

Theorie du gaz d'e⁻ libre

(calculat p335
Floresco p116)

* C'est une theorie proposee par Sommerfeld en 1923, il considere que dans un metal les electrons sont libre de se deplacer dans tout le cristal. => gaz d'e⁻ libre de Fermi (Cours PVerat)

* Il y a deux hypotheses.

- Les electrons n'interagissent pas avec les cations
- Les electrons de valence sont libre de se deplacer.

* On considere l'electron dans une boite de longueur L ($\psi(x=0) = \psi(x=L) = 0$)

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = E \psi \quad \Rightarrow \quad E_n = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\pi}{L}\right)^2 \cdot n^2$$

• En prenant des conditions aux limites periodiques (Born-Von-Karman)

$$\hookrightarrow \psi(x) = \psi(x+L)$$

- Si on prend $\psi(x) = A e^{ikx}$

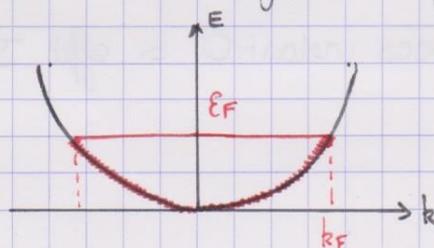
$$\Rightarrow e^{ikL} = 1 \quad \text{donc } k = \frac{2n\pi}{L}$$

$$\text{Ainsi: } \boxed{E_n = \frac{\hbar^2}{2m} k^2 = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{2\pi}{L}\right)^2 \cdot n^2 = E_n}$$

* dans un solide L est tres grand donc les etats se rapprochent

* comme on a $N \sim 10^{23}$ etat, les etats sont infiniment proches

\hookrightarrow niveau continu d'energie.



* Comme pour une molécule on remplit les niveaux d'énergie.

• On a N électrons à placer, chaque niveau accueille $4e^0$

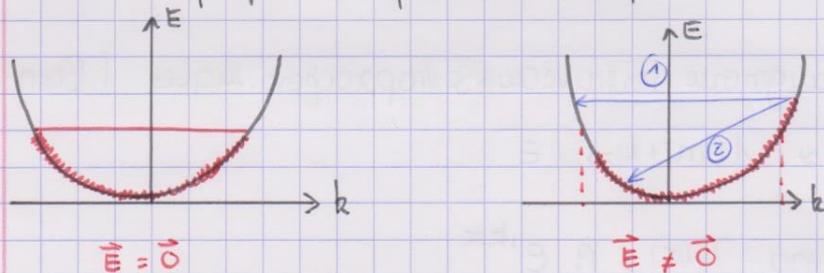
$$E_{\max} = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{2\pi}{Na} \right)^2 \cdot \left(\frac{N}{4} \right)^2 = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\pi}{2a} \right)^2 = E_F$$

⇒ On définit le niveau de Fermi comme le niveau le plus haut occupé à 0K

⚠ La température change la répartition $f(E) = \frac{1}{1 + e^{(E-E_F)/k_B T}}$

↳ f = "Distribution de Fermi"

* Quand on applique un courant, les électrons possèdent encore des niveaux à peupler, ils peuvent se déplacer.



• e^0 subissent: $\frac{d\vec{p}}{dt} = \hbar \frac{d\vec{k}}{dt} = -e\vec{E}$

↳ $\vec{k} = \vec{k}_0 + \frac{e\vec{E}}{\hbar} t$

donc quand t augmente k aussi et donc v aussi

⇒ mais il y a des choses sinon $v \rightarrow +\infty$

① choc élastique

② chocs inélastiques ⇒ effet Joule

Le temps entre 2 collisions est : τ : temps de relaxation

$$\Delta \vec{k} = - \frac{e}{\hbar} \cdot \vec{E} \tau.$$

$$\text{or } \vec{j} = nq \Delta \vec{v} = \frac{ne^2 \tau}{m} \cdot \vec{E} = \sigma \vec{E}$$

• pour Al : $\tau \approx 7 \cdot 10^{-15} \text{ s}$

• pour Au par : $\tau \approx 10^{-14} \text{ s}$.

* Les collisions ont lieu avec les défauts et les ruptures de périodicité

↳ émission d'un phonon

* Quand on augmente T , on diminue le temps τ donc σ

↳ $\sigma \propto \tau$ "métaux"

* Ce modèle explique plusieurs propriétés

• Malleable : faire coalescer les couches les uns par rapport aux autres ne change pas les interactions électroniques : ne coûte pas d'énergie

• Conductivité thermique : les électrons sont déjà dans des niveaux excités, il est plus facile de leur apporter de l'énergie et elle se transmet plus vite. (casalot p 338)

• Conductivité : pour les métaux τ est grand