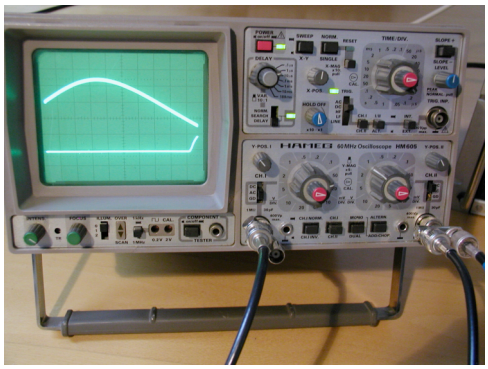
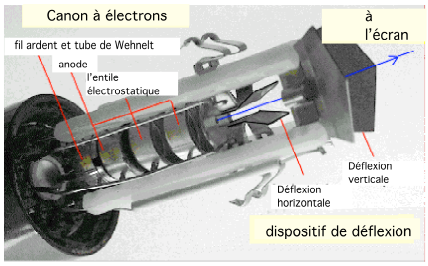
L'oscilloscope

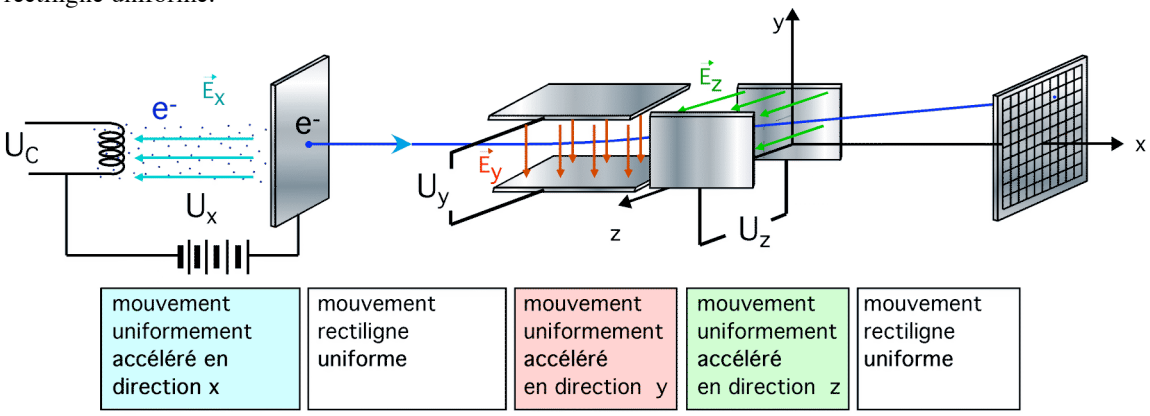


L'oscilloscope est un appareil électronique qui contient un tube vide et des nombreuses composantes électroniques. L'appareil montre des tensions qui varient rapidement. C'est un voltmètre rapide. L'appareil permet la visualisation de la tension en fonction du temps. Au mode **y-t**, on peut déterminer l'amplitude et la période de la tension alternative. Le deuxième mode permet la représentation d'une tension en fonction d'une autre tension, les figures de Lissajous. L'oscilloscope a trois parties: le canon à électrons, le dispositif de déflexion et de l'écran. Le canon à électron est à la base de tout. La cathode envoie des milliers d'électrons lorsqu'elle est chauffée au rouge. Les électrons traversent le cylindre de Wehnelt pour ne former qu'un faisceau d'électrons parfait parallèles. Ensuite, ils passent à travers la première anode à une vitesse vertigineuse. Les électrons sont ensuite déviés horizontalement et verticalement grâce au dispositif de déflexion. Le dispositif de déflexion, c'est deux plaques métalliques parallèles. Une tension positive engendre le champs électrique qui provoque l'accélération des électrons à gauche ou à droite, en haut ou en bas.
Nous considérons un tube cathodique sans déviation des électrons en direction y et z par des condensateurs. Le deuxième schéma nous montre l'oscilloscope équipé d'un pair de plaques métalliques permettant l'accélération des électrons verticalement. Le troisième schéma décrit l'oscilloscope réel.

1. Le faisceau des électrons sans déviation horizontale et verticale



La partie du tube, appelé le canon à électrons consiste d'une tension constante U_C (chauffage) qui fournit l'énergie nécessaire pour l'émission des électron du filament. U_x accélère les électrons émis par le filament chaud sur la distance entre le filament et l'anode. La partie la plus grande des électrons ainsi libérés est absorbée par l'anode. Une partie des électrons passant par le trou dans l'anode en absence de tout champ électrique sont en mouvement rectiligne uniforme.



Fonctionnement de l'oscilloscope

Les électrons obtiennent l'énergie cinétique du champs électrique $\vec{E}_x$ causé par la tension U_x.

$$E_{cin} = m_e \frac{v_e^2}{2} = e \cdot U_x = E_e \qquad (1)$$

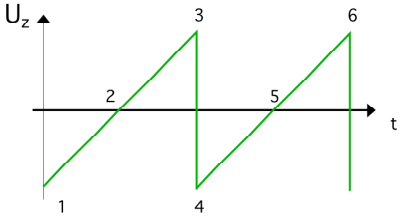
Le chemin parcouru par les électrons à partir du trou dans l'anode dans la direction de l'axe des x est donné par l'équation suivante :

$$x = v_x \cdot t \qquad (2)$$

2. Le faisceau des électrons en présence d'un pair de plaques de déflexion

On peut dévier verticalement le faisceau au moyen de deux plaques métalliques horizontales appelées "plaques de déflexion" entre lesquelles on applique une tension U_y. Le faisceau d'électrons par conséquent est accéléré en direction de la plaque positive. L'accélération en direction de l'axe des y n'a lieu que dans le domaine des deux plaques. Ensuite les électrons subissent un mouvement rectiligne droit en direction de la vitesse du point extrême à droit entre les plaques métalliques.

3. En présence de deux paires de plaques sous tension



La tension U_y représente d'habitude un signal électrique dont on aimerait connaître l'image. La tension en dents-de-scie U_z est engendrée par des composantes internes de l'oscilloscope. Cette tension de balayage est ajustée de manière que le point visible sur l'écran balaye l'écran de gauche à droite à vitesse constante (1,3 ou 4,6). La figure à droite montre la tension aux bornes du condensateur responsable pour la déviation du faisceau d'électrons en direction z. La variation de la tension (3,4) correspond au déplacement du point arrivé au bord de l'écran à son point de départ et le jeux recommence avec la variation lente et proportionnelle au temps. Le déplacement du point (« spot ») est proportionnel à la tension appliquée entre les plaques de déflexion. Les images suivantes nous montrent quelques signaux U_y en fonction du temps:

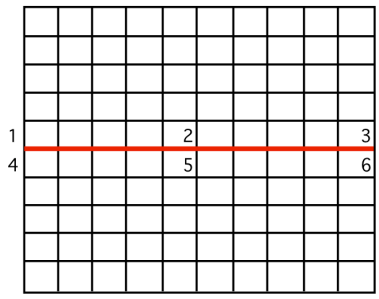


Image de: $U_y = 0 \quad \wedge \quad \forall t$

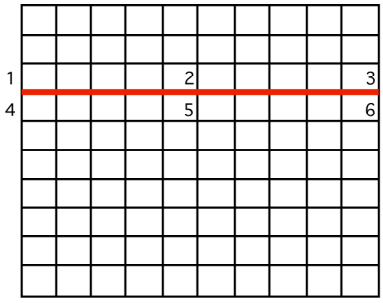


Image de : $U_y = 2.0\,V \neq 0 \quad \wedge \quad \forall t$

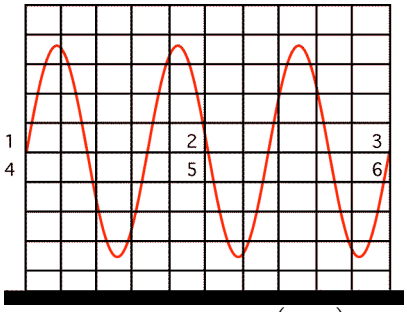


Image de: $U_y = U_o \cdot \sin(\omega \cdot t)$

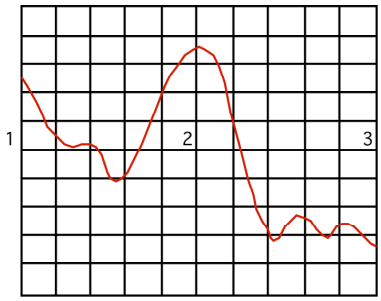


Image d'un signal quelconque pas périodique

Le champ électrique implique une force sur les électrons en direction de l'axe des y.

$$F_y = m \cdot a_y = e \cdot E_y = e \cdot \frac{U_y}{d} \qquad (3)$$

où d représente la distance des plaques métalliques.
Quelle est la déviation du faisceau des électrons en direction de l'axe y en fonction de x ?

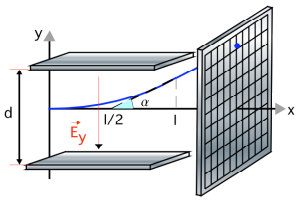
$$y = \frac{1}{2} a_y t^2 = \frac{1}{2} a_y \cdot \frac{x^2}{v_x^2} \qquad (1) \Rightarrow \quad v_x^2 = \frac{2e}{m_e} \cdot U_x \qquad (3) \Rightarrow \quad a_y = \frac{e \cdot U_y}{m_e \cdot d}$$

$$y = \frac{1}{2} \frac{e \cdot U_y}{m_e \cdot d} \cdot \frac{m_e}{2 \cdot e \cdot U_x} x^2 = \frac{1}{4} \frac{U_y}{d\, U_x} x^2 \; ; \qquad c_{th} = \frac{1}{4} \cdot \frac{U_y}{d\, U_x} \qquad c_{th} = 0{,}023 / cm$$

Quelle est l'équation de la tangente à la courbe au point de l'abscisse $x = l$?

$$t: \quad y = m_t \cdot x + b_t \quad \wedge \quad m_t = f'(x = l) = 2 c_{th} \cdot l \quad \wedge \; y = f(l) = c_{th} \cdot l^2$$

$$\Rightarrow t: \quad \underline{\underline{y = (2 c_{th} \cdot l) x - c_{th} \cdot l^2}}$$

Quel est l'angle du rayon des électrons par rapport à l'axe des x après la déflexion verticale ? Le zéro de la tangente est au point de l'abscisse $x_z = \frac{l}{2}$.

$$\alpha = \arctan\left(\frac{y(l)}{l/2}\right) = \arctan(2\, c_{th} \cdot l)$$