

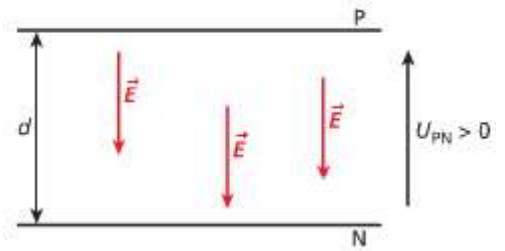
PARTICULE DANS UN CHAMP ELECTRIQUE

1. CHAMP ET FORCE.

Un champ électrique E uniforme, a même valeur, même direction et même sens en tout point de l'espace.

Il s'obtient entre deux armatures métalliques planes P et N séparées d'une distance d , entre lesquelles une tension U_{PN} est appliquée.

Ce champ est orthogonal aux armatures, orienté de l'armature de plus haut potentiel vers l'armature de plus bas potentiel



La valeur du champ électrostatique est $E = \frac{U_{PN}}{d}$

Les applications d'une particule chargée dans un champ électrique sont nombreuses. Mais on va étudier les deux cas les plus simples:

- dévier la particule de sa trajectoire initiale;
- accélérer la particule.

2. DEVIER LA PARTICULE DE SA TRAJECTOIRE INITIALE.

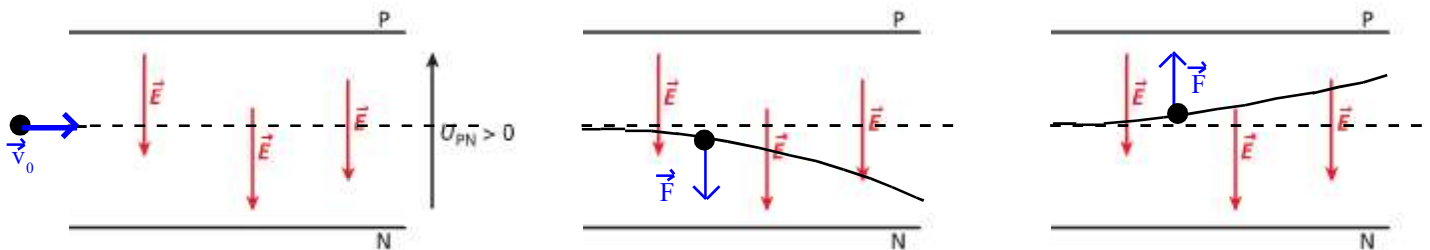
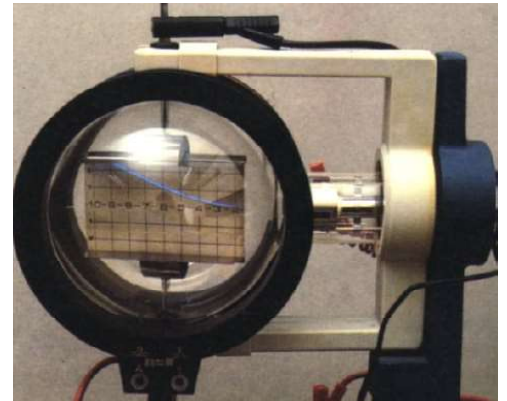
2.1. FORCE & CHAMPS ELECTRIQUES

En toute rigueur, il faudrait tenir compte du poids de cette particule. Après calcul, on peut montrer que ce poids est négligeable par rapport à la force électrique.

On étudie le système particule dans un référentiel terrestre supposé galiléen.

Si on place la particule dans un champ électrique perpendiculaire à sa trajectoire initiale, alors elle va être déviée de sa trajectoire.

Pour obtenir un champ électrique perpendiculaire à une trajectoire initialement horizontale, il faut que les armatures métalliques soient parallèles à la trajectoire initiale, donc également horizontales. On se trouve alors dans la situation de la fig 1.



Une particule chargée de charge électrique q dans un champ électrostatique \vec{E} subit une force électrique $\vec{F} = q \vec{E}$

Remarque.

- Si $q > 0$ alors \vec{F} est de même direction et de même sens que \vec{E} (voir fig 2): la particule est alors déviée vers la plaque N;
- Si $q < 0$ alors \vec{F} est de même direction mais de sens opposé que \vec{E} (voir fig 3): la plaque est alors déviée vers la plaque P;
- Si $q = 0$ alors \vec{F} est nulle.

2.2. L'EXPRESSION DU VECTEUR ACCELERATION A PARTIR DU BILAN DES FORCES.

En toute rigueur, il faudrait tenir compte du poids de cette particule. Après calcul, on peut montrer que ce poids est négligeable par rapport à la force électrique.

On étudie le système particule dans un référentiel terrestre supposé galiléen.

On peut appliquer la seconde loi de Newton.

**mtr
varié**

Selon la seconde loi de
Newton

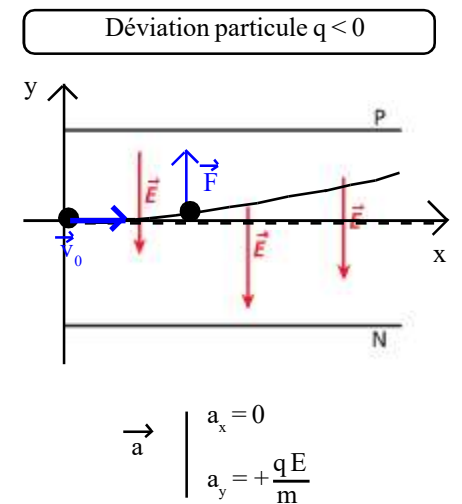
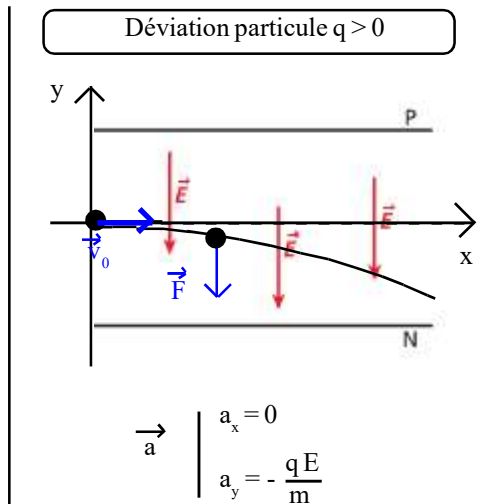
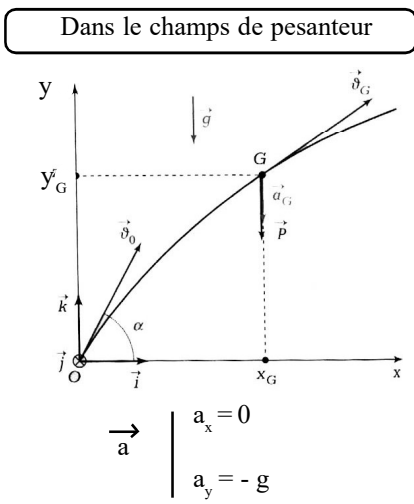
$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a}$$

On a donc la relation $\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a}$ donc $\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}$

Remarque.

- Si on compare avec le chapitre précédent où $\vec{a} = \vec{g}$, on constate que toute l'étude faite pour un objet dans un champ de pesanteur, peut être reprise en remplaçant dans les expressions précédentes le terme g par qE/m et en prenant un angle $\alpha = 0$.
- Mais il est à noter deux différences par rapport au chapitre précédent:
 - le vecteur accélération dépend de la masse de la particule;
 - et par ailleurs la charge q peut être de signe positif ou négatif. En conséquence, il y aura deux types de trajectoire à envisager selon le signe de la particule.

2.2. LES COMPOSANTES DU VECTEUR ACCELERATION DANS LE PLAN (O, x, y).



2.3. LES COMPOSANTES DU VECTEUR VITESSE DANS LE PLAN (O, x, y).

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = V_0 \cdot \cos \alpha \\ v_y = -g \cdot t + V_0 \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = V_0 \\ v_y = -\frac{qE}{m} \cdot t \end{cases}$$

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = V_0 \\ v_y = +\frac{qE}{m} \cdot t \end{cases}$$

2.4. LES COMPOSANTES DU VECTEUR POSITION DANS LE PLAN (O, x, y).

$$\vec{OM} \begin{cases} x = V_0 \cdot t \cdot \cos \alpha \\ y = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + V_0 \cdot t \cdot \sin \alpha \end{cases}$$

$$\vec{OM} \begin{cases} x = V_0 \cdot t \\ y = -\frac{1}{2} \frac{qE}{m} \cdot t^2 \end{cases}$$

$$\vec{OM} \begin{cases} x = V_0 \cdot t \\ y = +\frac{1}{2} \frac{qE}{m} \cdot t^2 \end{cases}$$

Les équations horaires montrent:

- Selon l'axe Ox, puisque la composante v_x du vecteur vitesse selon l'axe Ox est indépendante du temps, donc constante au cours du mouvement, le mouvement sur l'axe Ox est donc uniforme;
- La déviation se fera dans le sens du champ électrique si la particule est positive ou contraire au sens du champ électrique si la particule est négative.
- Cette déviation verticale dépend de la charge et de la masse de la particule. On peut donc envisager la séparation d'ions, qui auront des trajectoires différentes.

3. ACCELERER LA PARTICULE: LE CANON A ELECTRONS

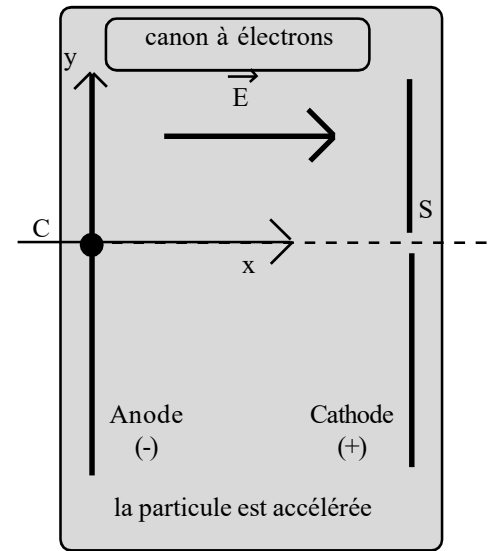
Le champ électrique est maintenant parallèle à la trajectoire initiale de la particule.

En C on fabrique des électrons avec une vitesse initiale nulle.

Pour être accélérée, il faut que la particule soit "repoussée" par l'anode négative. Donc la particule est de signe négatif: classiquement un électron.

En exploitant les résultats précédents, avec un angle $\alpha = 0$, on obtient

$$\begin{aligned} \square \text{ un vecteur vitesse } \vec{v} & \left| \begin{array}{l} v_x = \frac{qE}{m} t \\ v_y = 0 \end{array} \right. \\ \square \text{ sa position } \vec{CM} & \left| \begin{array}{l} x = + \frac{1}{2} \frac{qE}{m} .t^2 \\ y = 0 \end{array} \right. \end{aligned}$$



Remarque: En appliquant le théorème de l'énergie cinétique on aura

$$\Delta Ec = \Sigma W(f) \text{ soit } Ec(S) - Ec(C) = W(f)$$

$$\text{soit } \frac{1}{2} mv_{(S)}^2 = q_x E_x d = q_x U \quad \text{car } W(f_e) = q_x E_x d \quad \text{et } U = E_x d$$

$$\text{On peut donc en déduire la vitesse acquise par un électron accéléré par la tension } U \quad v(S) = \sqrt{\frac{2 \times q_x U}{m}}$$

Remarque.

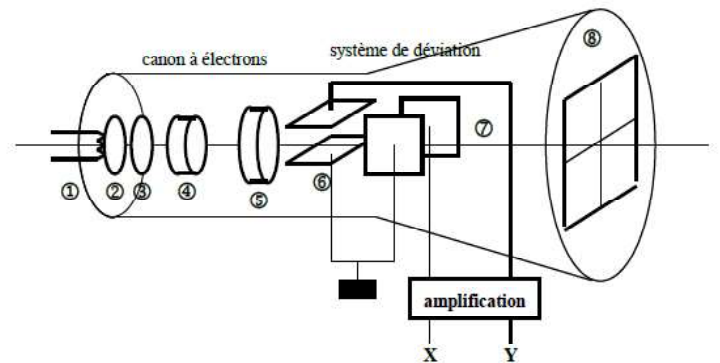
Expérimentalement les résultats obtenus des vitesses acquises par les électrons accélérés, ne correspondent pas aux valeurs théorique attendues en appliquant la formule.

Pour des vitesses supérieures au dixième de la célérité de la lumière dans le vide, les lois de la mécanique de Newton ne sont pas valables. Il faut alors utiliser la mécanique relativiste, abordées dans les prochains chapitres.

4. LES APPLICATIONS.

4.1. L'OSCILLOSCOPE.

L'oscilloscope est un dispositif enfermé dans une ampoule dans lequel règne le vide. Les électrons émis par thermoélectronique sont accélérés; le faisceau d'électrons homocinétiques est dévié par un champ électrique crée par deux plaques horizontales puis par un champ crée par deux plaques verticales



- | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| 1 : filament de chauffage | 2 : cathode | 3 : grille |
| 4 : anode de focalisation | 5 : anode accélératrice | 6 : plaques de déviation verticale |
| 7 : plaques de déviation horizontale | 8 : écran fluorescent | |

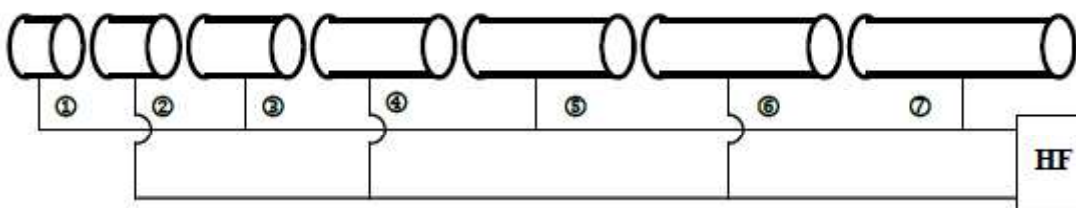
4.2. L'ACCELERATEUR LINEAIRE

Dans un accélérateur linéaire, les apticules sont accélérées en plusieurs fois par une tension alternative à haute fréquence (200 MHz); le faisceau traverse une suite de cylindre creux; l'ensemble est dans un tube dans lequel règne un vide aussi poussé que possible.

A l'intérieur de chaque cylindre le cham électrique est nul, le mouvement des particules est uniforme. La longueur du tube est calculée pour que la durée du parcours (toujours la même) corresponde à une demi période de la tension alternative appliquée.

La tension a donc le même signe entre chaque paire de tube au passage des particules; celles-ci sont alors accélérées. La longueur des tubes augmente pour compenser la variation de vitesses des particules.

Pour des électrons, les énergies cinétiques peuvent aller jusqu'à 40 MeV. Ce type d'accélérateur est également utilisé pour les protons.



On trouve également un accélérateur linéaire dans le CLINAC (clinical linear accelerator) utilisé en radiothérapie.

Cet appareil délivre un faisceau d'électrons réglables ou un faisceau de photons (le faisceau d'électrons obtenu est dirigé vers une cible de tungstène et les photons sont

La radiothérapie est une méthode de traitement locorégional des cancers, utilisant des radiations pour détruire les cellules cancéreuses en bloquant leur capacité à se multiplier.

L'irradiation a pour but de détruire toutes les cellules tumorales tout en épargnant les tissus sains périphériques.

La radiothérapie est utilisée chez plus de la moitié des patients ayant un cancer. Elle est, avec la chirurgie, le traitement le plus fréquent des cancers et peut entraîner une rémission nette à elle seule. Elle peut être utilisée seule ou associée à la chirurgie et à la chimiothérapie. Ses indications sont liées au type de la tumeur, à sa localisation, à son stade et à l'état général du patient. Elle peut être faite en ambulatoire, c'est-à-dire sans hospitalisation, car les séances sont de courte durée et les effets secondaires moindres que lors d'une chimiothérapie.

