

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

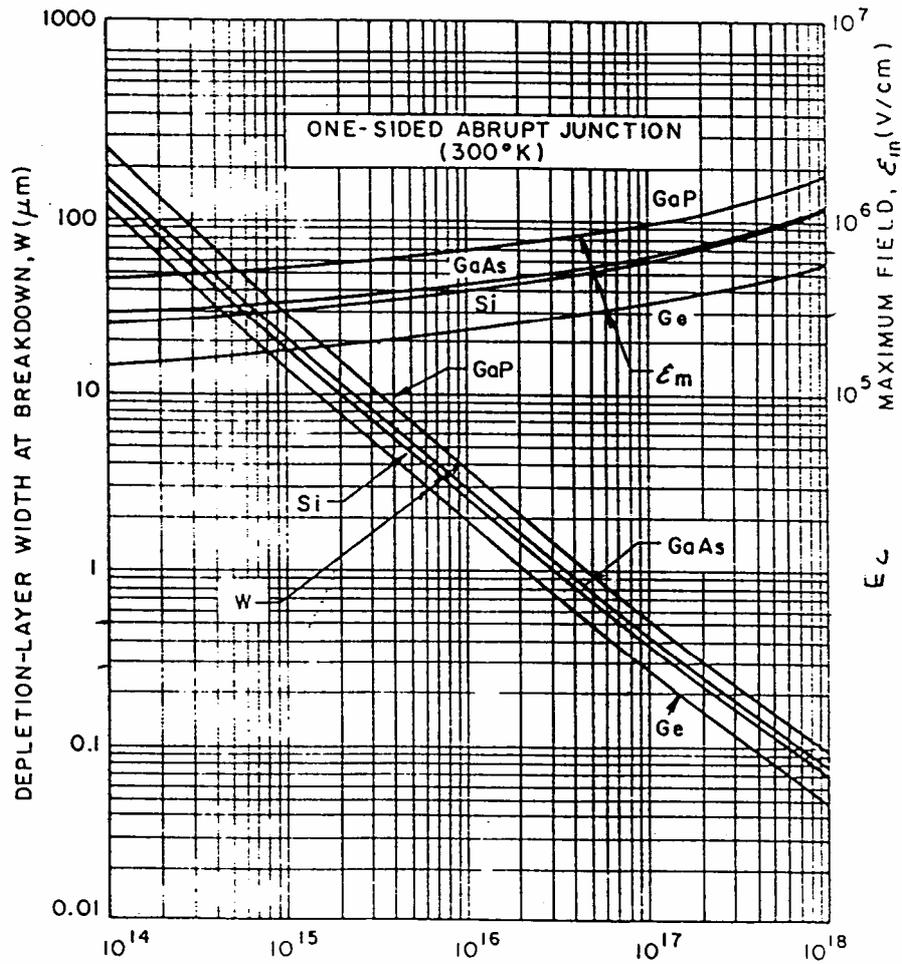
du cours  $|V_B| = \frac{\mathcal{E}}{2eN} |E_c|^2$  et la courbe donnant  $E_c(\epsilon_m)$  en fonction de  $N_B$ , densité des impuretés dans la région la moins dopée (background). On donne  $\epsilon_r(\text{Si}) = 12$  et  $\epsilon_r(\text{Ge}) = 16$ .

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  $\text{cm}^{-3}$  et  $V_B$  en volts.

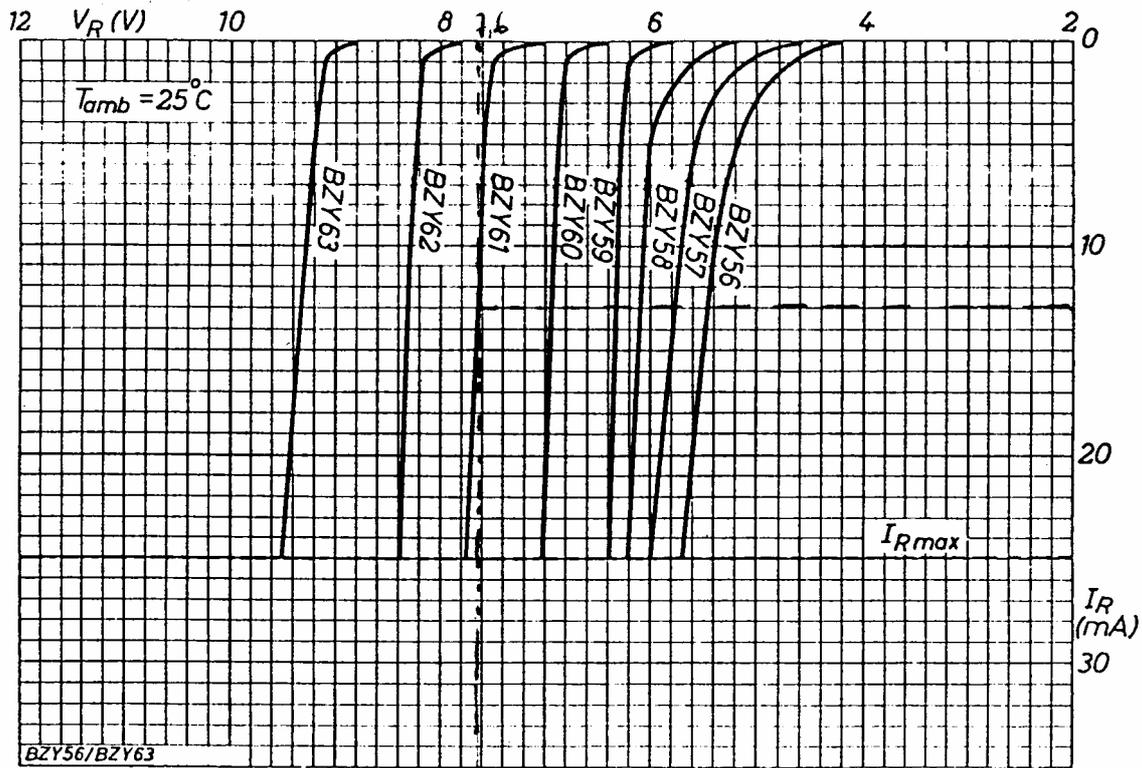
3. Comparer les résultats des deux questions précédentes.

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

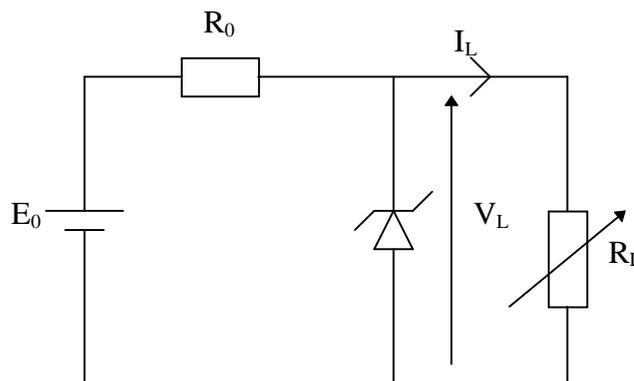


\*\*\*exercice 7.2

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 ?

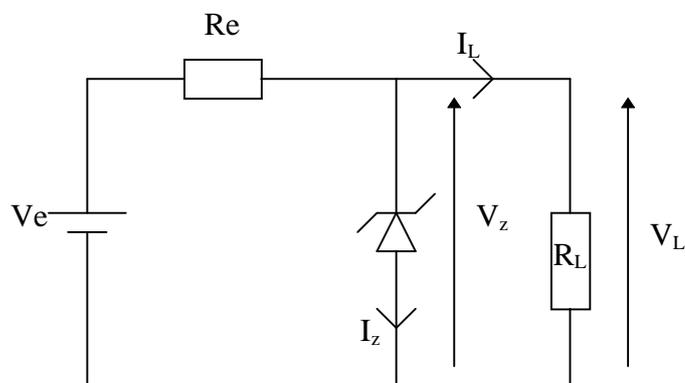


3. On choisit le point de fonctionnement au milieu de la région utile de la caractéristique de la diode BZY61. Que vaut  $V_z$  ? Si  $E_0 = 12$  V, donner la valeur de  $R_0$  assurant la régulation maximale de la tension pour la charge variable. Que vaut  $R_{Lmin}$  ? Que vaut  $R_L$  au point de 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  $630 \Omega$ . La tension continue subit des fluctuations de part et d'autre de  $12 \text{ V}$ . Soit  $e(t)$  ces fluctuations. Exprimer les variations subies 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  $10 \text{ V}$ . La diode Zener est caractérisée de la manière suivante : puissance maximum =  $1 \text{ W}$ ,  $V_z = 10 \text{ V}$  pour  $I_z = 25 \text{ mA}$ ,  $r_z = 5 \Omega$ . La tension nominale est égale à  $20 \text{ V}$  et peut varier de  $\pm 25 \%$ . Le courant de charge  $I_L$  peut varier de  $0$  à  $20 \text{ mA}$ .

1. Si  $I_{z\text{min}}$  est égal à  $5 \text{ mA}$ , 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 =  $\pm 0,625 \%$ .