

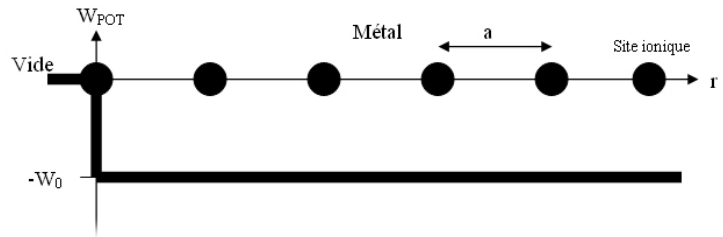
Le modèle de Sommerfeld fait appel à la mécanique quantique, et use d'une approximation : l'énergie potentielle à l'intérieur du matériau est une constante. Ce modèle donne des résultats intéressants qui viennent compléter le modèle de Drude.

♣ Considérations générales :

Si l'on prend comme convention d'affecter la valeur zéro à l'énergie d'un électron de vitesse nulle à l'infini, l'énergie potentielle d'un électron sera négative. Du fait de la périodicité du réseau ionique, cette énergie est une fonction triplement périodique des coordonnées de l'espace : dans un but de simplification, Sommerfeld suppose qu'elle est constante, et de valeur $-W_0$.

Ainsi l'électron « libre » dans le solide se trouve enfermé dans un puits de profondeur W_0 :

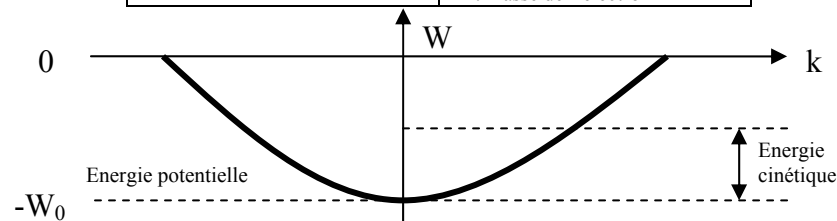
$$W_{POTENTIELLE}(r) = cste = -W_0$$



Sommerfeld va utiliser l'équation de Schrödinger, et va obtenir le résultat suivant :

$$W_{TOTALE} = -W_0 + \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$$

W_0 : Energie potentielle
 $\hbar$: Constante de Planck
 k : Vecteur d'onde
 m : masse de l'électron



Si on se translate dans la structure métallique, on doit retrouver les mêmes propriétés : ce sont les conditions cycliques de Born Von Karman. La périodicité des propriétés physiques du cristal se traduit par de « bonnes » valeurs du vecteur d'onde, soit : $k_Z = m_Z \cdot \frac{2\pi}{L}$, $m \in \mathbb{Z}$.

En remarquant que dans l'espace des k , une surface isoénergétique ($W = \text{constante}$) est une sphère, on constate qu'un « bon vecteur k » a à sa disposition un volume $\left(\frac{2\pi}{L}\right)^3$, ce qui donne une coquille sphérique d'épaisseur dk .

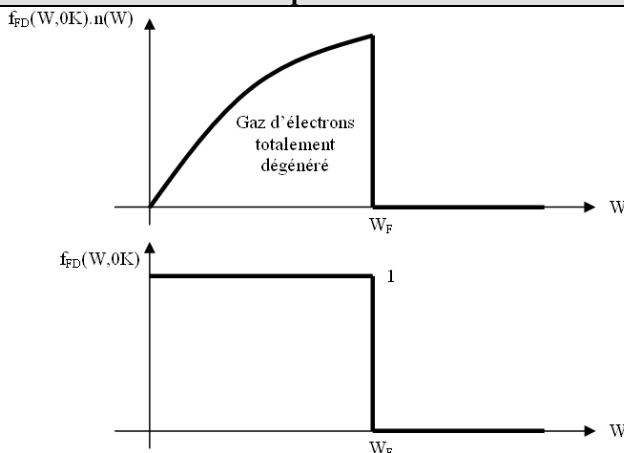
Remplissage des niveaux énergétiques :

En vertu du principe d'exclusion de Pauli, et comme l'énergie du système dans son état fondamental est minimale, chaque niveau d'énergie autorisé sera occupé par un seul électron, en commençant par le plus bas niveau.

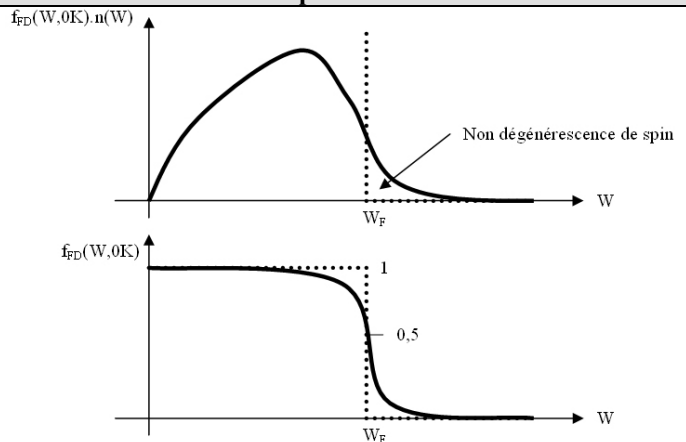
La probabilité d'occupation du niveau d'énergie W à la température T est donnée par la fonction de distribution de Fermi-Dirac :
 W_F : Energie de Fermi

$$f_{FERMI-DIRAC}(W, T) = \frac{1}{e^{\frac{W-W_F}{k_B \cdot T}} + 1}$$

On se place à 0°K



On se place à 300°K

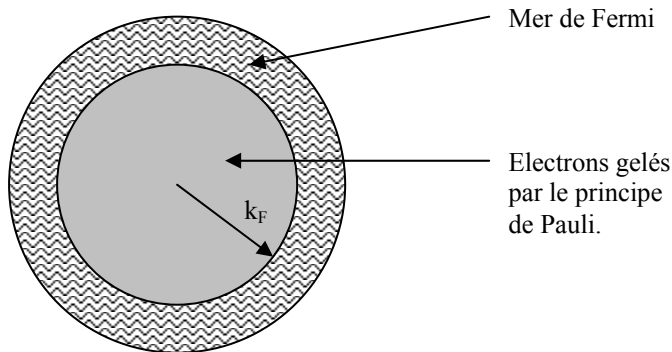


♣ Sphère de Fermi :

Il y a trois relations importantes à connaître :

Energie	Vitesse	Température
Faisant abstraction de la dépendance en température, on peut définir le nombre d'onde de Fermi k_{FERMI} , par : $E_{FERMI} = \frac{\hbar^2 k_{FERMI}^2}{2m}$ $E_F = 4\text{eV}$	A la surface de la sphère de Fermi, on peut définir la vitesse des électrons (ou vitesse de Fermi), soit au sens de Sommerfeld : $V_{SURFACE_FERMI}^2 = \frac{2.E_{FERMI}}{m}$ $v_F = 10^8 \text{cm/s}$	$T_{FERMI} = \frac{E_{FERMI}}{k_{BOLTZMAN}}$ $T_F = 45000\text{K}$

Allure de la sphère de Fermi (appelé aussi 'surface de Fermi') :



♣ La loi d'Ohm, avec Sommerfeld :

On retiendra que :

$$\left. \begin{aligned} \delta \vec{v} &= -\frac{q \cdot \vec{E} \cdot \tau}{m} \\ \vec{J} &= -q \cdot N \cdot \delta \vec{v} \end{aligned} \right\} J = \frac{N \cdot q^2 \cdot \tau}{m} \cdot \vec{E} = \sigma \cdot \vec{E}$$

Il convient de noter que c'est la concentration électronique totale N qui intervient dans la conductivité électrique, car c'est la sphère de Fermi dans son ensemble qui est translatée sous l'effet du champ. Par contre seuls les électrons se trouvant à la surface de Fermi subissent les collisions assurant l'état d'équilibre (les autres étant gelés par le principe de Pauli) : le libre parcours moyen électronique est donc celui des électrons dont la vitesse est la vitesse de Fermi.

Ainsi le libre parcours moyen est donné par l'expression : $\Lambda = v_{FERMI} \cdot \tau$

Pour l'ensemble des métaux, la vitesse de Fermi est pratiquement indépendante de la température, est comprise entre 0,8.10⁶m/s et 2,2.10⁶m/s.

T(K)	300	4
v_{FERMI} (m/s)	1,6.10 ⁶	1,6.10 ⁶
Λ (m)	300 Angström	3mm
τ (s)	2.10 ⁻¹⁴	2.10 ⁻⁹

♣ Les conclusions sur ce modèle :

Ce modèle donne des résultats intéressants, puisqu'il explique correctement la conductibilité et la chaleur spécifique électroniques. Cependant certains aspects n'apparaissent pas :

Ne prenant pas en compte la périodicité du potentiel dû aux ions du réseau, la masse de l'électron est toujours celle de la particule libre : la masse effective m^* n'est donc pas mise en évidence.	Surtout, ce modèle ne permet pas de prévoir si un corps est susceptible ou pas, d'être conducteur de l'électricité : dès qu'il y a des électrons disponibles, tous les niveaux autorisés par le dénombrement des valeurs k peuvent être remplis, il y a toujours possibilité de conduction, ce qui est loin d'être conforme à l'expérience courante...	D'autres types d'interaction, de moindre importance, ne sont pas non plus pris en compte, qu'il s'agisse de l'interaction électron proton (qui permettrait d'expliquer la supraconductivité « classique ») ou de l'interaction électron électron (qui est à la base de la théorie de Landau sur les liquides de Fermi).
---	--	---

☛ Nature de l'électron : Quantique

☛ Intervention du milieu : Non

☛ Energie potentielle : Constante dans le matériau, nulle en dehors du matériau.

☛ Résultats : Caractéristiques électriques des métaux.