

Tubes à croix de Malte

DEMONSTRATION DE LA PROPAGATION RECTILIGNE D'ÉLECTRONS DANS UN ESPACE EXEMPT DE CHAMP

- Démonstration de la propagation rectiligne d'électrons dans un espace exempt de champ
- Démonstration de la déviation d'électrons dans un champ magnétique
- Introduction à l'optique électronique

UE307030

06/06 JS

NOTIONS DE BASE GÉNÉRALES

On observe dans un tube à croix de Malte, le faisceau d'électrons divergent d'un canon à électrons sous la forme d'une projection lumineuse sur un écran fluorescent, dans laquelle un obstacle imperméable à la lumière (croix de Malte) projette une ombre. La position de l'ombre varie lorsque la propagation rectiligne des électrons est perturbée dans leur trajectoire vers l'écran fluorescent.

Si le même potentiel est appliqué à l'anode A et à la croix de Malte M, l'espace est exempt de champ et la propagation des électrons est rectiligne (voir fig. 1). L'ombre électronique de la croix de Malte projetée sur l'écran fluorescent S coïncide alors avec l'ombre lumineuse générée par la lumière émise par la cathode chaude C.

La perturbation de la propagation rectiligne dans l'espace à champ magnétique peut être très facilement démontrée par une interruption de la connexion conductrice entre l'anode et l'obstacle : La charge statique de l'obstacle ainsi provoquée entraîne l'apparition d'une ombre électronique floue sur l'écran fluorescent.

Si les électrons sont déviés dans un champ magnétique dans leur trajectoire vers l'écran fluorescent, on observe alors un déplacement ou une rotation de l'ombre électronique.

La force de déviation F dépend de la vitesse v et du champ magnétique B et est définie par la force de Lorentz:

$$F = -e \cdot v \times B \quad (1)$$

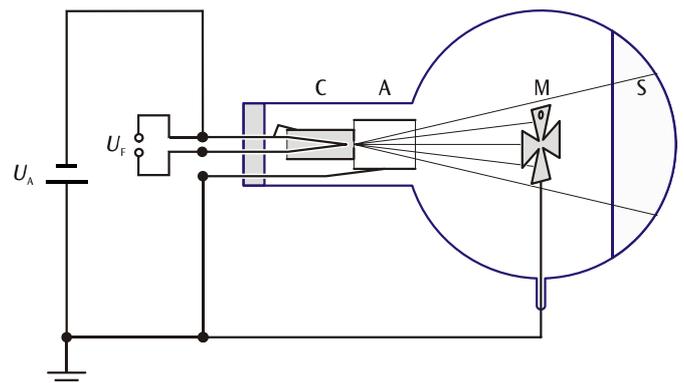


Fig. 1: Représentation schématique de la propagation rectiligne d'électrons dans le tube à croix de Malte



Fig. 2 Montage expérimental pour la démonstration de la propagation rectiligne d'électrons avec le tube à croix de Malte

LISTE DES APPAREILS

1	Tube à croix de Malte S	U18553
1	Support pour tube S	U185001
1	Alimentation haute tension, 5 kV	U33010
1	Lot de 15 cordons de sécurité, 75 cm	U138021

Autres accessoires recommandés :

1	Bobines de Helmholtz S	U185051
1	Alimentation CC, 16 V, 5 A, par ex.	U33020

CONSIGNES DE SECURITE

Les tubes à cathode chaude sont des ampoules à fine paroi sous vide. Manier avec précaution : danger d'implosion !

- Ne pas soumettre les tubes à croix de Malte à des contraintes mécaniques.
- Ne jamais soumettre le câble d'alimentation de la croix de Malte à une traction..
- N'utiliser que les cordons de sécurité pour effectuer les branchements.
- N'effectuez les câblages qu'après avoir coupé l'alimentation.
- Ne monter et démonter le tube à croix de Malte qu'après avoir coupé l'alimentation.

MONTAGE

- Laisser l'alimentation à haute tension débranchée et tourner le bouton de réglage de la tension jusqu'à la butée de gauche.
- Insérer le tube à croix de Malte dans le support de tube. Ce faisant, veiller à ce que les fiches de contact du tube s'enclenchent correctement dans les ouvertures de contact du support prévues à cet effet. La broche de guidage médiane du tube doit déborder légèrement à l'arrière du support.
- Connecter les douilles F3 et F4 du support de tube au moyen des cordons de sécurité à la sortie de la tension de chauffage (douille bleue) de l'alimentation à haute tension.
- Connecter la douille C5 du support de tube au moyen du cordon de sécurité au pôle négatif (douille noire) de l'alimentation à haute tension (les branchements C5 et F4 sont connectés entre eux à l'intérieur du tube).
- Connecter la douille A1 au pôle positif (douille rouge) et brancher ensuite le câble d'alimentation de la croix de Malte à cet endroit.

REALISATION

Observation de l'ombre lumineuse :

- Connecter l'alimentation à haute tension de manière à ce que le filament incandescent (cathode chaude) brille.
- Observer l'ombre lumineuse de la croix de Malte sur l'écran fluorescent.

Observation de l'ombre électronique :

- Augmenter lentement la haute tension de 0 à 5 kV maximum et observer l'ombre électronique dans la projection lumineuse verte qui s'éclaircit de plus en plus.
- Comparer la position de l'ombre électronique avec celle de l'ombre lumineuse.

Perturbation de la propagation exempte de champ :

- Déconnecter le câble d'alimentation de la croix de Malte du pôle positif de l'alimentation et le mettre à part en l'isolant.
- Observer la déformation de l'ombre électronique.
- Rebrancher le câble d'alimentation et placer l'aimant permanent à proximité de la croix de Malte.
- Observer le déplacement de l'ombre électronique.

Si vous disposez de bobines de Helmholtz et d'une alimentation CC :

- Insérer une bobine par l'avant dans le support de tube et brancher l'alimentation CC (voir fig. 3).
- Augmenter lentement la tension continue à partir de 0 V et observer la rotation de l'ombre électronique.
- Varier en outre également la haute tension et observer l'effet de cette variation sur l'ombre électronique.



Fig. 3: Montage expérimental modifié avec addition d'un champ magnétique axial

EVALUATION

Si le même potentiel est appliqué à l'anode et à la croix de Malte et que par ailleurs aucun champ magnétique n'existe, les électrons se propagent de manière rectiligne dans l'espace exempt de champ. L'ombre électronique de la croix de Malte coïncide alors avec l'ombre lumineuse.

Si l'on coupe la connexion conductrice entre l'anode et la croix de Malte et que l'on isole la croix de Malte contre l'extérieur, celle-ci se charge électrostatiquement du fait de l'incidence des électrons. Cette charge crée une ombre électronique floue sur l'écran fluorescent.

Dans un champ magnétique les électrons sont déviés et l'ombre électronique est décalée par rapport à l'ombre lumineuse. La force défléctrice est verticale par rapport au sens du mouvement des électrons et au champ magnétique.

Si le champ magnétique se trouve dans le sens axial, les électrons sont déviés sur des trajectoires hélicoïdales et l'ombre électronique tourne et diminue éventuellement. La force de Lorentz défléctrice dépend d'une part du champ magnétique B et donc du courant qui traverse la bobine, et, d'autre part, de la vitesse des électrons et donc de la haute tension U_A appliquée à l'anode.

La sélection adéquate des paramètres U_A et B permet d'obtenir une ombre presque ponctuelle. Le rayon électronique divergent se concentre donc sur un « point ».

