TD n°1 ATOME PUCE.

2.1 - Energie totale de l'électron de l'atome d'hydrogène et nbr quantique principale.

2.1.1

a - $F_a = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{d^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{d^2}$ Force coulombienne

AN : $F_a = (8,91 \cdot 10^9)\frac{(0,16 \cdot 10^{-18})^2}{d^2}$

arrondir pr ss calculette

$\simeq 9 \cdot 10^9 \frac{(0,2)^2 10^{-36}}{d^2} \simeq 9 \times 0,04 \frac{10^{-27}}{d^2} \simeq 0,36 \frac{10^{-27}}{d^2}$

$= \frac{360}{d^2} 10^{-30}$ N

b - $F_G = G\frac{m_e m_p}{r^2}$

AN : $F_g = 66,74 \cdot 10^{-12} \frac{0,91 \cdot 10^{-30} \times 1,673 \cdot 10^{-27}}{r^2}$

$\simeq 67 \cdot 10^{-12} \frac{1 \cdot 10^{-30} \times 2 \cdot 10^{-27}}{r^2}$

$\simeq 67 \cdot 10^{-12} \frac{2 \times 10^{-57}}{r^2}$ Force gravitationnelle est négligeable.

$\simeq 134 \frac{10^{-69}}{r^2}$

c - $F_i = \frac{m_e \times V_e^2}{r} = F_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{r^2}$

$q_p = q$
$q_e = -q$

$V_e^2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{r^2} \times \frac{r}{m_e} = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 m_e r}$

$\Rightarrow F_i = \frac{m_e \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 m_e r}}{r} = \frac{\cancel{m_e}\, q^2}{4\pi\varepsilon_0 \cancel{m_e} r^2}$

d - Relation fondamentale de Dynamique

$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \times \frac{q^2}{r^2} = \frac{mV^2}{r^2}$ $\quad r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{mV^2}$

e - Energie potentiel Electron libre → Electron Valence
$r = \infty \rightarrow r = r_1$

$E_p = -\int_\infty^{r_1} dW = -\int_\infty^{r_1} \vec{F_a}\,\vec{dr} = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\int_\infty^{r_1}\frac{dr}{r^2} = -\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{r_1}$

f- Energie cinétique

$$E_c = \frac{1}{2} m_e V_e^2 \quad \text{avec} \quad V_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q^2}{m_e r}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cancel{m_e} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q^2}{\cancel{m_e} r} = \frac{1}{8\pi\varepsilon_0} \frac{q^2}{r}$$

$$E_{Tot} = E_p + E_c = -\frac{1}{8\pi\varepsilon_0} + \frac{q^2}{r}$$

L'électron se déplace de manière circulaire.
vitesse tangentiel au déplacement
vitesse constante.

$\Rightarrow Acc = \emptyset \Rightarrow \vec{F_e} = \emptyset$

(force tangentiel)

$\Rightarrow \vec{Acc} = \frac{d\vec{v}}{dt} = 0 \Rightarrow \vec{F_e} = m.\vec{Acc} = 0$

Def
Energie cinétique - energie d'une masse en mouvement
Energie potentielle - energie dû au charge, de attraction charge
$\Rightarrow$ force coulombienne, attraction coulombienne opposée
+ on se rapproche du noyau + E devient négative.

g- Relation de dualité de Broglie (fiche de Bohr (4) p60)

quantité de mvt et longueur d'onde

$$p = mv = h\nu = \frac{h}{\lambda} \qquad p: \text{quantité de mouvement}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{h}{mV_e} \qquad V = \frac{h}{2\pi r m} \qquad \lambda(Hz) = \frac{1}{\lambda(m)}$$

h- Rayon r_n orbite de l'électron

$$2\pi r_n = n\lambda = n\frac{h}{m_e V_e} \Rightarrow V_e = \frac{h}{2\pi r_n m_e}$$

$$r_n = \frac{n\lambda}{2\pi} \qquad r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{m_e V_e^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{\left(\frac{h}{2\pi m_e}\right)^2 m_e}$$

$$r_1 = \frac{h^2\varepsilon_0}{\pi m_e q^2} \simeq \underline{53\,pm}$$

$$\boxed{r_n = n^2 r_1}$$

$$\boxed{E_1 = -\frac{m_e q^4}{8h^2\varepsilon_0^2} \simeq -2,2\ \text{rad} \simeq -13,6\ eV} \qquad \boxed{E_n = \frac{E_1}{n^2}}$$

g) $\lambda = \frac{h}{m_e v_e} = \frac{2\pi r}{n} \Rightarrow r = \frac{nh}{2\pi m_e v_e}$

h) avec $\vec{F_i} + \vec{F_q} = 0 \quad r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{m_e v_e^2}$

$v_e = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{nh} \qquad r_n = n^2\frac{h^2\varepsilon_0}{\pi m_e q^2}$

2 - 1 - 2

$E_n = \frac{E_1}{n^2} = \ldots eV$

utilisation de λ_1 et E_1

Premier état excité $n = 2$

$E_2 = \frac{E_1}{2^2} = \frac{-13,6}{4} = -3,4 \text{ eV}$

$E_3 = \frac{E_1}{3^2} = \frac{-13,6}{9} = -1,51 \text{ eV}$

2 - 1 - 3

a) Etat ionisé $n \to \infty$

$\lambda_{ion} \Rightarrow \infty$

$E_{ion} \Rightarrow 0$

Etat fondamental

$\lambda = \lambda_1$

$E = E_1$

$\Delta E = E_1 - E_{ion} = E_1 - 0 \quad \Delta E = E_1 = -13,6 \text{ eV} = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E \text{ (en J)}}$

$\lambda = \frac{0,66 \cdot 10^{-33} \times 0,3 \cdot 10^{9} m/s}{-2,2}$

$= 0,9 \cdot 10^{-7} m$

$\simeq 90 \text{ nm}$

b) $3^{ème}$ Etat excité

$n = 4 \Rightarrow E_4 = \frac{E_1}{4^2} = -0,85 \text{ eV}$

$\Delta E = E_2 - E_4$

$= -3,4 + 0,85$

$= -2,45 \text{ eV}$

$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{0,66 \cdot 10^{-33} \times 3 \cdot 10^{8}}{0,5 \times 10^{-18}} = \frac{2,1}{0,5} \times 10^{-7} m$

$= 4,2 \times 10^{-7} m$

$= 420 \text{ nm} \longrightarrow$ Bleu -

3 - 1 - 1

B^{11}_{5} neutrons $= 11 - 5 = 6$ nucléons $= 11$

protons $= 5$

électrons $= 5$

Bore - $1s^2_2 + 2s^2_4 + 2p^1_5 \Rightarrow$ Couche ext n°2 $\Rightarrow$ L

$2s^2 + 2p^1 \Rightarrow 3e^- \Rightarrow$ colonne 13 (III)

Ga^{69}_{31} Galium - $1s^2_2 + 2s^2_4 + 2p^6_{10} + 3s^2_{12} + 3p^6_{18} + 4s^2_{20} + 3d^{10}_{30} + 4p^1_{31}$

$\Rightarrow$ Couche ext N n°4 $\Rightarrow 3e^-$

Silicum

Si^{28}_{14} neutrons $= 28 - 14 = 14$

protons $= 14$

electron $= 14$ $\quad 1s^2_2 + 2s^2_4 + 2p^6_{10} + 3s^2_{12} + 3p^2_{14}$ $\quad$ 4

couche ext n°3 = M - $4e^-$

Arséniure

As^{74}_{33} $1s^2_2 + 2s^2_4 + 2p^6_{10} + 3s^2_{12} + 3p^6_{18} + 4s^2_{20} + 3d^{10}_{30} + 4p^3_{33}$ $\quad$ 5

couche ext n°4 = N - $5e^-$

TD n°2 LES STRUCTURES CRISTALLINES

1-1-1. PARAMETRES DE MAILLE ET PLANS (hkl)

$a = 543$ pm

Cristalle CFS :

$*$ cubique + faces centrées + 4/8 tétraè

$8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} + 4 \times 1 = 8$ cube^{-1}

$* \frac{8}{V_{cube}} = \frac{8}{a^3} = \frac{8}{548 \times 10^{-12}} = \frac{8 \times 10^{36}}{(5 \times 10^{2})^3} = \frac{8 \times 10^{30}}{1,25 \times 10^{2}} = \frac{8 \times 10^{28}}{1,25} \simeq 5 \times 10^{28} \simeq 50 \times 10^{27}$

(500)

1-1-2

Nb volumique $= \frac{nb\ cube^{-1}}{V_{cube}} = \dots m^{-3}$

As cubique + faces centrées $\Rightarrow$ 4 cube^{-1}

Ga : 4/8 $\Rightarrow$ 4 cube^{-1}

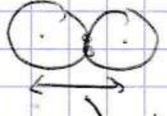
As : $\frac{4}{V} = \frac{4}{a^3} = \frac{4}{(565 \times 10^{-12})^3} = \frac{4\ 10^{28}}{1,3} = 2\ 2 \times 10^{27} m^{-3}$

$Ga = 22 \times 10^{27} m^{-3}$

2 - DENSITÉ DES PLANS CRISTALLINS

2-1-1. Distance inter atomique

D interaction = + petite distance en centre sphère

liaison valence 

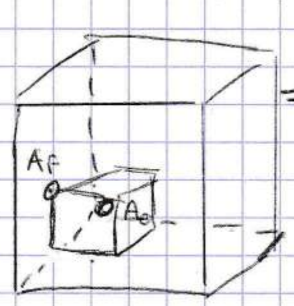
$A_0 (0, 0, 0)$

distance interatomique distance + courte

dia

$A_t (a/4, a/4, a/4)$

$\lambda_{ia} = A_0 A_t = \sqrt{\left(\frac{a}{4}\right)^2 + \left(\frac{a}{4}\right)^2 + \left(\frac{a}{4}\right)^2} = \sqrt{\frac{3a^2}{4}}$



$= a\frac{\sqrt{3}}{4} = dia \Rightarrow V_{si} = \frac{dia}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{8}$

$\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = A_0 A_F$

$\sqrt{2\left(\frac{a}{2}\right)^2} = \frac{a}{2}\sqrt{2}$

Elaborer ?
$\Rightarrow$ Démonstrat°

At

$Da^2 = \sqrt{a^2 + (a\sqrt{2})^2}$
$= \sqrt{3a^2}$

$Da^2 = a\sqrt{3}$

$Da^2_{\frac{1}{2}} = a\frac{\sqrt{3}}{2}$

$A_0 A_t = \frac{Da^2_{1/2}}{2} = a\frac{\sqrt{3}}{4} = 2r \Rightarrow r = \frac{1}{2} a \frac{\sqrt{3}}{4} = \frac{a\sqrt{3}}{8}$

$r = \frac{a\sqrt{3}}{8} = \frac{543 \times 10^{-9}\sqrt{3}}{8} = 120 \times 10^{-9}$

Capacité volumique :

$V_{cube} = a^3$ $\quad V_{sphere} = \frac{4 \pi r^3}{3}$

$$V_{si} = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{a\sqrt{3}}{8}\right)^3$$

$$= \frac{4}{\cancel{3}} \pi \frac{a^3 \cancel{3} \sqrt{3}}{8^3}$$

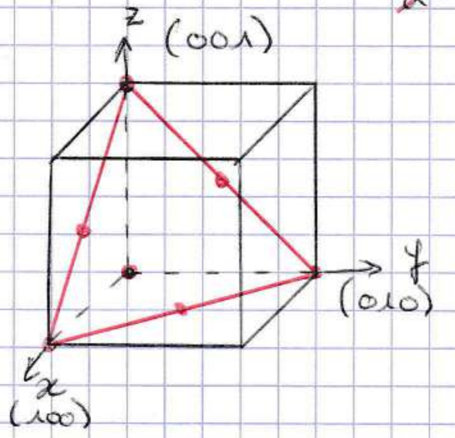
$8^3 = 512$

$512 / 4 = 128$

$$= \frac{\pi a^3 \sqrt{3}}{128}$$

$$Nb_{At/cube} = 8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} + 4 \cdot 1 = 8 \text{ cube}^{-1}.$$

$$Comp_V = \frac{V_{si}}{V_{cube}} = \frac{\frac{8 \pi \cancel{a^3} \sqrt{3}}{128}}{\cancel{a^3}} = \frac{8 \pi \sqrt{3}}{128} = \frac{\pi \sqrt{3}}{16} = 0,34$$



$$A_{(111)} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3}{2}} a \times a\sqrt{2} = \frac{a^2 \sqrt{3}}{2}$$

$$A_{si} = \pi r^2 = \pi \left(\frac{a\sqrt{3}}{8}\right)^2$$

$$Nb_{si}/(111) = 3_{Fc} \times \frac{1}{2} + 3_c \frac{1}{6}$$

$$= \frac{3}{2} + \frac{1}{2}$$

$$= 2$$

$$(a\sqrt{2})^2 = \left(\frac{1}{2} a\sqrt{2}\right)^2 + h^2$$

$$h = \sqrt{2a^2 - \frac{1}{2}a^2}$$

$$= \sqrt{\frac{3}{2}}\, a$$

$$A_{Nb} \frac{2 A_{si}}{A_{111}} = \frac{2\pi \left(a \frac{\sqrt{3}}{8}\right)^2}{\frac{a^2\sqrt{3}}{2}}$$

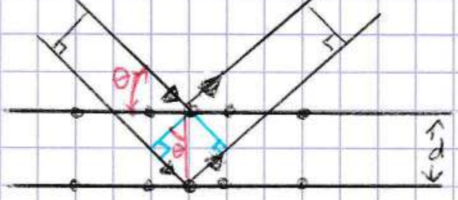
$$= \frac{\pi \times \frac{3}{2 \times 8}}{\sqrt{3}}$$

$$= \pi \times \frac{\sqrt{3}}{16}$$

3 Diffraction d'un rayonnement -

Loi de Bragg

$$\delta = 2d \sin\theta$$



TD n°3 _ Semi conducteurs intrinsèques, n et p

2 - Conducteurs, isolants et semi conducteurs - Le gap -

2 - 1 - Isolants

★ DIAMENT
Énoncé $200 \frac{kT}{q} > E_g = 5,47\,eV$

énergie cinétique → plus isolant

q : charge élémentaire $= 0,16\ 10^{-18}\,C$

$T > \frac{E_g\, q}{200\, k}$

$$T > \frac{5,47 \times 0,16 \times 10^{-18}}{200 \times 14 \times 10^{-24}} = \frac{5,47 \times 0,16 \times 10^{6}}{200 \times 14} = \frac{\overbrace{\cancel{5}}^{\text{arrondi}} \times 0,16 \times 10^{6}}{\cancel{5} \times 40 \times 14} = \frac{0,16 \times 10^{6}}{40 \times 14}$$

$$= \frac{16 \times 10^{6}}{40 \times 14} = \frac{\cancel{4} \times 4 \times 10^{-2} \times 10^{6}}{\cancel{4} \times 10 \times 14} = \frac{4 \times 10^{3}}{14} = \frac{\cancel{2} \times 2 \times 10^{3}}{7 \times \cancel{2}} \simeq \frac{2}{7}\,10^{3} \simeq 300\,K$$

Calcul exact 317 K $317 - 273 = 44\,°C$

★ OXYDE DE SILICIUM

$x\,K = x - 273\,°C$

$T > \frac{E_g\, q}{200 K}$

arrondi à 10

$$T > \frac{9 \times 0,16 \times 10^{-18}}{200 \times 14 \times 10^{-24}} = \frac{9 \times 0,16 \times 10^{6}}{200 \times 14} = \frac{\cancel{5} \times \cancel{2} \times 0,16 \times 10^{6}}{\cancel{5} \times 40 \times \cancel{2} \times 7} = \frac{0,16 \times 10^{6}}{40 \times 7}$$

$$\frac{16 \times 10^{4}}{4 \times 10 \times 7} = \frac{\cancel{4} \times 4 \times 10^{4}}{\cancel{4} \times 10 \times 7} = \frac{4}{7}\,10^{3} \simeq 600\,K = 571\,K$$

$600 - 273 = 327\,°C$

$571 - 273 = 298\,°C$

2.2 - Semi - Conducteurs

$Si = 1,12\,eV$ Germanium $= 0,66\,eV$

E_g doit être en J.
→ $* \,0,16 \times 10^{-18}$.

★ Si $200 \frac{kT}{q} > E_g = 1,12\,eV$

$T > \frac{E_g\, q}{200 k}$ $$T > \frac{1,12 \times 0,16 \times 10^{-18}}{200 \times 14 \times 10^{-24}} = \frac{1,12 \times 0,16 \times 10^{6}}{200 \times 14} = \frac{112 \times 16 \times 10^{2}}{200 \times 14} =$$

$$= \frac{100 \times 16 \times 10^{2}}{2 \times \cancel{100} \times 14} = \frac{\cancel{2} \times 8\ 10^{2}}{\cancel{2} \times 2 \times 7} = \frac{\cancel{2} \times 4\ 10^{2}}{\cancel{2} \times 7} = 0,60 \times 10^{2} \simeq 60\,K$$

★ Germanium

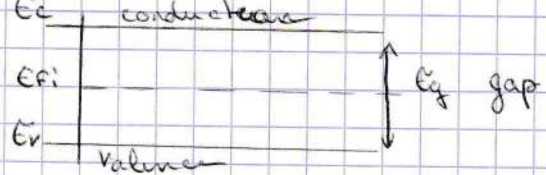
$T > \frac{E_g\, q}{200 k}$ $$T > \frac{0,66 \times 0,16 \times 10^{-18}}{200 \times 14 \times 10^{-24}} = \frac{0,66 \times 0,16 \times 10^{6}}{200 \times 14} = \frac{66 \times 16 \times 10^{2}}{200 \times 14} =$$

$$= \frac{70 \times 20 \times 10^{2}}{200 \times 14} = \frac{700 \times \cancel{2} \times \cancel{10^{2}}}{\cancel{2} \times \cancel{100} \times 14} = 50\,K = 50$$

CE ! 2.3 Semi conducteurs intrasèque (pur) : porteurs libre

$Si + \Theta = Si^{+}_{v} + e^{-}_{c} = tr^{+} + e^{-}$

$n = p$ paires charges libres thermiques



Action masse
$\boxed{np = n_i^2}$

$n_i \simeq 15 \cdot 10^{15}\ m^{-3}$ densité des paires therm intrasèques.
→ Densité volumique

$$\frac{At_{Si}}{m_{T_0}} = \frac{50 \cdot 10^{27}}{15 \times 10^{15}} = 3{,}33 \cdot 10^{12} = \frac{N_{Si}}{n_i}$$

Rapport astronomique, nbr atome rencontrer avt un atome therm

101 - 102 - 103
Savoir faire un répartit.
58 - 59 f. inertiel
éqato conductivité
Action de masse

Donneur ⇒ type N : • majeur e^-
• mineur tr^+

atomes dopants {P, As
($as^2 + ap^3$ ext $a = 5e^-$)

Accepteur ⇒ type P : • majeur tr^+
• mineur e^-

atomes dopants {Ga, B
($as^2 + ap^1$ $a = 3e^-$)

★ Donneurs

$n \simeq N_D \simeq 10^{24}\ m^{-3}$

$$p \simeq \frac{n_i^2}{N_D} = \frac{(15 \cdot 10^{13})^2}{10^{24}} = 225 \cdot 10^{6}$$

★ Accelerateur

$p \simeq N_A \simeq 10^{24}\ m^{-3}$

$$n \simeq \frac{n_i}{N_A} = \frac{(15 \cdot 10^{13})}{10^{24}} = 225 \cdot 10^{6}$$

TD n°4 : Dopage et Conductivité

1- Dopage du carbure de silicium

1.1.1
$\sigma = q(p \cdot \mu_p + n \mu_n)$
$\sigma = q(ni\, \mu_p + ni\, \mu_n)$

$\frac{\sigma}{q} = ni(\mu_n + \mu_p)$

$\frac{\sigma}{q(\mu_n+\mu_p)} = ni$

$ni = \frac{8}{0,16 \times 10^{-18}(0,04+0,02)}$

$ni = \frac{8}{0,16 \times 0,06 \times 10^{-18}}$

$= \frac{8}{0,16 \times 60 \times 10^{-21}}$

$= 0,8 \times 10^{21}\ m^{-3}$

1.1.2.
$^{14}_{7}N$ nucléons 14
protons 7
électrons 7

$1s_2^2 + 2s_4^2 + 2p_7^3$ couche ext 5 e⁻ ⇒ Donneur

Donneurs Négatives e⁻ (charge) $4+1 = 5e^-$ (couche ext)
Accepteurs charge Positive tr^+ $4-1 = 3e^-$ (couche ext)

1.1.3

$1000 \simeq q \times \mu_n \times N_D$

$N_D \simeq n \gg q \quad n\mu_n \gg p\mu_n$

$N_D = \frac{1000}{0,04 \times 0,16 \times 10^{-18}} = \frac{1 \times 10^3}{4 \times 10^{-2} \times 16 \times 10^{-2} \times 10^{-18}} = \frac{1 \times 10^3}{64 \times 10^{-22}} = \frac{1}{64} 10^{25}$

$p \simeq \frac{ni^2}{n} \simeq \frac{ni^2}{N_D}$

$p \simeq \frac{(15 \times 10^{15})^2}{160 \times 10^{21}} \qquad p = \frac{225 \times 10^{30}}{160 \times 10^{21}} = \frac{0,64 \times 10^{42}}{160 \times 10^{21}}\ m^{-3}$

$p \simeq 4 \times 10^{12} \ll N_D$

2. Dopage du Silicium

Doper le silicium

Bohr	Galium	Indium
$^{11}_{5}B$	$^{69}_{31}Ga$	$^{115}_{49}In$
neutrons 6	n 38	n 66
proton 5	p 31	p 49
électron 5	e 31	e 49

$B \to 1s_2^2 + 2s_4^2 + 2p_5^1$ n° C ext 2 ; nom L
nb e⁻ $2s^2 + 2p^1 = 3e^-$

$Ga \to 1s_2^2 + 2s_4^2 + 2p_{10}^6 + 3s_{12}^2 + 3p_{18}^6 + 4s_{20}^2 + 3d_{30}^{10} + 4p_{31}^1$
n° C ext 4 nom N nb e = 3e⁻

$In \to 1s_2^2 + 2s_4^2 + 2p_{10}^6 + 3s_{12}^2 + 3p_{18}^6 + 4s_{20}^2 + 3d_{30}^{10} + 4p_{36}^6 + 5s_{38}^2 + 4d_{48}^{10} + 5p_{49}^1$
n° C ext 5 nom O 3e⁻

→ Dopage P

$p \simeq N_A$ à T_0

$\sigma = q\,(\cancel{n\mu_n} + p\mu_p)$

$\frac{\sigma}{q} = p\mu_p \Leftrightarrow \frac{\sigma}{q\mu_p} = p \Leftrightarrow p = \frac{200}{0{,}16\times10^{-18}\times0{,}04} = \frac{200}{6{,}4\times10^{-21}} = \frac{100}{33}\times10^{21}$

$\frac{50\times10^{27}}{33\ 10^{21}} = 1{,}5\ 10^{6}$

$= 33\times10^{21}$ m^{-3}

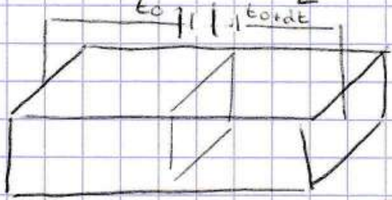
TD n°5 Mobilité des porteurs de charge.

B

1_ Loi d'ohm (microscopique)

$\vec{J} = \sigma\vec{E} = \vec{J_N} + \vec{J_P} = pq_p\,pV_p + pq_N\,\vec{V_n} = q\,(p\mu_p + n\mu_n)\,\vec{E}$

$\vec{V_p} = \mu_p\vec{E}$. $\vec{E} = -\frac{V}{L}\vec{u}$, $\sigma = \frac{1}{\rho}$



à connaître

$J = \frac{1}{S}\,I = \frac{1}{S}\,\frac{dQ}{dt} = q\,[\mu_n\,n + \mu_p\,p]\,E$

m^2 $\quad$ m^2 $\quad$ C $\quad$ s

$Vol : S_x\,dx = S\mu\,E\,dt$

$dQ = q\,(Vol\,n + Vol\,p)\,ESdt \Rightarrow q\,(\mu_n n + \mu_p\,p)\,E\times S\,dt$

ampère = C/s.

TD n°6

$\vec{J_n} = -q\, n\, \mu_n\, \vec{E}$

$\vec{J_p} = q\, p\, \mu_p\, \vec{E}$ A

q charge coulomb

$q = 0{,}16$ aC

$e = -q$

$t_2 = +q$

$p = +q$

$Q = CV$

$i = \dfrac{dQ}{dt}$

n	m^{-3}
μ	$m^2 V^{-1} s^{-1}$
E	$V m^{-1}$

Démontrer équat° homogène

$$J = C\, \underbrace{m^{-3}\, m^{2}}_{m^{-1}}\, \cancel{V^{-1}}\, s^{-1}\, \cancel{V} m^{-1}$$

$$C\ m^{-2}\ s^{-1}$$

$$C.s^{-1} = A$$

$$J = A\, m^{-2}$$