

Par Gilbert Gastebois

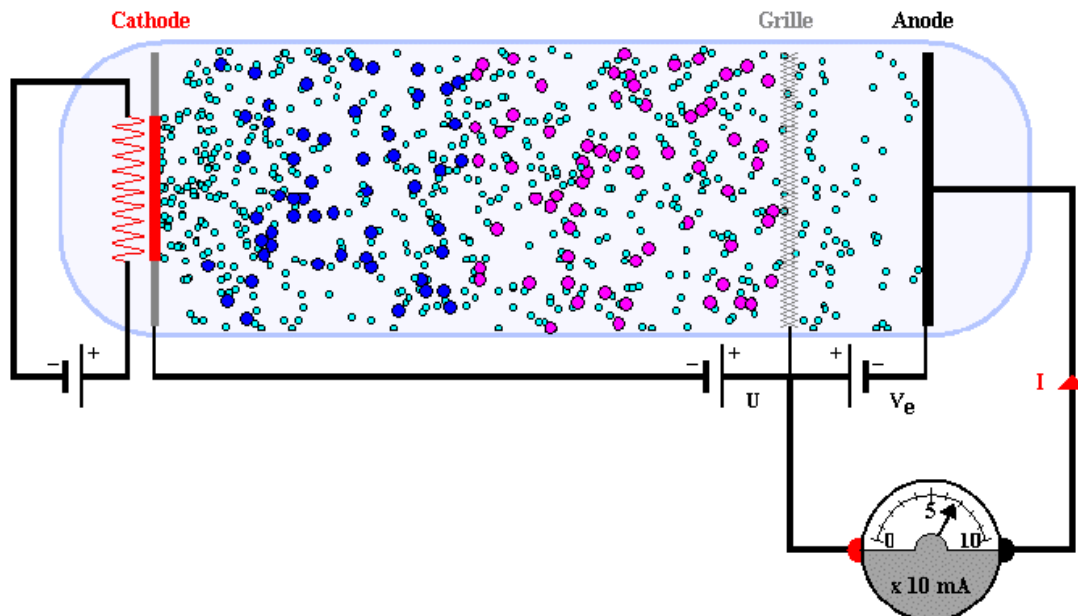
1. Description

Une triode placée dans un four thermostaté, contient des atomes de mercure gazeux. Les électrons heurtent les atomes. Si l' e^- a suffisamment d'énergie cinétique pour produire une transition vers le niveau juste supérieur de l'atome situé à 4,9 eV au dessus du niveau fondamental, il lui cède cette énergie et ralentit.

La tension V_e entre la grille et l'anode est décélétratrice donc si l' e^- n'a plus assez d'énergie, il ne peut plus atteindre l'anode, ce qui se traduit par une baisse de l'intensité détectée.

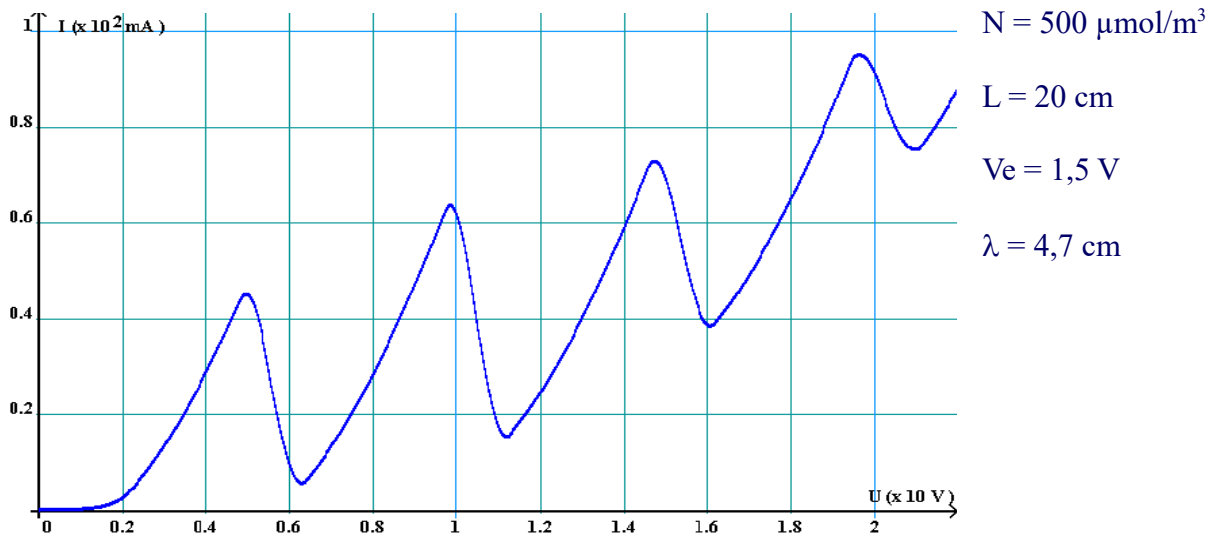
Si la tension entre la grille et la cathode est suffisante, un même e^- peut produire la transition d'autres atomes à chaque fois qu'il a récupéré assez d'énergie cinétique. Cela se traduit par une succession de chutes d'intensité à mesure que l'on augmente la tension.

2. Schéma



x distance parcourue par l'électron

L distance Cathode-Grille



3. Étude de l'expérience

3.1 Chocs élastiques

Au cours d'un choc sans transfert d'énergie sur un atome de mercure immobile, l'électron conserve son énergie cinétique donc à son arrivée sur la grille sa vitesse est en moyenne égale à ce qu'elle serait s'il la triode était vide :

$$v_{\text{finale}} = (2 e (U - V_e)/m)^{1/2}$$

l'intensité correspondante dépend de la caractéristique de la triode. $I \simeq K(U - V_e)^{3/2}$.

3.2 Chocs inélastiques

Un choc peut transférer de l'énergie à l'atome si $E_c \geq 4,9 \text{ eV}$

donc si $U x/L = 4,9 \text{ n}$ donc $x = 4,9 \text{ n L/U}$ $0 < n < U/4,9$

On pourrait penser que lorsque $U = 4,9 \text{ V}$, les électrons vont interagir tout près de la grille, ils vont perdre toute leur énergie et n'auront plus assez d'espace pour accélérer avant de traverser la grille et d'être refoulés par la tension V_e . On devrait donc avoir une chute brutale de l'intensité jusqu'à zéro. Ce n'est pas ce qu'on observe.

La chute n'est pas brutale, elle est progressive et elle n'atteint pas zéro.

La chute n'est pas brutale à cause du mouvement des atomes de mercure et de la dispersion des vitesses des électrons. La cathode émettrice est très chaude, il y a donc une dispersion des vitesses des électrons à leur sortie. La conséquence est qu'il faut prendre en compte la vitesse relative des atomes et des électrons. Cela entraîne une dispersion des valeurs de U qui provoquent une transition.

L'intensité ne s'annule pas car tous les électrons possédant plus de 4,9 eV d'énergie cinétique ne vont pas forcément rencontrer un atome pour lui transférer de l'énergie, certains vont traverser la triode sans interagir. Il y aura donc toujours une intensité, on observe seulement un déficit pour des valeurs de U séparées de 4,9 V.

Pour avoir une idée du nombre d'électrons qui n'interagissent pas, il faut étudier leur libre parcours moyen λ . λ est donné par $N \lambda S = 1$ donc

$$\lambda = 1/(N\pi R^2) \quad N \text{ nombre d'atomes/m}^3 \quad R \text{ rayon des atomes de mercure}$$

La probabilité qu'un électron n'interagisse pas après avoir parcouru une distance x est :

$$p = \exp(-x/\lambda)$$

Le nombre d'électrons/s qui atteindront l'anode sans avoir interagi est donc

$$n = n_0 \exp(-L/\lambda) \quad n_0 \text{ étant le nombre d'électrons sortant de la cathode/s}$$

Comme λ diminue avec N , les creux seront plus marqués et l'intensité sera plus faible s'il y a davantage d'atomes de mercure car la probabilité de chocs sera plus grande.

Pour les interactions multiples, à chaque interaction, l'électron a une chance $\exp(-(L-x)/\lambda)$ d'atteindre l'anode directement dans la mesure où il possède assez d'énergie pour contrer V_e quand il pénètre dans l'intervalle grille-anode et $1 - \exp(-(L-x)/\lambda)$ d'interagir à nouveau s'il lui reste assez d'espace pour cela.

Remarque : A cause de la charge d'espace autour de la cathode, la vitesse atteinte par les e^- est inférieure à la valeur attendue. La conséquence est que la première transition se fait pour une tension moyenne supérieure à 4,9 V.