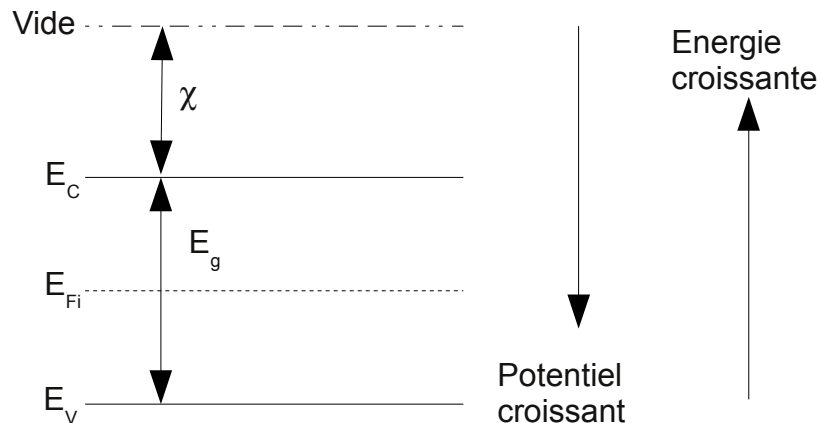


Modélisation des semi-conducteurs

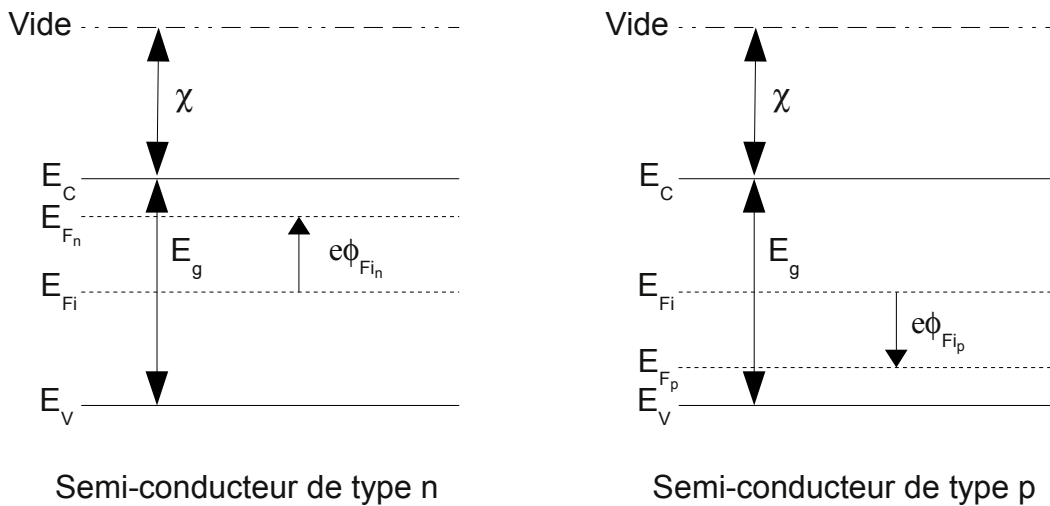
Considérons le diagramme de bande d'un semi-conducteur :



Vide, E_C , E_{Fi} et E_V représentent respectivement les niveaux d'énergie du vide, de la bande de conduction, du niveau de Fermi et de la bande de valence.

Comme indiqué sur le schéma, l'énergie est croissante vers le haut et le potentiel vers le bas.

Lorsqu'on dope ce semi-conducteur avec des donneurs ou des accepteurs, on obtient les diagrammes :



On note : $e\phi_{Fi_n} = E_{F_n} - E_{Fi}$ et $e\phi_{Fi_p} = E_{F_p} - E_{Fi}$

Densité d'équilibre des porteurs

Considérons les densités de porteurs et de dopants en un point du semi-conducteur. Nous avons les deux équations :

$$N_d + p = N_a + n \quad \text{et} \quad n p = n_i^2$$

Pour un semi-conducteur de type n les densités à l'équilibre et ϕ_{Fi} s'écrivent :

$$n_{eq} = \frac{(N_d - N_a) + \sqrt{(N_d - N_a)^2 + 4 * n_i^2}}{2} \quad p_{eq} = \frac{n_i^2}{n_e} \quad e \phi_{Fi_n} = \frac{k T}{q} \ln \left(\frac{N_d - N_a}{n_i} \right)$$

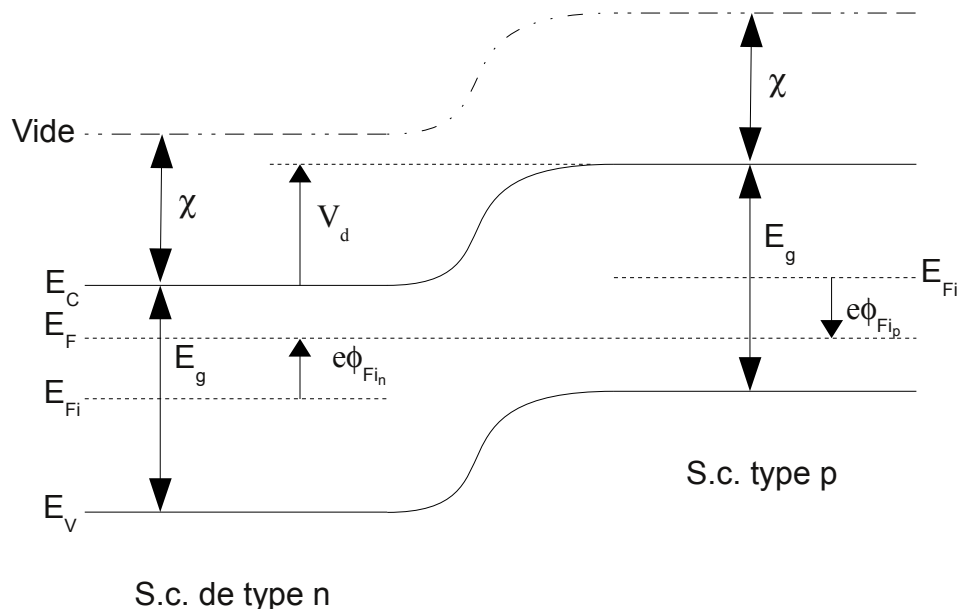
et pour un semi-conducteur de type p :

$$p_{eq} = \frac{(N_a - N_d) + \sqrt{(N_a - N_d)^2 + 4 * n_i^2}}{2} \quad n_{eq} = \frac{n_i^2}{p} \quad e \phi_{Fi_p} = \frac{-k T}{q} \ln \left(\frac{N_a - N_d}{n_i} \right)$$

Attention, les 2 formules sont nécessaires. Si, par exemple on calcule la densité de porteur p pour un semi-conducteur de type n fortement dopé par la formule : $p = \frac{(N_a - N_d) + \sqrt{(N_a - N_d)^2 + 4 * n_i^2}}{2}$ du fait du nombre limité de décimales (actuellement 20), la valeur $(N_a - N_d)^2 + 4 * n_i^2$ sera arrondi à $(N_a - N_d)^2$ et la valeur des porteurs minoritaires p sera nulle.

Jonction PN

Dans une jonction PN, les niveaux de Fermi des zones n et p s'alignent :



A l'équilibre thermodynamique, il apparaît une zone de charge d'espace à la jonction et une tension de diffusion : $V_d = e \phi_{Fi_n} - e \phi_{Fi_p}$

Mise en œuvre des contacts

Contact ohmique

Le potentiel et les densités de porteurs sont fixes :

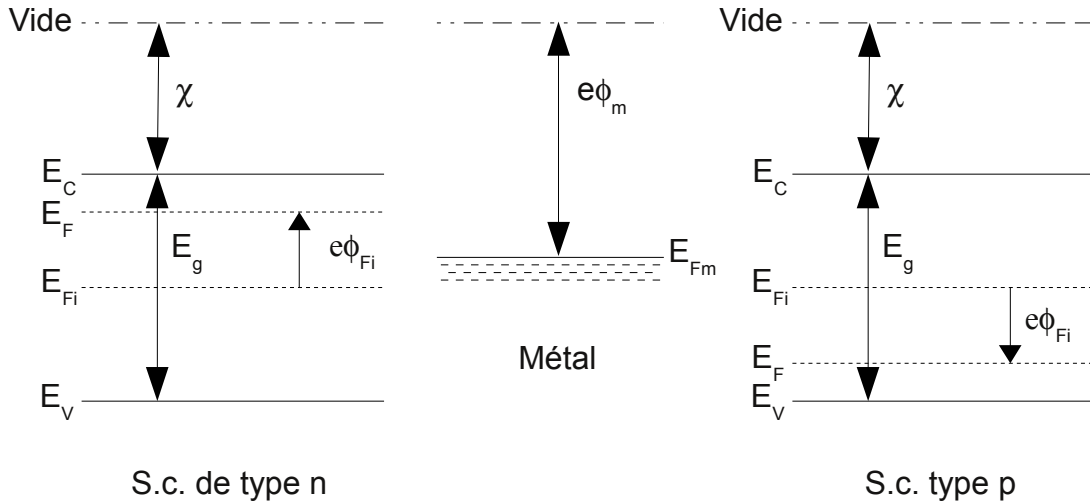
$$\psi_{contact} = e\phi_{fi} - \chi - E_g/2 + V_{appliquée}$$

$$n_{contact} = n_{eq}$$

$$p_{contact} = p_{eq}$$

Contact Schottky

Considérons les diagrammes de bande d'énergie du métal et des semi-conducteurs de type n et p :



Le potentiel est fixe : $\psi_{contact} = e\phi_m + V_{appliquée}$

et les densités de porteurs dépendent des courants au contact définis par :

$$Jn_{contact} = qv_n(n_{contact} - n_{Schottky}) \quad \text{et} \quad Jp_{contact} = qv_p(p_{contact} - p_{Schottky})$$

Avec v_n et v_p : les vitesses de recombinaison n et p au contact en cm/s (valeur typique : $5 \cdot 10^6$)

$$n_{Schottky} = n_{eq} \exp\left(\frac{-q(e\phi_m - E_F)}{kT}\right) \quad \text{et} \quad p_{Schottky} = p_{eq} \exp\left(\frac{q(e\phi_m - E_F)}{kT}\right)$$

Contact Isolant

Le potentiel est fixe : $\psi_{contact} = e\phi_{fi} - \chi - E_g/2 + V_{appliquée}$

et les densités de porteurs sont libres : aucune condition (Dirichlet ou Neumann) n'est appliquée.