

TD 7

** Exercice traité en classe

Phénomène de claquage : champ critique, phénomène d'avalanche et Zener, V_B . Diode régulatrice de tension. Exemple d'un montage élémentaire, facteurs de stabilisation.

exercice 7.1

On considère une jonction abrupte unilatérale dont les parties N et P admettent les concentrations suivantes : $N_A = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ et $N_D = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$.

1. Calculer la tension de claquage $|V_B|$ dans le germanium et le silicium en utilisant la relation

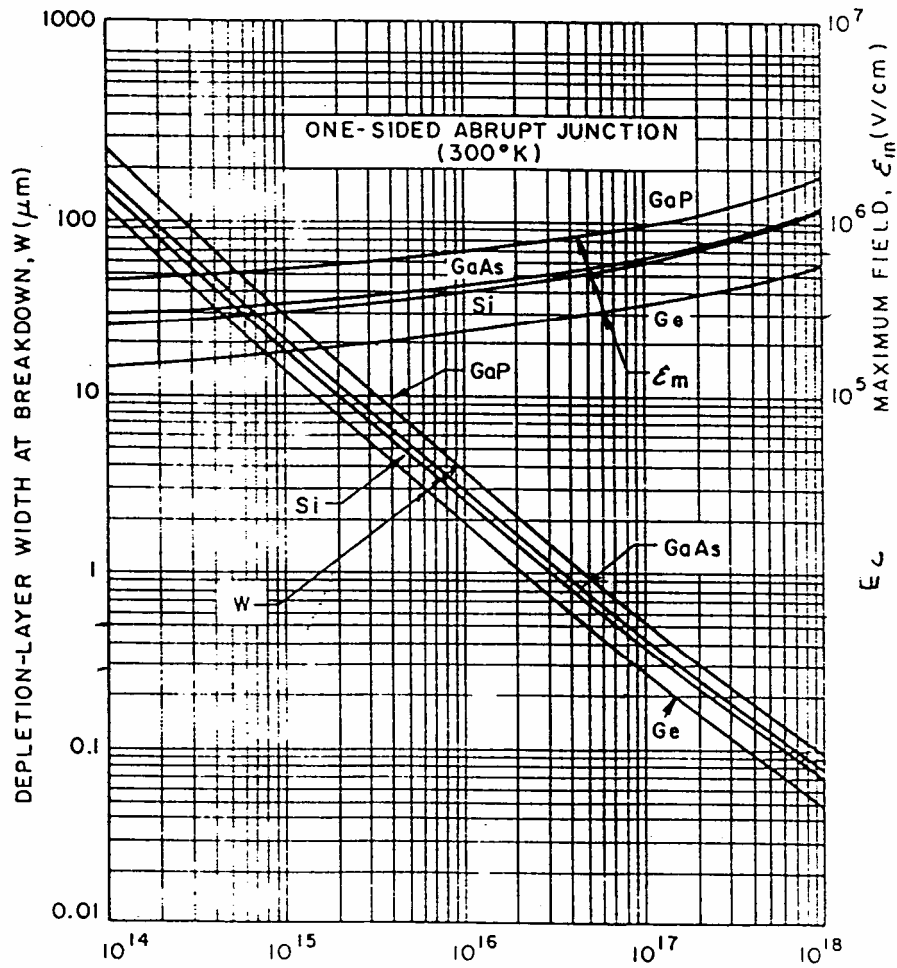
du cours $|V_B| = \frac{\mathcal{E}}{2eN} |E_c|^2$ et la courbe donnant $E_c(\epsilon_m)$ en fonction de N_B , densité des impuretés dans la région la moins dopée (background). On donne $\epsilon_r(\text{Si}) = 12$ et $\epsilon_r(\text{Ge}) = 16$.

2. Refaire le calcul de V_B en utilisant la relation empirique : $V_B = 60 \cdot \left(\frac{E_g}{1,1}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{N_B}{10^{16}}\right)^{\frac{-3}{4}}$ avec E_g

en eV, N_B en cm^{-3} et V_B en volts.

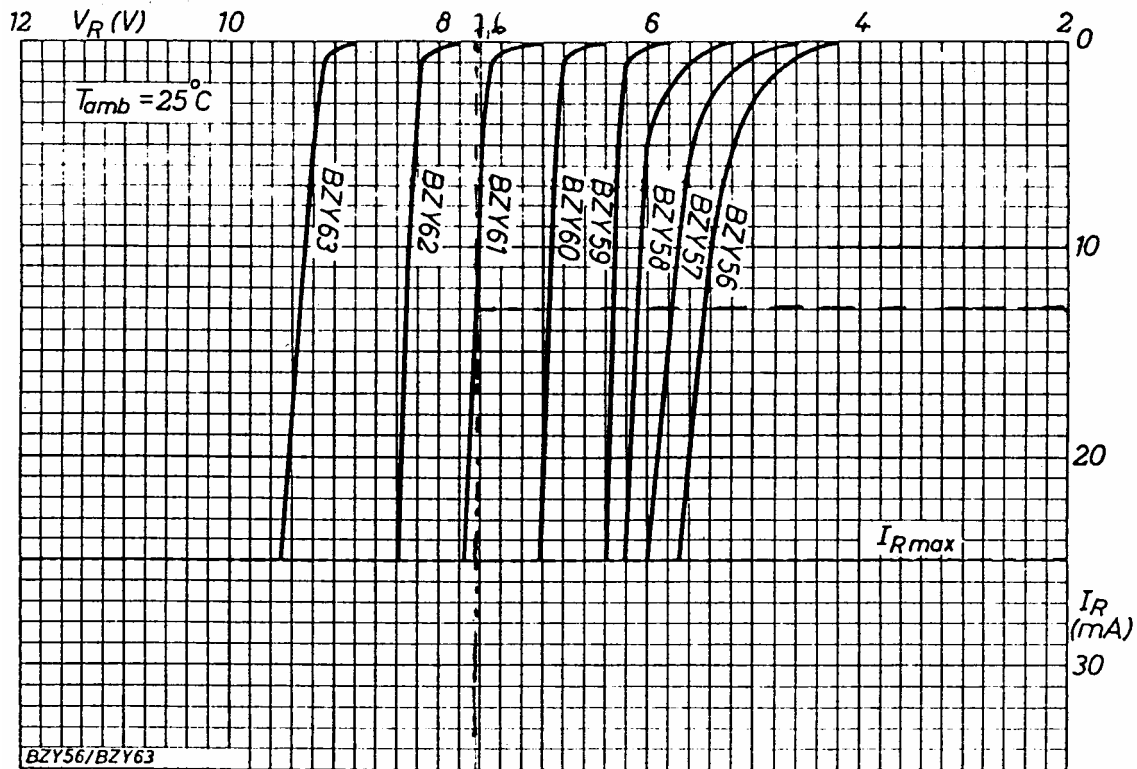
3. Comparer les résultats des deux questions précédentes.

4. Calculer la longueur de la zone de transition et comparer le résultat obtenu avec celui donné par la courbe W en fonction de N_B .

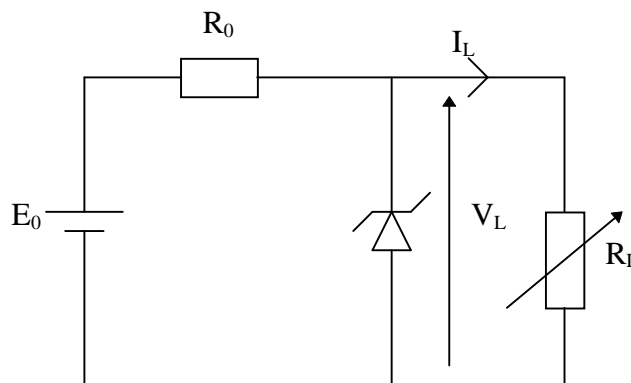


***exercice 7.2

On donne les caractéristiques des diodes BZY59 à 63 :



1. Dans quelle plage de courant ces diodes sont-elles utilisables ?
2. soit le schéma suivant dans lequel la diode est supposée idéale ($r_z = r_d = 0$). La résistance R_L est une charge qui varie entre R_{Lmin} et $+\infty$. Quelles sont les limites de courant I_L dans la charge ?

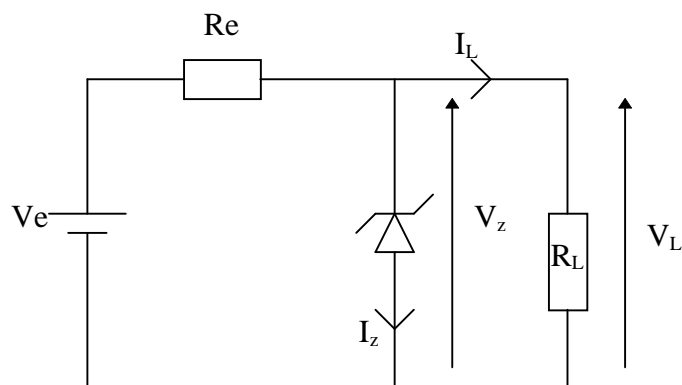


3. On choisit le point de fonctionnement au milieu de la région utile de la caractéristique de la diode BZY61. Que vaut V_z ? Si $E_0 = 12$ V, donner la valeur de R_0 assurant la régulation maximale de la tension pour la charge variable. Que vaut R_{Lmin} ? Que vaut R_L au point de fonctionnement choisi au début ?

4. La diode n'est plus supposée idéale. Déterminer graphiquement sa résistance dynamique r_z ou r_d . Exprimer les variations de la tension aux bornes de la charge en fonction des variations de I_L . Retrouver le facteur de régulation à tension constante. Application numérique : donner les limites de V_z si $3 \text{ mA} < I_L < 23 \text{ mA}$.
5. La charge est maintenant fixe et vaut 630Ω . La tension continue subit des fluctuations de part et d'autre de 12 V . Soit $e(t)$ ces fluctuations. Exprimer les variations subis par V_z en fonction des variations de $e(t)$. donner les limites de V_z si $e(t) = \pm 1 \text{ V}$.

exercice 7.3

On considère le montage régulateur de tension suivant :



La tension nominale du régulateur est de 10 V . La diode Zener est caractérisée de la manière suivante : puissance maximum = 1 W , $V_z = 10 \text{ V}$ pour $I_z = 25 \text{ mA}$, $r_z = 5 \Omega$. La tension nominale est égale à 20 V et peut varier de $\pm 25 \%$. Le courant de charge I_L peut varier de 0 à 20 mA .

1. Si $I_{z\text{min}}$ est égal à 5 mA , déterminer la valeur de R_e .
2. Déterminer la variation maximale de la tension de sortie.
3. Déterminer la régulation de sortie $\frac{\Delta V_L}{V_L}$ (en %).

Réponses 7.1

1. Ge : $|V_B| = 4,52 \text{ V}$, Si : $|V_B| = 11,9 \text{ V}$.
2. Ge : $|V_B| = 5,07 \text{ V}$, Si : $|V_B| = 10,67 \text{ V}$.
3. Ge : erreur = 11,5 %, Si : erreur = 10,8 %.
4. Par le calcul, Ge : $l_p = 0,28 \mu\text{m}$, Si : $l_p = 0,4 \mu\text{m}$. Les résultats sont identiques en lisant sur la courbe.

Réponses 7.2

1. $1 \text{ mA} < I_z < 25 \text{ mA}$.
2. $0 < I_L < 24 \text{ mA}$.
3. $V_z = 7,6 \text{ V}$. $R_0 = 176 \Omega$. $R_{\text{min}} = 317 \Omega$. $R_L = 633 \Omega$.
4. $r_z = 10 \Omega$. $V_z = -10 \cdot I_L$. $7,5 \text{ V} < V_z < 7,7 \text{ V}$.
5. $v_z = e(t) \cdot \frac{r_d}{r_d + R_0}$. $7,55 \text{ V} < V_z < 7,65 \text{ V}$.

Réponses 7.3

1. $R_e = 400 \Omega$.
2. $\Delta V_z = \Delta V_e \cdot \frac{r_z}{R_e}$
3. régulation = $\pm 0,625 \%$.