L'essentiel sur la diode

I. Les semi-conducteurs

Un semi-conducteur (SC) pur est un élément chimique de valence 4 : sa couche électronique périphérique comporte 4 électrons. Ceci lui octroie des propriétés intermédiaires entre l'isolant et le conducteur : résistivité r de l'ordre de 10.10-4 à 100.10-4 W.m faiblement croissante avec la température.

Exemples de semi-conducteurs (le numéro atomique est entre parenthèses) :

carbone (6), silicium (14), germanium (32). Au-delà ce sont des métaux.

Remarque : il existe des éléments composés disposant aussi de propriétés semi-conductrices.

A l'aide du modèle de Bohr, la Figure 1 présente l'organisation du réseau cristallin (cubique).

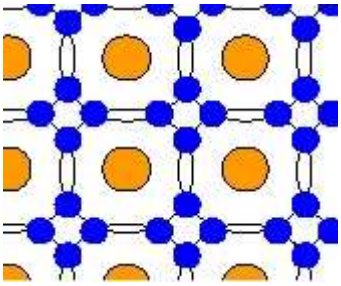


Figure 1 : SC pur

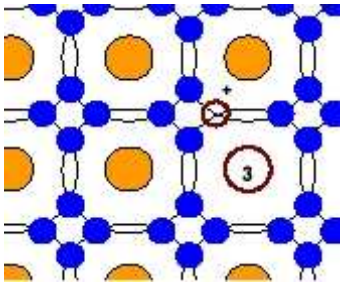


Figure 2 : SC de type P

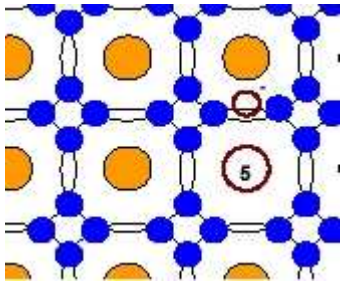


Figure 3 : SC de type N

Le phénomène de conduction est très dépendant de la température. Pour l'éviter, on maîtrise la résistivité en dosant le nombre de porteurs de charges : c'est le dopage du semi-conducteur.

En substituant des atomes de valence 3 (bore, aluminium, gallium, indium), le semi-conducteur est dopé P car des électrons manquent pour compléter les couches périphériques des "voisins", entraînant des charges positives excédentaires. Ces défauts d'électrons dans les semi-conducteurs de type P sont appelés trous (Figure 2).

En choisissant un dopant de valence 5 (phosphore, arsenic, antimoine), le semi-conducteur, dopé N, contient des électrons excédentaires qui traduisent des charges négatives supplémentaires : le semi-conducteur est de type N (Figure 3).

II. Jonction PN - Principe de la diode

On dispose de deux barreaux semi-conducteurs. Le premier, de type N, est placé en contact avec le second de type P. Par conduction électronique, les électrons excédentaires du SC N vont aller combler les trous du SC P pour rendre électriquement neutre (vide de charges mobiles) la région frontière des deux barreaux appelée zone de transition.

Cette zone est constituée d'ions fixes résultant du départ des porteurs mobiles (trous et électrons). Du fait de cette absence de charges, cette partie se comporte en isolant (comme un condensateur). Son épaisseur est limitée car un équilibre s'établit : les anions placés du côté N et les cations placés du côté P repoussent les charges mobiles de même signe pour créer une barrière de potentiel (Figure 4).

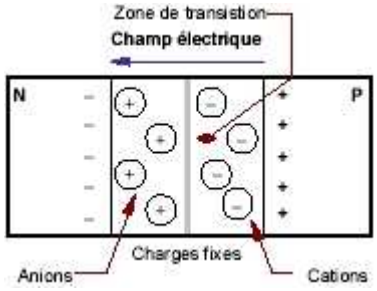


Figure 4 : phénomène de saturation.

A l'équilibre, on peut modéliser ce phénomène par une source de tension dite de seuil. Dans la pratique, sa valeur est de l'ordre de 0,7V pour des semi-conducteurs basés sur le silicium. Pour d'autres éléments ou d'autres technologies cette valeur oscille entre 0,4 et 2V environ. Si la jonction est polarisée de manière à renforcer la barrière de potentiel,

la non conduction de l'ensemble est accentuée. Dans l'autre sens, la barrière est écrasée au delà de 0,7V et la conduction des porteurs (e-) devient possible.

III. Fonctionnement de la diode – Caractéristique tension–courant

Le principe établi précédemment est le fondement du composant appelé diode. Son symbole est représenté à la Figure 5. Pour le retenir, il faut penser au sens du courant. Quant à l'anode et la cathode :

cathode = électron = signe moins (charges électriques négatives).

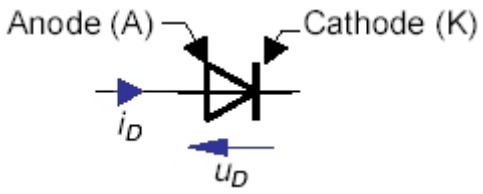


Figure 5 : symbole de la diode

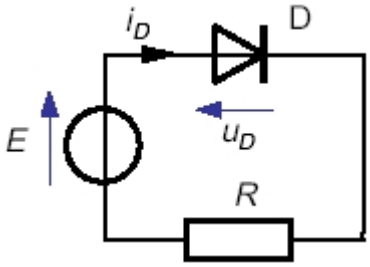


Figure 6 : polarisation de la diode

Pour faire fonctionner la diode, il faut la polariser en l'insérant en série dans un montage comportant un générateur de tension et une résistance (Figure 6).

On relève sa caractéristique tension–courant dans les quatre quadrants à la Figure 7.

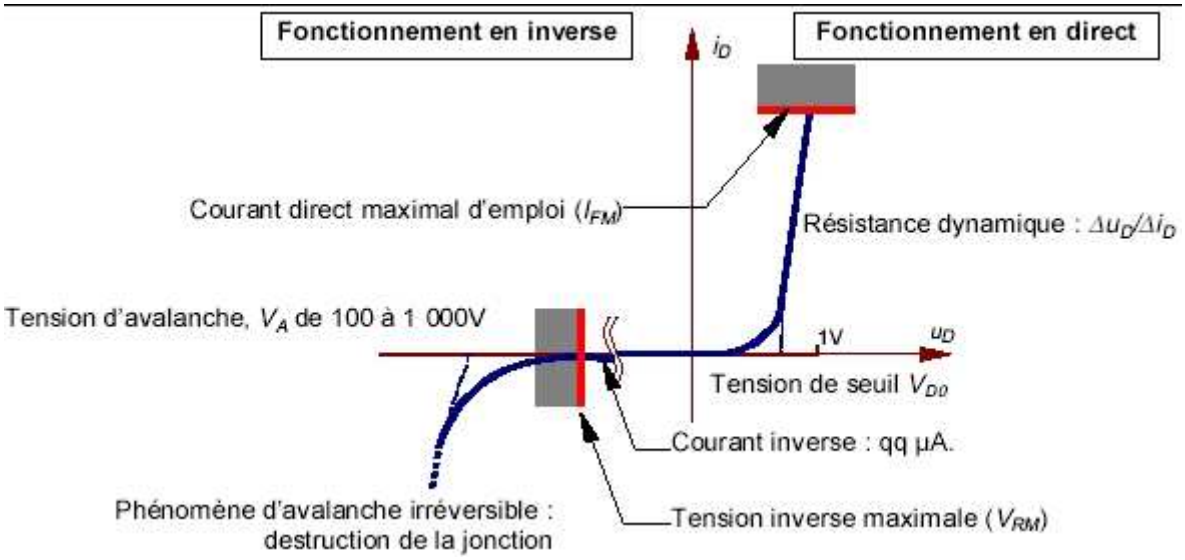


Figure 7 : caractéristique tension–courant d'une diode

De l'observation de cette caractéristique, on peut distinguer deux régimes de fonctionnement. Le premier, appelé fonctionnement direct (iD et uD positifs), correspond à une tension faible (»1V) quelque soit le courant. Ceci se modélisera aisément à l'aide d'un interrupteur fermé (circuit fermé). Dans l'autre régime, en inverse (iD et uD négatifs), quelque soit la tension, le courant est quasi nul. La diode peut alors être assimilée à un interrupteur ouvert. A ce modèle idéalisé maximal, on peut graduellement ajouter les imperfections du composant. Les modèles les plus simples sont rassemblés dans le Tableau suivant :

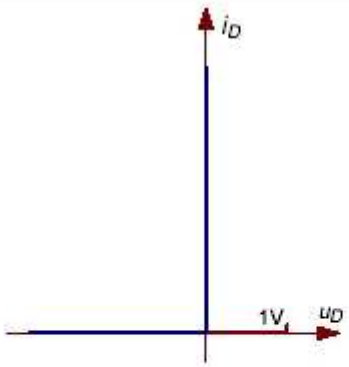
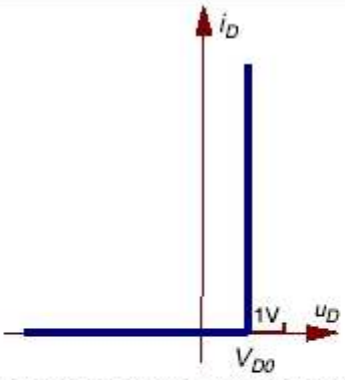
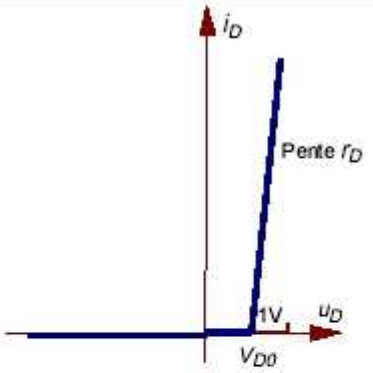
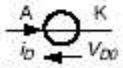
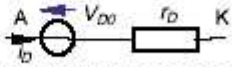
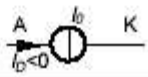
		
En direct : $u_D = 0, \forall\ i_D$. 	En direct : $u_D = V_{D0}, \forall\ i_D$. 	En direct : $u_D = V_{D0} + r_D i_D$ 
En inverse : $i_D = 0, \forall\ u_D$. 	En inverse : $i_D = 0, \forall\ u_D$. 	En inverse : $i_D = I_0$. 

Tableau 1: modèles simples de la diode.