

## Diode à tube

### ENREGISTREMENT DE LA CARACTERISTIQUE D'UNE DIODE A TUBE.

- Enregistrement des caractéristiques d'une diode à tube avec trois tensions de chauffage cathodiques différentes.
- Identification des étendues de charge spatiale et de saturation.
- Confirmation de la loi de *Schottky-Langmuir*.

UE3070100

02/17 UK

### NOTIONS DE BASE GENERALES

Une diode à tube est un récipient en verre sous vide contenant deux électrodes : une cathode chauffée, libérant des électrons par l'effet thermoionique, et une anode (cf. fig. 1). Par une tension positive entre la cathode et l'anode, un courant d'émission porté par les électrons libres est généré vers l'anode (courant anodique). Si cette tension est faible, le courant anodique est retenu par la charge spatiale des électrons libres, car ceux-ci blindent le champ électrique devant la cathode. Au fur et à mesure qu'augmente la tension anodique, les lignes de champ pénètrent plus profondément dans l'espace devant la cathode et le courant anodique augmente. Il augmente jusqu'à ce que la charge spatiale devant la cathode soit éliminée et que la valeur de saturation du courant anodique soit ainsi atteinte. En revanche, les électrons ne peuvent accéder à l'anode que si la tension négative appliquée à l'anode est suffisamment grande. Dans ce cas, le courant anodique est nul.

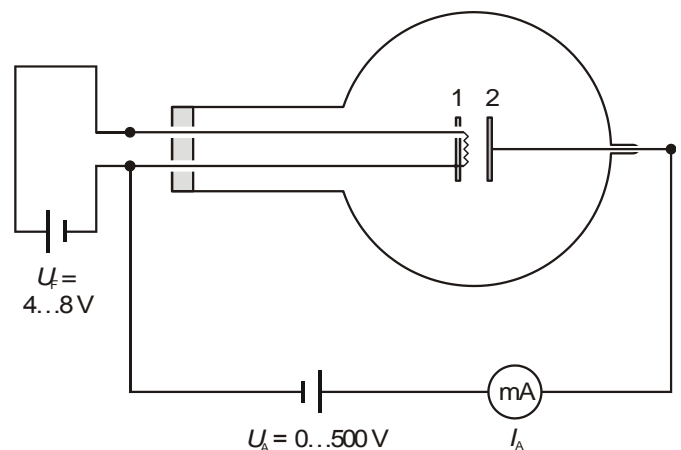


Fig. 1: Circuit (en haut) et montage expérimental (en bas) pour l'enregistrement des caractéristiques d'une diode à tube avec trois tensions de chauffage cathodiques différentes. (1) Cathode, (2) Anode



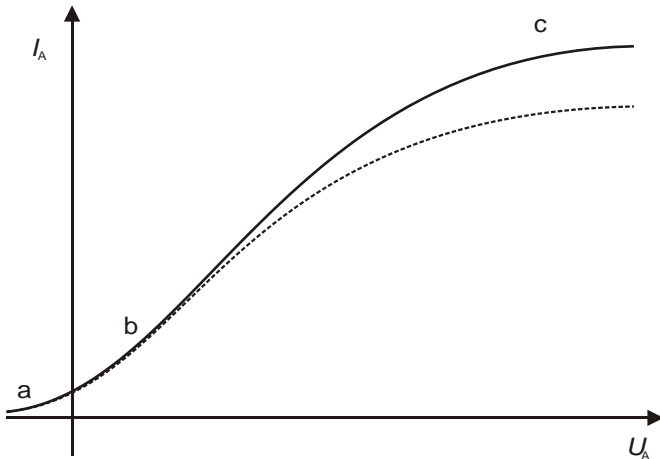


Fig. 2: Caractéristique d'une diode à tube. (a) Courant de démarrage, (b) Charge spatiale, (c) Saturation

Le rapport entre le courant anodique  $I_A$  et la tension anodique  $U_A$  est la caractéristique de la diode à tube (cf. fig. 2). On distingue les étendues de contre-tension, de courant de démarrage, de charge spatiale et de saturation.

Dans l'étendue de contre-tension, l'anode se trouve face à la cathode sur un potentiel négatif. Les électrons ne peuvent pas pénétrer dans le champ électrique et aucun courant anodique ne passe.

Dans l'étendue du courant de démarrage, la tension anodique est négative, mais sa valeur est inférieure à 1 V. Malgré la contre-tension, quelques électrons rapides peuvent atteindre l'anode. Il passe un courant anodique  $I_A$ , dont le rapport avec la tension anodique  $U_A$  peut être représenté comme fonction exponentielle.

Dans l'étendue de charge spatiale, la tension anodique est positive et nettement inférieure à 100 V. Le rapport entre le courant anodique  $I_A$  et la tension anodique  $U_A$  est décrit par la loi de *Schottky-Langmuir*:

$$I_A \sim U_A^{\frac{3}{2}} \text{ bzw. } I_A^{\frac{2}{3}} \sim U_A \tag{1}$$

Dans l'étendue de saturation, le courant anodique dépend de la température de la cathode. Il peut être élevé par l'augmentation de la tension de chauffage  $U_F$ .

**LISTE DES APPAREILS**

1 Diode S	1000613 (U185501)
1 Porte-tube S	1014525 (U185001)
1 Alimentation CC 0–500 V @230 V	1003308 (U33000-230)
ou	
1 Alimentation CC 0–500 V @115 V	1003308 (U33000-115)
1 Multimètre analogique Escola 100	1013527 (U8557380)
1 Jeu de 15 câbles d'expérimentation de sécurité	1002843 (U138021)

**CONSIGNES DE SECURITE**

Les tubes thermoioniques sont des cônes en verre à paroi mince sous vide. Manipulez-les avec précaution : risque d'implosion !

- N'exposez pas la diode à des charges mécaniques.
- N'exposez pas le câble de connexion de l'anode à des charges de traction.

Des tensions dangereuses au contact peuvent apparaître à hauteur du champ de connexion pendant l'utilisation de la diode avec l'alimentation 500 V CC.

- Pour les connexions, utilisez uniquement des câbles d'expérimentation de sécurité.
- Ne procédez à des câblages que lorsque le dispositif d'alimentation est éteint.
- Ne montez et ne démontez la diode que lorsque le dispositif d'alimentation est éteint.

Pendant l'utilisation du tube, son col chauffe.

- Avant de la démonter, laissez la diode refroidir.

**MONTAGE**

Note : éteignez l'alimentation 500 V CC (réglez l'interrupteur sur « 0 »), tournez tous les boutons en butée gauche et ne branchez l'appareil au secteur qu'après avoir terminé le câblage.

**Montage de la diode :**

- Insérez la diode dans le porte-tube. Veillez à ce que les contacts du tube s'engrènent complètement dans les orifices prévus à cet effet dans le porte-tube. La tige de guidage centrale du tube doit dépasser légèrement vers l'arrière du porte-tube.

**Connexion de la tension de chauffage :**

- Reliez les douilles F3 et F4 du porte-tube à la sortie de la tension de chauffage 4-8 V de l'alimentation 500 V CC au moyen de câbles d'expérimentation de sécurité.

**Tension d'accélération / Courant anodique :**

- Reliez la douille C5 du porte-tube au pôle négatif (douille noire) de la sortie 0-500 V de l'alimentation 500 V CC au moyen de câbles d'expérimentation de sécurité (les connexions C5 et F4 sont reliées entre elles dans le tube).
- Reliez le pôle positif (douille rouge) à l'entrée positive de l'ampèremètre CC au moyen de câbles d'expérimentation de sécurité.
- Reliez le câble de l'anode (câble rouge sur le cône en verre de la diode) à la sortie négative de l'ampèremètre CC.

**REALISATION**

- Reliez l'alimentation 500 V CC au secteur et mettez-la en marche (réglez l'interrupteur sur « I »).
- Réglez une tension de chauffage  $U_F = 6 \text{ V}$  et attendez environ une minute, jusqu'à ce que la température finale soit atteinte.
- Augmentez la tension anodique  $U_A$  depuis 0 V en pas de 20 V jusqu'à 100 V, puis en pas de 50 jusqu'à 450 V. Mesurez à chaque fois le courant anodique  $I_A$ .
- Effectuez des séries de mesure supplémentaires pour  $U_F = 6,3 \text{ V}$  et  $6,6 \text{ V}$ .
- Inscrivez les points de mesure des trois séries de mesure dans un diagramme commun  $I_A-U_A$ .

EXEMPLE DE MESURE

Tab. 1: Courant anodique  $I_A$  dépendant de la tension anodique  $U_A$  pour trois tensions  $U_F$  différentes

	$U_F = 6,0 \text{ V}$	$U_F = 6,3 \text{ V}$	$U_F = 6,6 \text{ V}$
$U_A / \text{V}$	$I_A / \text{mA}$	$I_A / \text{mA}$	$I_A / \text{mA}$
0	0,04	0,06	0,08
20	0,55	0,59	0,71
40	1,28	1,42	1,59
60	1,62	2,18	2,54
80	1,79	2,50	3,41
100	1,80	2,61	3,95
150	1,85	2,75	4,58
200	1,90	2,79	4,70
250	1,90	2,82	4,78
300	1,94	2,88	4,82
350	1,97	2,90	4,86
400	1,98	2,95	4,90
450	1,98	2,97	4,98

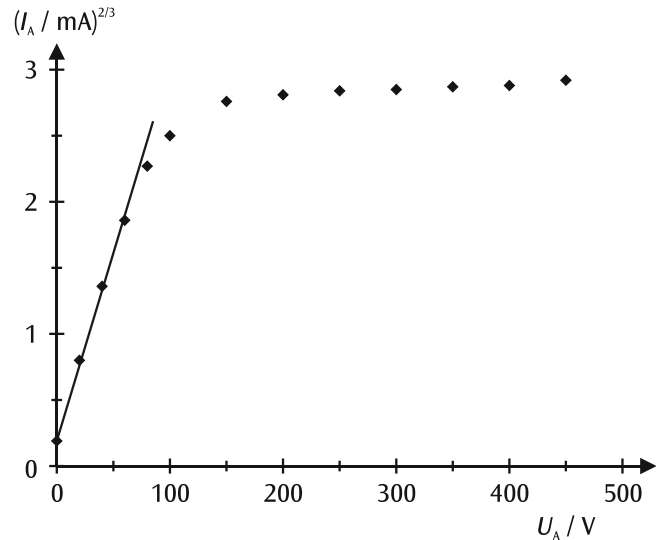


Fig. 4: Représentation  $I_A^{2/3}$  en fonction de  $U_A$ . pour  $U_F = 6,6 \text{ V}$   
 Selon la loi de Schottky-Langmuir, la courbe est linéaire dans l'étendue de charge spatiale.

La figure 3 illustre les valeurs du tableau 1 sous forme graphique. On reconnaît clairement les étendues de charge spatiale et de saturation. Le courant de saturation augmente au fur et à mesure qu'augmente la tension de chauffage  $U_F$ .

Les courants  $I_A$  mesurés à une tension de chauffage  $U_F = 6,6 \text{ V}$  sont convertis dans la figure 4 dans les valeurs  $I_A^{2/3}$ . Selon la loi de Schottky-Langmuir, le rapport de la tension anodique  $U_A$  jusqu'à des tensions de 50 V est linéaire.

EVALUATION

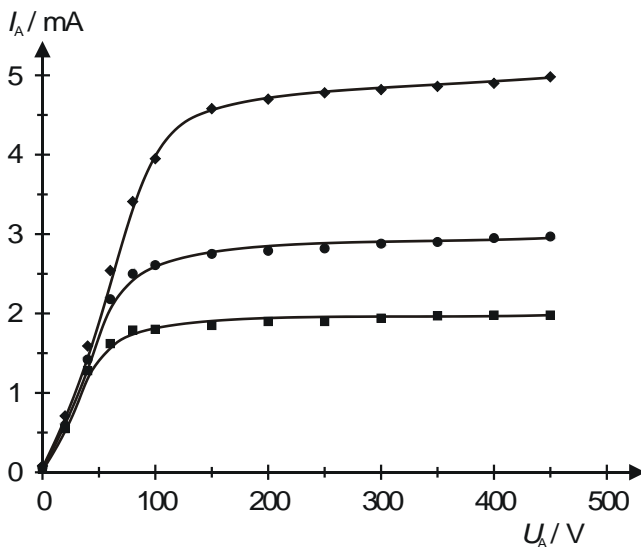


Fig. 3: Courbes de la diode à tube pour les tensions  $U_F = 6,0 \text{ V}$  (carré),  $6,3 \text{ V}$  (cercle) et  $6,6 \text{ V}$  (losange).

RESULTAT

Etendues de contre-tension et de courant de démarrage : comme les électrons sortent de la cathode avec une énergie cinétique  $E_{kin} > 0$ , un courant anodique passera jusqu'à ce que la tension anodique soit suffisamment importante pour que même les électrons les plus rapides ne puissent plus atteindre l'anode.

Etendue de charge spatiale : en présence de faibles intensités de champ, tous les électrons quittant la cathode ne peuvent pas être poursuivis. Ils entourent la cathode, comme un nuage, et forment une charge spatiale négative. En présence de petites tensions, les lignes de champ sortant de l'anode terminent leur course sur les électrons de la charge spatiale, et non sur la cathode. Le champ provenant de l'anode est ainsi blindé. Au fur et à mesure qu'augmente la tension, les lignes de champ pénètrent toujours plus profondément dans l'espace autour de la cathode et le courant anodique augmente. Le courant augmente jusqu'à ce que la charge spatiale autour de la cathode ait disparu. La valeur de saturation du courant anodique est alors atteinte.

Etendue de saturation : dans l'étendue de saturation, le courant d'émission dépend de la tension anodique. Mais on peut aussi l'augmenter en élevant le nombre d'électrons sortant par unité de temps de la cathode. Pour ce faire, on peut augmenter la température de la cathode. Ainsi la valeur du courant de saturation dépend-elle de la tension de chauffage.