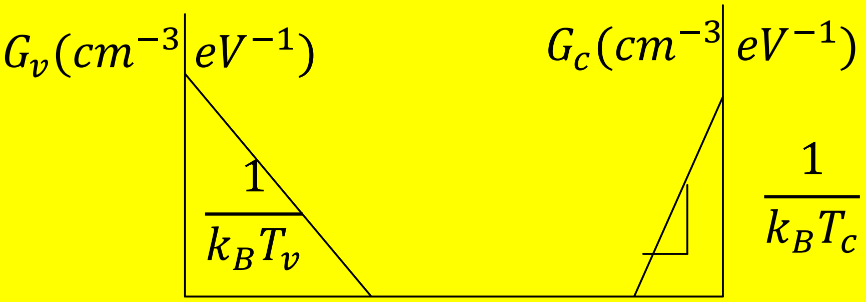
Modèle physique de la densité d'états



Etats des queues de bandes (حالات ذيول العصابات)

$$g_c(E) = G_c \exp\left(-\frac{E_c - E}{k_B T_c}\right)$$

$$g_v(E) = G_v \exp\left(-\frac{E - E_v}{k_B T_v}\right)$$

Fonction d'occupation des électrons à l'équilibre thermodynamique دالة الإسكان في التوزان

$$f_{nc,v}(E) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - E_f}{k_B T}\right)}$$

فيرمي ديراك

Fonction d'occupation des électrons hors l'équilibre thermodynamique دالة الإسكان خارج التوزان

$$f_{nc,v}(E) = \frac{C_{nc,v}\, n + C_{pc,v}\, p_1(E)}{C_{nc,v}\left(n + n_1(E)\right) + C_{pc,v}\left(p + p_1(E)\right)}$$

شوكلي ــريد -هول

Fonction d'occupation des trous
دالة الإسكان

$$f_{pc,v}(E) = 1 - f_{nc,v}(E)$$

Paramètre	Définition
n et p (cm^{-3})	كثافة الحاملات الحرة إلكترونات و ثقوب
$C_{nc}, C_{nv}, C_{pc}, C_{pv} (cm^3 s^{-1})$	معاملات اللاإقتناص للحاملات الحرة في ذيول عصابتي التكافؤ و النقل
$n_1(E), p_1(E) (cm^{-3})$ $n_1(E) = n_i \exp\left(\frac{E - E_{fi}}{k_B T}\right)$ $p_1(E) = n_i \exp\left(-\frac{E - E_{fi}}{k_B T}\right)$	كثافة الحاملات المنبعثة فعلا من المستوى الطاقي E الموجود في الحالات الطاقية الممكنة في نطاق الطاقة,

Remarque:
Malgré l'absence de l'ordre la notion des bandes d'énergie persiste puisqu'il existe toujours un ordre à courte portée.

ملاحظة:
بالرغم من غياب الترتيب فإن مفهوم عصابات الطاقة يبقى حاضرا ذلك أن ترتيبا على المدى القصير يبقى موجودا.

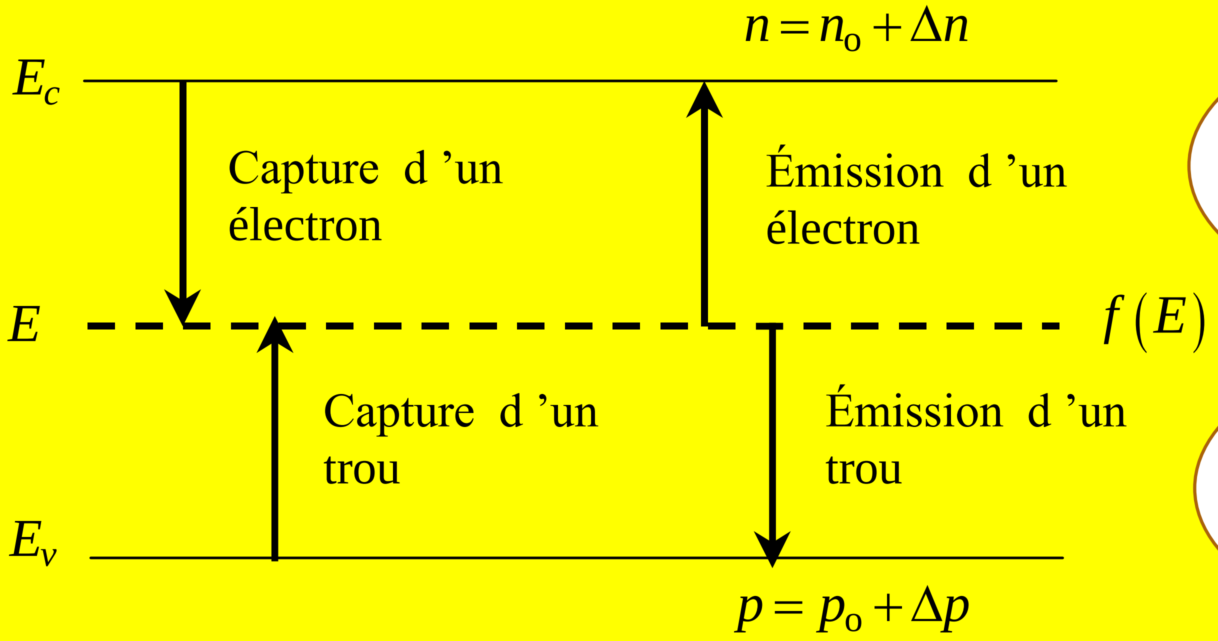
Transitions possibles des porteurs de charges

$$C_{nc}n$$

$$C_{nv}n$$

$$C_{pc}p$$

$$C_{pv}p$$



$$e_{nc}(E) = C_{nc}\, n_1(E)$$

$$e_{nv}(E) = C_{nv}\, n_1(E)$$

$$e_{pv}(E) = C_{pv}\, p_1(E)$$

$$e_{pc}(E) = C_{pc}\, p_1(E)$$

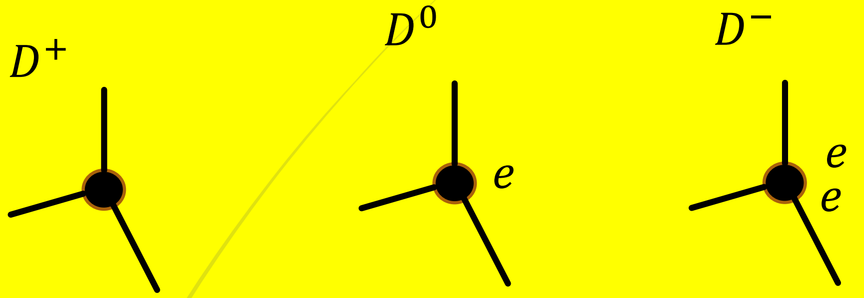
E, le niveau d'énergie soit dans la QBV ou la QBC. $f(E)$, la fonction d'occupation. $\Delta n, \Delta p$ les excès des porteurs libres par rapport à l'état de l'équilibre.

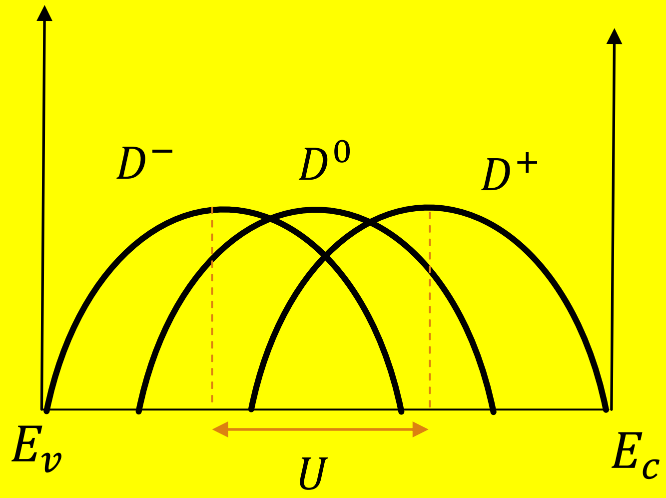
E مستوى الطاقة سواء في ذيل عصابة التكافؤ أو التوصيل. $f(E)$ دالة الإسكان.

$\Delta n,\Delta p$ الفائض في الحاملات الحرة مقارنة مع حالة التوازن.

Les états des liaisons pendantes:

U طاقة التنافر بين إلكترونين





$$D^+(E) = D(E)\, f^+(E), \qquad D^0(E) = D(E)\, f^0(E), \qquad D^-(E) = D(E)\, f^-(E)$$

Etat d'équilibre:

$$f^+(E) = \frac{1}{1+2\exp\left(\left[E_f - E\right]/k_B T\right) + \exp\left(\left[2E_f - 2E - U\right]/k_B T\right)}$$

$$f^0(E) = \frac{2\exp\left(\left[E_f - E\right]/k_B T\right)}{1+2\exp\left(\left[E_f - E\right]/k_B T\right) + \exp\left(\left[2E_f - 2E - U\right]/k_B T\right)}$$

$$f^-(E) = \frac{\exp\left(\left[2E_f - 2E - U\right]/k_B T\right)}{1+2\exp\left(\left[E_f - E\right]/k_B T\right) + \exp\left(\left[2E_f - 2E - U\right]/k_B T\right)}$$

$$f^+ + f^0 + f^- = 1$$

Hors équilibre:

$$f^{+}(E)=\frac{P^{o}P^{-}}{N^{+}P^{-}+P^{o}P^{-}+N^{o}N^{+}} \qquad f^{o}(E)=\frac{N^{+}P^{-}}{N^{+}P^{-}+P^{o}P^{-}+N^{o}N^{+}} \qquad f^{-}(E)=\frac{N^{o}N^{+}}{N^{+}P^{-}+P^{o}P^{-}+N^{o}N^{+}}$$

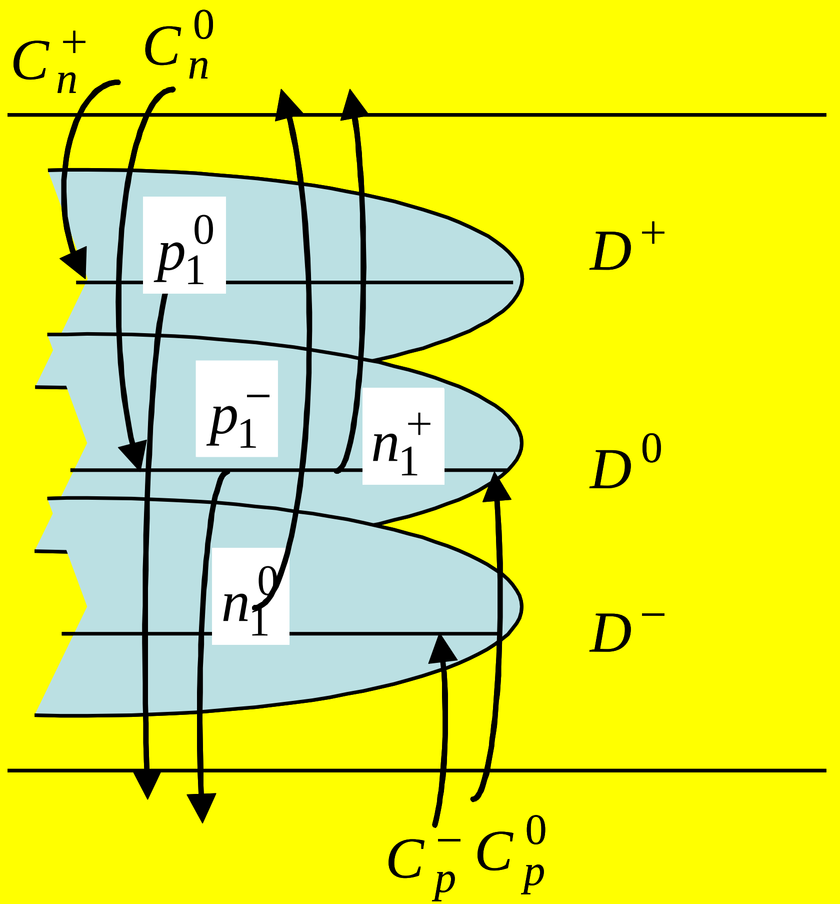
$$P^{o}=n_1^{+}C_n^{+}+pC_p^{o} \qquad P^{-}=n_1^{o}C_n^{o}+pC_p^{-} \qquad N^{o}=nC_n^{o}+p_1^{-}C_p^{-} \qquad N^{+}=nC_n^{+}+p_1^{o}C_p^{o}$$

$$n_1^{o}(E)=2N_c\exp\left(-\frac{E_c-E-U}{k_BT}\right) \qquad n_1^{+}(E)=0.5N_c\exp\left(-\frac{E_c-E}{k_BT}\right)$$

$$e_n^{-}(E)=C_n^{o}\,n_1^{o}(E) \qquad e_n^{o}(E)=C_n^{+}\,n_1^{+}(E)$$

$$p_1^{o}(E)=2N_v\exp\left(-\frac{E-E_v}{k_BT}\right) \qquad p_1^{-}(E)=0.5N_v\exp\left(-\frac{E+U-E_v}{k_BT}\right)$$

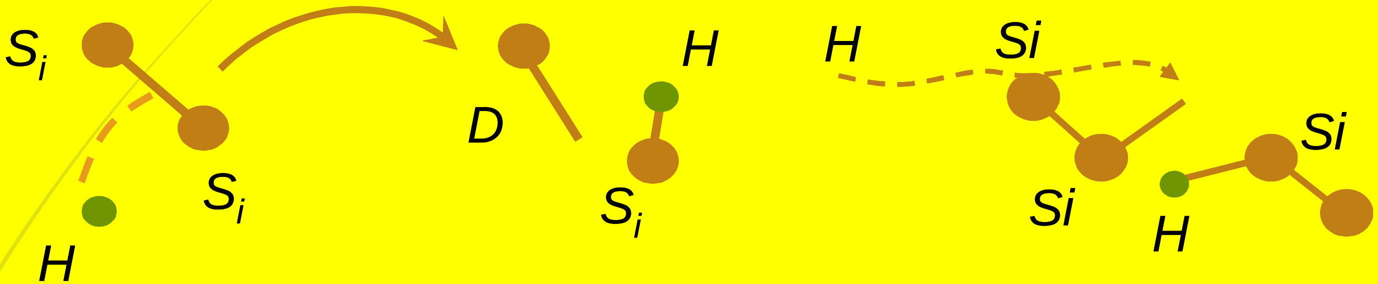
$$e_p^{+}(E)=C_p^{o}\,p_1^{o}(E) \qquad e_p^{o}(E)=C_p^{-}\,p_1^{-}(E)$$



نموذج مسبح العيوب لوصف آلية إنكسار الروابط الضعيفة و تشكل الروابط المنكسرة بوساطة الهيدروجين: Modèle Defect Pool

Introduit par Winner et amélioré par Powell et Deane .

نموذج وينر و حسن من طرف باول و دين.

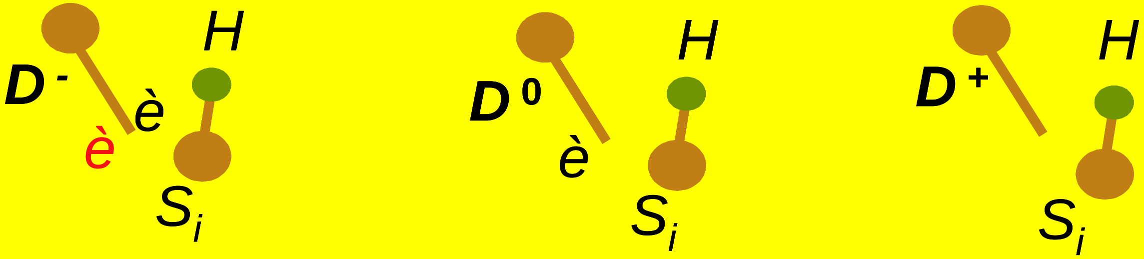


$SiSi + H \leftrightarrow SiHD$ $\qquad$ $SiHD + H \rightarrow SiHHSi$

$$\frac{[SiHD]}{[SiSi][H]} = exp\frac{-\Delta E_1}{k_B T} \qquad \frac{[SiHHSi]}{[SiHD][H]} = exp\frac{-\Delta E_2}{k_B T}$$

La loi de l'effet de masse,

قانون فعل الكتلة.



$$D(E)=\gamma\left[\frac{2}{f^{o}(E)}\right]^{k_B T^* / 2E_{vo}} P\left(E+\frac{\sigma^2}{2E_{vo}}\right)$$

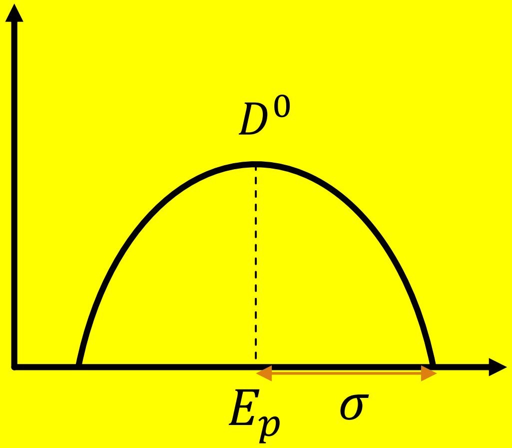
$$P(E)=(1/\sigma\sqrt{2\pi})\exp\left(-\frac{(E-E_P)^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$\gamma=\left(\frac{G_v\, 2E_{vo}^2}{\left[2E_{vo}-k_B T^*\right]}\right)\cdot\left[\frac{H}{N_{SiSi}}\right]^{k_B T^* / 4E_{vo}} \exp\left(\frac{-1}{2E_{vo}}\left[E_p-E_v-\frac{\sigma^2}{4E_{vo}}\right]\right)$$

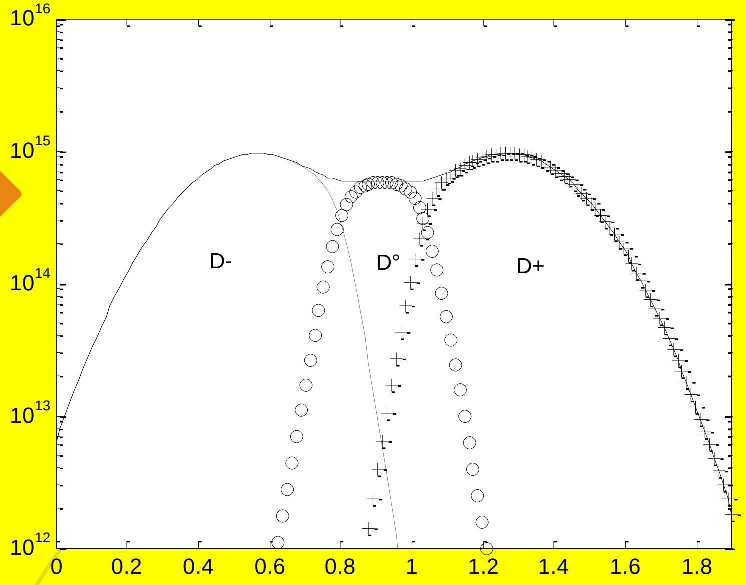
$$E_{vo}=k_B T_v$$

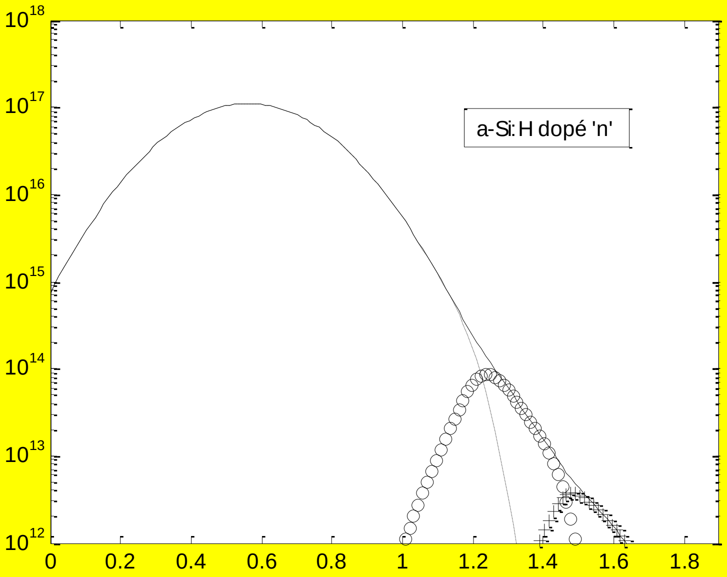
La température d’équilibre au dessous de laquelle la densité des états des liaisons pendantes reste fixe avec la variation de la température.

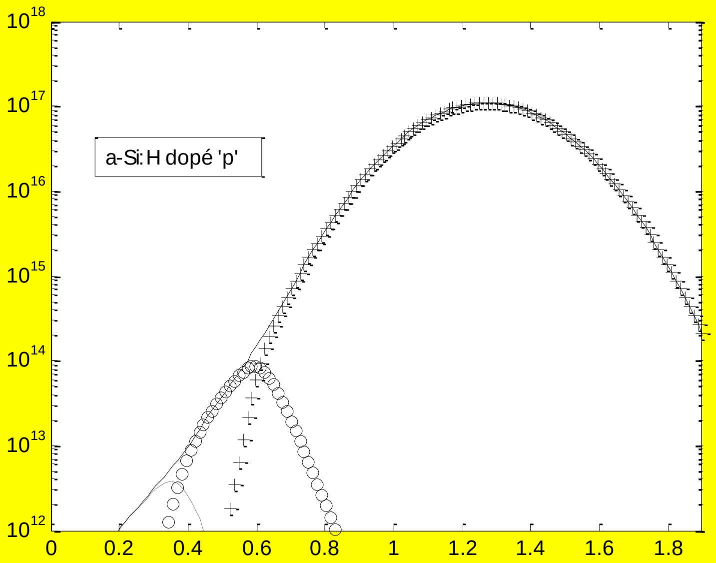
درجة الحرارة التي أسفل منها تبقى كثافة الحالات للروابط المعلقة ثابتة.

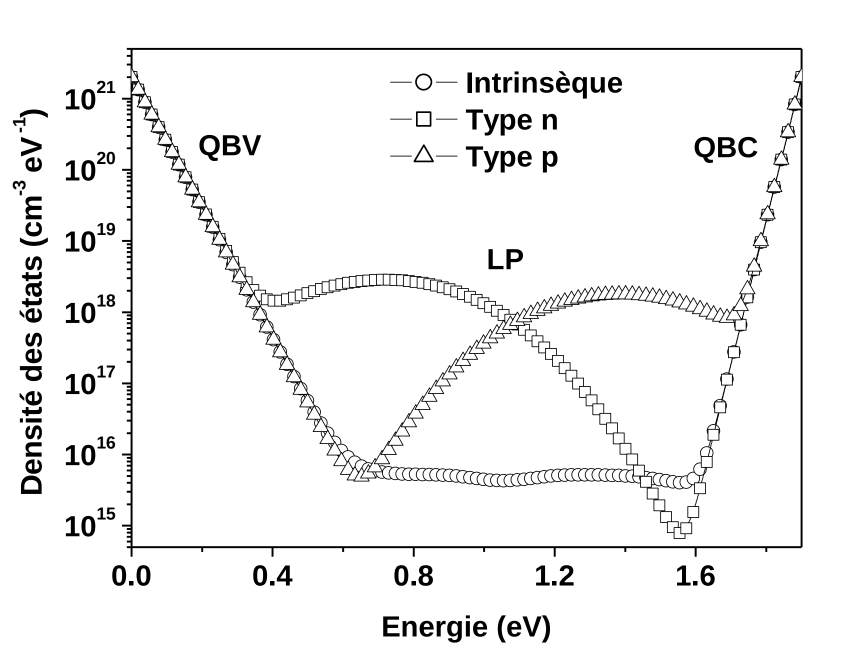


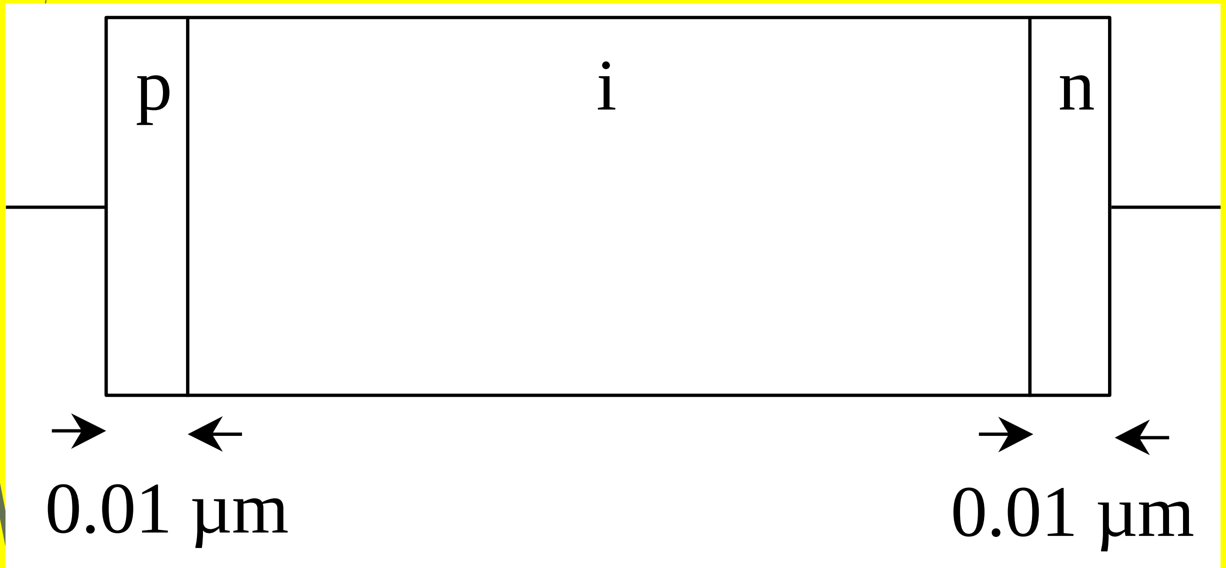
E_p le maximum de la gaussienne des liaisons pendantes et σ son écart type.

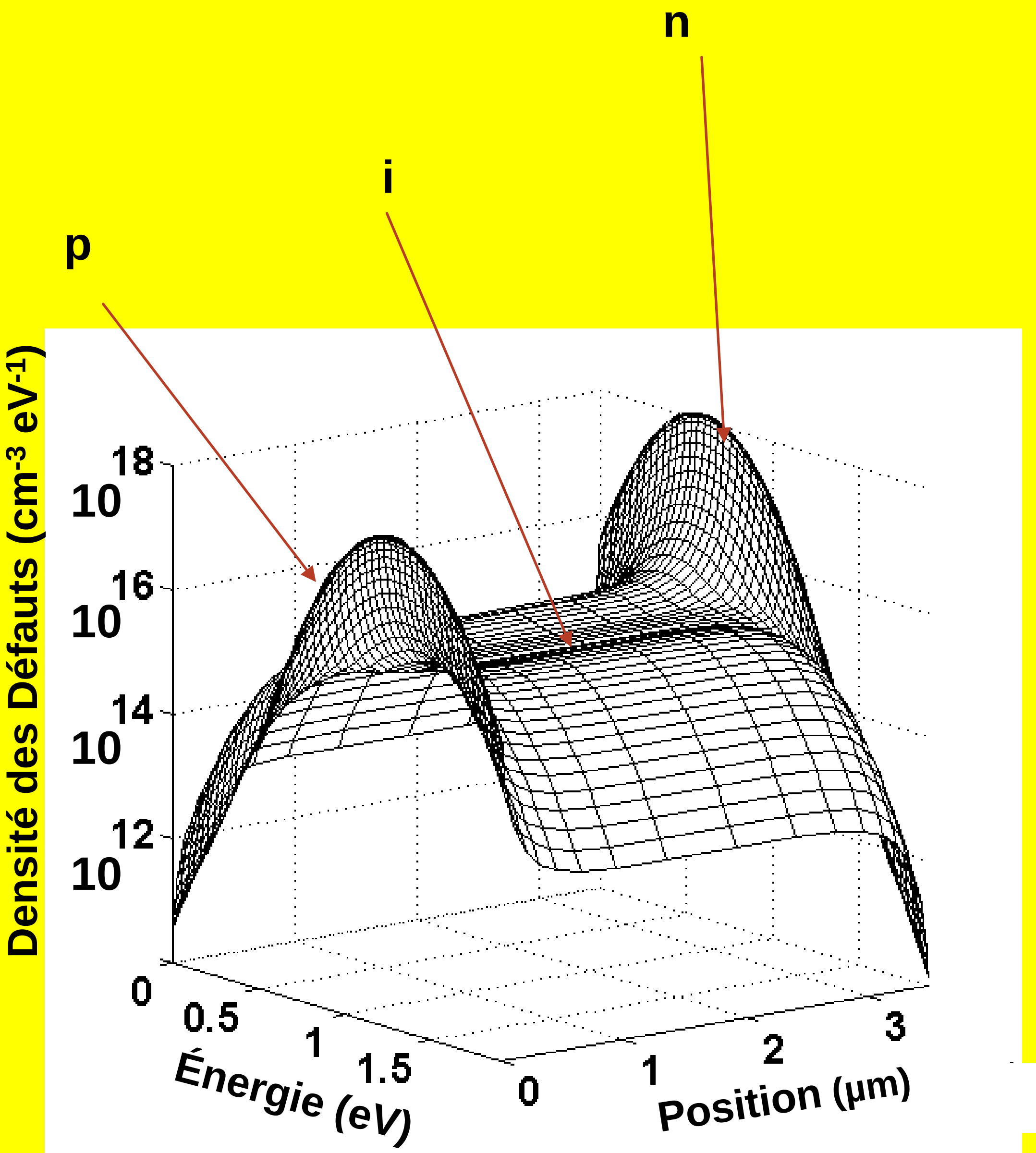

D-
D°
D+


a-Si:H dopé 'n'


a-Si:H dopé 'p'


Intrinsèque
Type n
Type p
QBV
QBC
LP
Densité des états (cm-3 eV-1)
Energie (eV)


p
i
n
0.01 µm
0.01 µm


p
i
n
Densité des Défauts (cm-3 eV-1)
10^18
10^16
10^14
10^12
0
0.5
1
1.5
Énergie (eV)
0
1
2
3
Position (µm)