Université Moulay Ismail | **Année universitaire : 2024/2025**
Faculté des sciences | **Filière : SMP – Semestre : S6**
Département de physique | **Module : Physique des Matériaux II**

Travaux dirigés – Série 1

Etude d'un cas particulier : Semi-métal

Dans un semi-métal la largeur de la bande interdite est nulle et la densité d'états est représentée comme la figure ci-dessous :

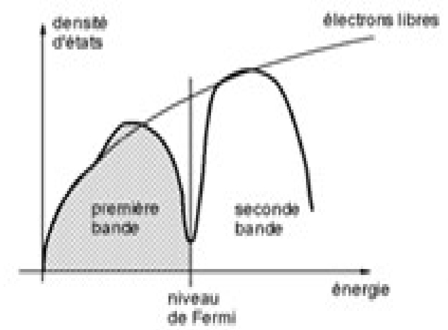

Figure 1 : Représentation de la densité d'états dans un semi-métal

Soient ***N*** le nombre total d'électrons et $\boldsymbol{E_F}$ l'énergie de Fermi à **T = 0K**.

1- Etablir l'expression de la densité d'états d'un tel cas ;

2- En superposant à la figure 1 la distribution de Fermi-Dirac à T = 0K, décrire la répartition des électrons entre bande de valence et bande de conduction ;

3- Calculer l'énergie interne du gaz d'électrons à T = 0K en fonction de ***N*** et $\boldsymbol{E_F}$; à partir du résultat obtenu expliquer le caractère quantique du comportement du gaz d'électrons ;

4- On se place maintenant dans le cas d'une température finie T≠0K. Soit μ(T) le potentiel chimique à température T (dans la suite on le notera μ). On considère $\boldsymbol{N_e}$ le nombre d'électrons dans la bande de conduction. Exprimer $\boldsymbol{N_e}$ sous la forme d'une intégrale (sans la calculer) ;

5- Soit $\boldsymbol{N_t}$ le nombre de trous dans la bande de valence. Justifiez l'expression suivante :

$$N_t = 2\int_0^{E_F} D(E).\left(1 - \frac{1}{e^{\beta(E-\mu)}+1}\right) \qquad \textbf{(1)} \qquad \beta = \frac{1}{k_B T}$$

6- On se place désormais dans la limite de basses températures : $k_B T \ll E_F$.

a. Montrer qu'il est possible d'écrire l'expression (1) sous la forme ; Définir A et ξ :

$$N_t = A.\left(\frac{k_B T}{E_F}\right)^{3/2}\int_0^{\infty}\frac{\sqrt{x}}{\xi^{-1}e^{x}+1} \qquad x = \beta(E_F - E) \quad ;$$

b. Récrire l'expression donnant $\boldsymbol{N_e}$ en fonction d'une intégrale de la variable y=-x ;

c. Montrer que μ est indépendant de la température et donner son expression ;

d. En déduire les expressions de $\boldsymbol{N_e}$ et $\boldsymbol{N_t}$ en fonction de N, T et de la température de Fermi ; on exprimera le résultat à l'aide de l'intégrale :

$$I(\alpha) = \int_0^{\infty}\frac{x^{\alpha}}{e^{x}+1} \qquad I(1/2) = 0{,}678$$