

# LE TUBE ELECTRONIQUE

## I- Généralité :

**Dispositif** constitué par une **ampoule en verre**, à vide poussé (tube électronique à vide) ou qui contient un **gaz spécial** (tube électronique à gaz), dans laquelle on a placé des **électrodes** entre lesquelles circule un **flux électronique**.

Le fonctionnement du tube électronique se fonde sur ce flux d'**électrons** émis par la **cathode** et recueillis par l'**anode** qui est maintenue à un potentiel déterminé par rapport à la **première électrode**.

Les électrons sont soit arrachés par un **champ électrique** très intense, soit émis par effet **thermoïonique, photoélectrique** ou à la suite d'un **bombardement** par d'autres électrons.

Les cathodes thermoïoniques peuvent être à **chauffage direct** ou **indirect**.

**Dans le premier cas**, ils sont constitués par un fil de **tungstène** qui, traversé par un **courant électrique** d'intensité appropriée, atteint rapidement le stade **incandescent** et émet directement des électrons.

**Dans le second cas**, un mince cylindre métallique recouvert d'oxydes de **strontium** ou de **baryum** (la cathode proprement dite), est chauffé par un fil de tungstène parcouru par un courant qui est placé à l'intérieur et isolé du cylindre (les oxydes qui recouvrent la cathode sont choisis pour leur bon rendement thermoïonique).

## II- Tube à vide :

Dans les tubes électroniques à vide, le mouvement des électrons de la cathode à l'anode est contrôlé par le champ électrique qui existe à côté de la cathode (où se trouvent les électrons libres, émis par la cathode et qui forment la **charge spatiale**), par effet des différences de potentiel qui existent entre l'anode et la cathode.

Un passage important d'électrons ne se produit toutefois que quand on a un potentiel positif par rapport à la cathode (les tubes électroniques sont donc des conducteurs **unidirectionnels**).

Le tube électronique le simple et le plus ancien est la **diode**, tube à **deux électrodes** utilisé comme redresseur de courant, duquel, par des ajouts successifs d'autres électrodes (**grilles**), on a obtenu la **triode**, la **tétrode**, la **pentode**, et tous les autres tubes à plusieurs grilles.

En principe, les grilles ne sont destinées à émettre ou à recueillir les électrons, mais elles sont utilisées pour créer à l'intérieur du tube électronique des champs électriques opportuns, capables de dévier, d'accélérer, de freiner les particules chargées pendant leurs trajets entre les électrodes

Les tubes issus de la diode sont essentiellement des régulateurs de courant (d'où aussi leur nom de **valves** ou **valves thermoïoniques**) avec lesquels il est possible de régler le courant **anode-cathode** en agissant sur le potentiel des grilles (**grilles de contrôle**).

Les tubes électroniques ont des **structures** différentes selon leur emploi et, en particulier, du champ des fréquences dans lequel ils opèrent : les tubes électroniques pour des fréquences très élevées, ont des structures particulières mais aussi différents mécanismes de contrôle du courant.

### III- Tube à faisceau :

Il est composé par une cathode, une **grille de contrôle**, une **grille-écran** et une anode ou plaque. **Deux électrodes** de **déflexion**, reliées électriquement à la cathode, produisent le rassemblement, dans l'espace compris entre l'anode et l'écran, des électrons qui proviennent de la cathode et se dirigent vers l'anode.

Cette **charge spatiale** négative repousse vers la plaque les électrons qui l'ont quittée par émission secondaire, en remplissant une **fonction** analogue à celle du **suppresseur** dans la **pentode**.

Le tube à faisceau a donc un **comportement** semblable à celui de la pentode : comme dans celle-ci, le courant anodique dépend très peu de la tension anodique et la capacité inter-électrodes, anode-grille, est réduite à des valeurs très faibles (des **centièmes de pF**). Le tube à faisceau est utilisé dans les amplificateurs à radiofréquence de puissance.

### IV- Tube à gaz :

L'ampoule qui contient des électrodes est remplie d'un gaz choisi (**xénon, néon, hydrogène** ou **vapeurs de mercure**), normalement à une pression très inférieure à la pression atmosphérique. Par leur structure, ces tubes peuvent être des **diodes**, des **triodes**, des **tétraodes**.

L'**ionisation** du gaz est due au choc d'électrons qui se déplacent à l'intérieur du tube et qui sont accélérés par la différence de potentiel appliquées aux électrodes. Ils sont obtenus par effet thermoïonique en chauffant un filament métallique (**tube à cathode chaude**), ou présents au départ en très faible quantité dans le tube pour une **ionisation** spontanée du gaz (tube à **cathode froide**).

Par effet de l'ionisation, il se forme entre les électrodes du tube une sorte de conducteur (**plasma**) qui caractérise le fonctionnement de ce tube.

L'ionisation se produit quand la différence de potentiel  $V_i$  entre la plaque et la cathode (**potentiel d'amorçage**), atteint une valeur adaptée et, une fois amorcée, elle se maintient même pour des valeurs inférieures à  $V_i$  jusqu'à une valeur minimale au-dessous de laquelle le phénomène cesse (**potentiel de déionisation**). Aussi bien l'ionisation que la déionisation se produisent dans le temps qui dépendent du type de gaz employé.

La diode est la plus simple des tubes à gaz à **cathode chaude**, semblable aux diodes à vide sauf pour la forme et les dimensions des électrodes (la plaque est habituellement petite, alors que la cathode a une grande surface d'émission).

Généralement, le gaz est du **néon** ou des vapeurs de **mercure** obtenues par **vaporisation** du mercure liquide pendant le chauffage de la cathode.

Pour des tensions inférieures à  $V$ , le fonctionnement est analogue à celui d'une diode à vide ; mais quand la tension atteint la valeur  $V_i$  (de l'ordre de **10-20 V**), il se produit un brusque phénomène d'ionisation et le courant atteint des valeurs importantes. Ces diodes sont généralement utilisées comme **redresseurs** pour des courants moyens (de **0,2 à 20 A**) et des tensions élevées, à la place des diodes à vide.

Il existe aussi des diodes à cathode froide, dans lesquelles la cathode n'est pas chauffée, et on n'a donc pas d'émission thermoïonique : les électrodes sont de simples cylindres métalliques **coaxiaux**.

La diode à gaz, à cathode froide, tout en ayant un sens préférentiel pour le passage du courant, dû à la forme différente et aux dimensions des deux électrodes, n'est pas utilisée comme conducteur **unidirectionnel (redresseur)**, mais plutôt comme organe capable de maintenir à ses extrémités une différence de potentiel constante malgré les variations du courant qui le traverse.

La différence de potentiel qui s'établit aux extrémités de la diode est caractéristique de chaque tube : dans les modèles usuels, elle a des valeurs **standard**. Pour cette raison, ces tubes sont utilisés comme éléments de référence dans les circuits de stabilisation des tensions.

Les triodes et les tétrodes à gaz (**thyatron**) sont essentiellement des iodes dans lesquelles il est possible, en changeant le potentiel d'une électrode de contrôle (**grille**), de changer le potentiel d'amorçage en réalisant ainsi des redresseurs contrôlés.

## **V- Tube à onde progressive :**

Amplificateur utilisé dans le domaine des **micro-ondes**, fondé sur l'**interaction** d'un **faisceau** d'électrons et du champ électrique d'une onde électromagnétique à laquelle le faisceau cède une partie de son énergie.

Pour absorber de l'énergie des électrons, le champ doit se propager selon la même direction et le même sens, mais à une vitesse légèrement inférieure par rapport au faisceau. Puisque la vitesse des électrons est toujours inférieure à celle de la **lumière**, il faut ralentir l'onde électromagnétique, à l'aide, par exemple, d'une **hélice** conductrice enroulée autour de l'axe du tube : de cette façon la

vitesse de l'onde dans la direction axiale devient  $c' = pc / (2r)$ , si  $p$  et  $r$  sont respectivement le **pas** et le **rayon** de l'hélice et  $c'$  la vitesse de la lumière.

Dans un tube à onde progressive, on a donc un canon électronique qui produit un faisceau d'électron à une vitesse supérieure à  $c'$ , focalisé par un champ magnétique créée par un **séleñoïde**.

Le **signal** d'entrée, envoyé près de la cathode, se propage le long du tube en enlevant de l'énergie au faisceau d'électrons et donc en augmentant d'intensité : près de l'anode on peut donc prélever un signal amplifié.

Leur domaine normal de **travail** se situe entre 500 et quelques **dizaines de GHz** ; pour des fréquences plus hautes, l'hélice devient extrêmement petite, alors qu'elle acquiert des dimensions importantes pour des fréquences basses.