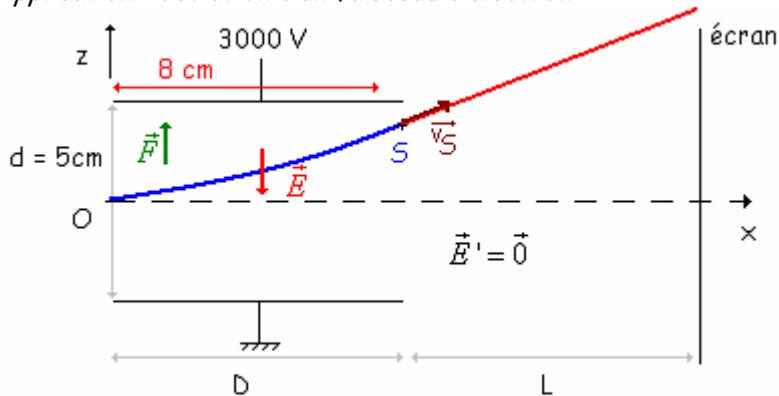
On utilise un condensateur plan pour obtenir le champ \vec{E} uniforme

Puis PFD

On obtient l'équation de \overrightarrow{OM} après avoir intégré deux fois :

$$\overrightarrow{OM} = \frac{q\vec{E}}{m} \frac{t^2}{2} + \vec{v}_0 t + \overrightarrow{OM}_0$$

Application : déviation d'un faisceau d'électron



$$E = \frac{3000}{5 \cdot 10^{-2}} = 6 \cdot 10^4 \text{ V/m}$$

L'expérience se déroule dans le vide pour éviter les collisions

Trajectoire entre les plaques :

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = q\vec{E} = eE\vec{u}_z$$

$$\text{d'où } z = \frac{eEx^2}{2mv_0^2}$$

Application numérique pour $x_0 = 8 \text{ cm}$ et $z_0 = 2.5 \text{ cm}$: $v_0 \approx 3,7 \cdot 10^7 \text{ m.s}^{-1}$ (attention, particule relativiste, il ne faudrait pas utiliser ces calculs pour déterminer v_0 .)

Trajectoire à l'extérieur des plaques :

$$\vec{v} = \vec{v}_s$$

Cote du point P : impact sur l'écran : z_p est proportionnel à V_0

→ Principe du fonctionnement de l'oscilloscope

Théorème de l'énergie cinétique :

$$dEc = \delta W = -dEp$$

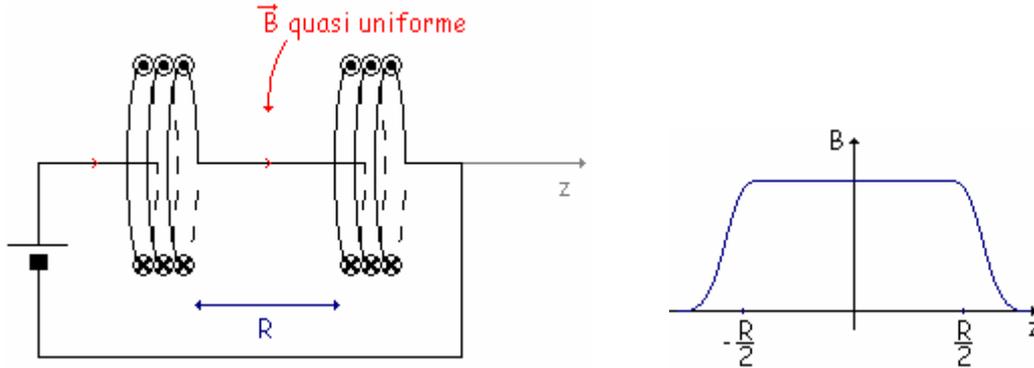
$$Ec(B) - Ec(A) = q(V_A - V_B) = qU_{AB}$$

Définition de l'électronvolt : un électron soumis à une tension de 1V : $\Delta Ec = 1,6 \cdot 10^{-19} J = 1eV$

III Particules chargées dans \vec{B} uniforme et permanent

Pour obtenir un champ \vec{B} uniforme et permanent, on pourrait utiliser un solénoïde de grande taille mais pas pratique pour observer l'expérience.

On utilise des bobines de Helmholtz :



Pour connaître le mouvement on applique le PFD. Bilan des forces : $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B} = -e\vec{v} \wedge \vec{B}$

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = -e\vec{v} \wedge \vec{B}$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{e}{m} \vec{B} \wedge \vec{v}$$

$$\rightarrow \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{\omega} \wedge \vec{v} \quad \text{avec} \quad \vec{\omega} = \frac{e\vec{B}}{m} : \text{le vecteur représentant la rotation}$$

1^{er} cas : $\vec{v}_0 \perp \vec{\omega}$

$\vec{\omega} \wedge \vec{v}$ est dans le plan $(\vec{OM}_0; \vec{v}_0)$

2^{ème} cas :

→ Mouvement hélicoïdal

Equations du vecteur vitesse :

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= v_{0\perp} \cos(\omega t) \\ \dot{y}(t) &= v_{0\perp} \sin(\omega t) \end{aligned} : \text{cercle de rayon } v_{0\perp}$$

Equation du mouvement :

$$\begin{aligned} x(t) &= \frac{v_{0\perp}}{\omega} \sin(\omega t) \\ y(t) &= \frac{v_{0\perp}}{\omega} (1 - \cos(\omega t)) \end{aligned} : \text{cercle ou hélice}$$