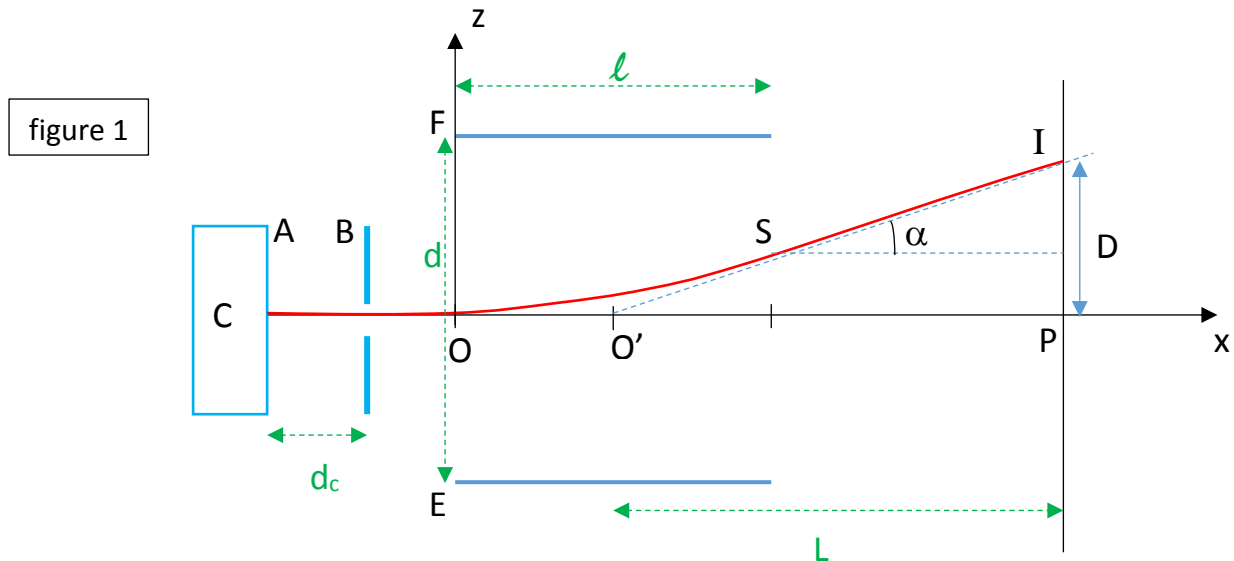


Principe de fonctionnement de l'oscilloscope

Un oscilloscope comporte un tube cathodique qui se divise en quatre parties :

- un canon à électrons où le faisceau d'électrons est créé et les électrons accélérés,
- un condensateur plan C_1 d'armatures (ou plaques) verticales, à l'intérieur duquel les électrons sont déviés horizontalement,
- un condensateur plan C_2 d'armatures (ou plaques) horizontales, à l'intérieur duquel les électrons sont déviés verticalement,
- un écran fluorescent, sur lequel l'impact du faisceau laisse une trace lumineuse : le spot.

Schéma du dispositif :



On se propose d'analyser quelques éléments du fonctionnement d'un oscilloscope.

On étudie le système {électron}, dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen, la charge de l'électron est notée $q = -e$, avec $e = +1,6 \cdot 10^{-19}$ C. La masse d'un électron est notée m ($m = 9 \cdot 10^{-31}$ kg). L'effet du poids de l'électron est négligeable.

Étude du canon à électrons

Le canon à électrons est constitué d'un filament qui, lorsqu'il est porté à haute température, émet des électrons de vitesse initiale négligeable. Ces électrons sont ensuite accélérés à l'intérieur d'un condensateur plan dont les armatures A et B sont verticales et distantes de d_c . La différence de potentiel entre les deux plaques est $U_{AB} = -1,8$ kV.

1. Rappeler les trois caractéristiques du vecteur champ électrique à l'intérieur d'un condensateur plan.
2. Montrer à l'aide du théorème de l'énergie cinétique que la tension U_{AB} aux bornes du condensateur doit être négative pour permettre à un électron d'être accéléré.
3. Déterminer l'expression de la vitesse V_0 d'un électron lorsqu'il parvient à la plaque B du condensateur en fonction de e , m et U_{AB} . Un raisonnement rigoureux est attendu.
4. Calculer la valeur de cette vitesse.

Étude de la déflexion due au condensateur C_2

Pour simplifier l'étude, la tension aux bornes du condensateur C_1 est considérée comme nulle. On ne s'intéresse qu'à la déviation du faisceau dans le condensateur C_2 , celui-ci est soumis à une tension $U_{FE} = U$ positive. On considère que le mouvement de l'électron est plan et s'effectue dans le plan Oxz. Un électron arrive en O avec la vitesse v_0 de direction Ox à la date $t_0 = 0$.

On appelle M la position de l'électron à la date t.

1. En utilisant le théorème du centre d'inertie, exprimer, en fonction de e , U , d et m , les composantes du vecteur accélération de l'électron sur les deux axes Ox et Oz .
2. En déduire :
 - les expressions des coordonnées du vecteur vitesse v de l'électron,
 - les expressions des coordonnées du vecteur position à l'intérieur du condensateur C_2 ,
 - l'équation de la trajectoire.

L'électron sort du condensateur C_2 en un point S , avec une vitesse v_s faisant un angle α avec l'horizontale, puis vient frapper l'écran en un point I . La distance du point I au centre P de l'écran est appelée déflexion, on la note D . On note ℓ la longueur d'une plaque, d la distance entre les plaques, et L la distance $O'P$ (O' correspondant au milieu des plaques : voir figure 1).

- Quelle est la nature de la trajectoire entre S et I ? Justifier.
 - Exprimer les composantes du vecteur vitesse au point S . En déduire une expression de $\tan \alpha$ en fonction de e , U , ℓ , m , d , V_0 .
 - On peut démontrer que la déflexion D a pour expression : $D = e U \ell L / (d m V_0^2)$
- Cet appareil peut être utilisé comme voltmètre. Justifier cet emploi à partir de l'expression donnée ci-dessus.