

**Exercice I :**

1. Décrire le fonctionnement d'une cellule solaire :
  - a. Sous obscurité
  - b. Sous lumière
2. Donner dans chaque cas le schéma équivalent de la cellule réelle.
3. Afin de collecter les porteurs, on réalise les contacts métalliques sur la jonction PN : un contact entre un Métal1 (de travail de sortie  $e\Phi_{m1}$ ) et le semi-conducteur type P (de travail de sortie  $e\Phi_{sp}$ ) et entre un métal2 (de travail de sortie  $e\Phi_{m2}$ ) et le semi-conducteur type N (de travail de sortie  $e\Phi_{sN}$ ).
  - a. Expliquer l'obtention d'un courant électrique (passage des électrons et des trous dans deux sens différents) dans la cellule sous éclairnement.
  - b. décrire les phénomènes qui se passent à l'interface métal1/semi-conducteur type P dans le cas  $e\Phi_{m1} > e\Phi_{sp}$
  - c. décrire les phénomènes qui se passent à l'interface métal2/semi-conducteur type N dans le cas  $e\Phi_{m2} < e\Phi_{sN}$ .
  - d. Représenter le diagramme de bande de la structure complète (métal1/jonction PN/métal2) à l'équilibre.

**Exercice II :**

On considère une jonction PN à l'équilibre à 300K formée par un semi-conducteur type P de concentration en accepteurs  $N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  et un semi-conducteur type N de concentration en donneurs  $N_D = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ .

Soient :

$n_{n0}$ ,  $p_{n0}$  les densités des électrons et des trous dans la région N respectivement.  
 $p_{p0}$  et  $n_{p0}$  les densités des trous et des électrons dans la région P respectivement.  
 $x_n$  et  $x_p$  les frontières de la zone de charge d'espace ZCE avec les régions N et P

1. Expliquer la formation de la ZCE dans une jonction PN et l'établissement de l'équilibre.
2. Présenter schématiquement la jonction et tracer le diagramme de bande à l'équilibre en délimitant convenablement les différentes zones.
3. Etablir l'expression de la hauteur de la barrière de potentiel  $V_d$  formée.
4. Faire l'application numérique.  
 A.N: la concentration intrinsèque dans le semi-conducteur à 300K  $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ . La constante de Boltzmann  $k = 8,6173324 \cdot 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}$ .  $e = 1.602176634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
5. Donner les expressions des densités des différents porteurs dans les zones N et P en fonction de  $N_A, N_D, V_d$ .

6. Décrire l'effet du champ électrique interne sur les différents porteurs de charge dans les différentes régions ?

7. Décrire les différents courants qui existent dans la structure. Donner le courant total.

8. On polarise maintenant la jonction avec une tension  $V$ . On note :

$x'n$  et  $x'p$  les nouvelles frontières de la ZCE avec les régions N et P.

$n_n$ ,  $p_n$  les densités des électrons et des trous dans la région N respectivement.

$p_p$  et  $n_p$  les densités des trous et des électrons dans la région P respectivement.

8.1. 1er cas :  $V > 0$

a. Décrire les modifications de la structure par rapport à la jonction PN en équilibre.

b. Décrire les courants qui existent dans la structure.

c. Donner l'expression de nouvelles densités des porteurs minoritaires  $n_p$  et  $p_n$  aux frontières de la ZCE avec les zones P et N respectivement, en fonction de  $n_{p0}$ ,  $p_{n0}$  et  $V$ .

8.2. 2ème cas :  $V < 0$ .

a. Décrire les modifications de la structure par rapport à la jonction PN en équilibre.

b. Décrire les courants qui existent dans la structure.

c. Si on augmente beaucoup la tension, que se passet-il pour une diode formée par cette jonction.

8.3. Comparer les courants totaux dans les deux cas :  $V > 0$  et  $V < 0$ . Justifier

8.4. Tracer la caractéristique courant-tension  $I(V)$  de la structure.

9. Si on considère une jonction PN très fortement dopée. Tracer la caractéristique courant-tension  $I(V)$  de la structure. Quelle est la zone d'utilisation d'une diode formée par cette jonction.