

# 1:: Principes théoriques de l'émission par effet de champ

## >.. émission thermo-ionique, émission par effet de champ

L'émission électronique à partir de métaux a d'abord été réalisée par élévation de température des corps émissifs: c'est l'**émission thermo-ionique**, découverte par Joseph John Thomson et constamment utilisée pour les téléviseurs CRT.

On peut étudier l'émission d'électrons grâce au modèle de Arnold et Sommerfeld, où le cristal métallique est assimilé à un puits de potentiel contenant un gaz d'électrons, eux-mêmes occupant certains niveaux d'énergie. Les **électrons dits de conduction** sont mobiles à l'intérieur du métal mais cantonnés à celui-ci (forces électriques).

Dans la situation émetteur/électrode, on constate qu'il y a toujours un champ électrique (dû à la ddp) qui tend à accélérer les électrons. Cependant, si la tension fournie est basse, un **effet de répulsion** apparaît et certains électrons ne quittent pas la cathode (**effet Schottky**). On observe alors un phénomène de courant de saturation. Mais si on augmente le champ électrique suffisamment, la cathode devient le siège d'un **autre type d'émission**: l'émission à effet de champ.

On va donc utiliser cette caractéristique à température ambiante pour émettre des électrons dans les écrans plats à effet de champ.

## a.. modèle de Fowler-Nordheim: émission froide [Figure1::1]

Pour comprendre le phénomène on va s'appuyer sur le modèle développé par **Fowler et Nordheim**. On doit distinguer plusieurs influences physiques: celle produite par le champ électrique imposé, celle due au potentiel image, et enfin celle du travail de sortie.

### 1. **Travail de Sortie $\Phi$ , Energie de Fermi:**

caractériser l'extraction d'électrons

Pour s'extraire du métal, l'électron doit franchir la barrière de potentiel qui l'y confine. L'énergie minimale d'extraction d'un électron est appelée *travail de sortie*, noté  $\Phi$ .

L'énergie à fournir à l'électron pour le faire passer de la bande de conduction au niveau du vide – quelque soit son milieu d'origine (semi-conducteur ou isolant) – est nommée *affinité électronique*, elle dépend du dopage (pureté du matériau, on peut ajouter certains composés pour favoriser l'émission).

[ $E_{Fermi}$  est l'énergie de Fermi, celle des électrons situés juste au dessous de la bande de conduction]

[pourquoi insérer un facteur 4 supplémentaire au dénominateur à côté de x?]

### 2. **Effet Schottky:**

répulsion des électrons

Quand un électron est émis par un matériau, il est soumis à une force de rétention, c'est l'**effet Schottky**. La situation est équivalente à l'apparition d'une charge positive (charge image) dès la sortie de l'électron. En conséquence, l'électron subit une force électrostatique (comme dans le cas de deux charges opposés).

Pour déplacer un électron, on doit donc fournir une énergie  $W_{Schottky}$  telle que:

$$F(x) = -\left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\right) \cdot \left(\frac{e^2}{4x^2}\right) \quad W_{Schottky}(x) = -\int F(x) dx = -\left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\right) \cdot \left(\frac{e^2}{4x}\right)$$

où l'interaction avec le matériau est considérée nulle à l'infini.

### 3. **Champ électrique:**

champ appliqué physiquement

Lorsqu'on applique un champ  $E$ , à l'extérieur du matériau, l'électron gagne en énergie potentielle.

$$V = -\int E \cdot dx \quad W_{champ} = -e \cdot V = -e \cdot E \cdot x$$

En prenant en compte les différents effets agissant sur l'électron, on obtient la relation donnant l'énergie potentielle:

$$W_{globale} = E_{Fermi} + \Phi + (W_{Schottky} + W_{champ}) \cdot K_{J-eV} = E_{Fermi} + \Phi - \left(\left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\right) \cdot \left(\frac{e^2}{4x}\right) + eEx\right) \cdot K_{J-eV}$$

On constate ainsi que la barrière de potentiel est inférieure au travail de sortie de la valeur  $\Delta\Phi$ . Par ailleurs la théorie quantique montre que la probabilité de traverser cette barrière pour un électron est non nulle – alors que son énergie y est pourtant inférieure, par **effet tunnel**.

[L'effet tunnel traduit le phénomène de franchissement d'une barrière de potentiel par un électron dont l'énergie est pourtant inférieure, expliqué par la théorie de la mécanique quantique – l'interprétation étant un morcellement temporaire de l'électron qui peut ainsi passer: l'électron n'étant plus considéré ponctuel mais « nuageux »]

[Conversion: 1 eV = 1,602.10<sup>(-19)</sup> J]

## b.. amplification du champ par la géométrie [Figure1::2, ::3]

Le modèle présenté se base sur un émetteur plan, or on constate qu'une optimisation sensible de l'émission est possible par un **argument de géométrie**. On assimile, en pratique, la géométrie des émetteurs à un **cône** sinon une **demi-ellipse**. Le champ électrique appliqué est localement très nettement amplifié par le **tassement des équipotentielles** autour des éléments émissifs, ce qui favorise l'émission des électrons.

Le modèle reste toujours valable après ajustement de la valeur du champ « ressentie », grâce au facteur multiplicatif noté  $\beta$ . L'ordre de grandeur d'amplification du champ est  $\beta \approx 1000$ .

Au delà de l'aspect théorique de l'émission par effet de champ, on va désormais s'intéresser à la dimension pratique de sa mise en place dans la conception des écrans. Comment passe-t-on de l'émission d'électrons à une émission organisée de lumière visible?