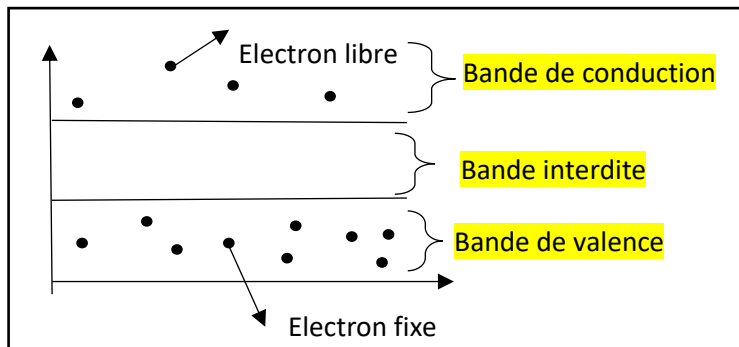


CHAPITRE 3

Diode à semi-conducteur

1. Notion de physique

Dans un matériau, les atomes sont liés entre eux par des liaisons covalentes (électron en commun), un apport d'énergie peut mobiliser ces électrons (arracher), c'est la conduction électrique. Un électron (charge négative), en se déplaçant laisse un trou (charge positive).

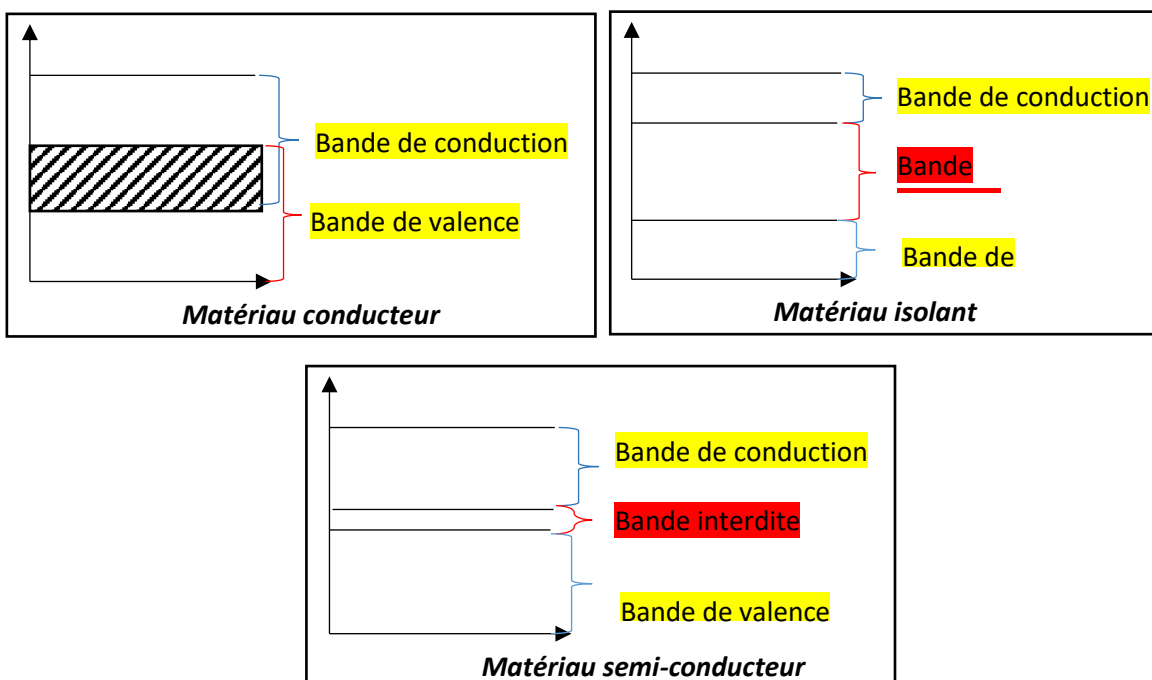


Bande de valence : l'électron est lié à l'atome.

Bande de conduction : l'électron est libre, il est mobile et participe à la conduction électrique.

Bande interdite : pour passer de la bande de valence vers la bande de conduction l'électron doit être soumis à une énergie en quantité suffisante pour franchir le gap de cette bande (mécanique quantique).

On distingue trois représentations :



Matériau semi-conducteur (Si, Ge, ...) : c'est un matériau isolant à température nulle zéro absolu ($T=0\text{ K}^\circ$). il peut devenir conducteur sous certaines conditions (Champ \vec{E} suffisant, T suffisante).

Le dopage : C'est remplacer des atomes d'un semi-conducteur par d'autres atomes d'un autre matériau.

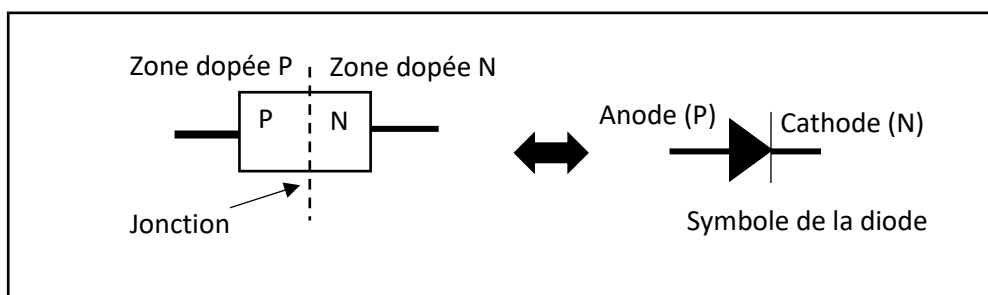
Exemple : le silicium(Si) est un matériau semi-conducteur tétravalent. Le dopage peut se faire par des atomes :

- ☞ Trivalent (bore (Br), Al...), il y a apport de trous (ions positifs). Le semi-conducteur est dopé P.
- ☞ Pentavalent (phosphore P, Arsenic As ...), il y a apport d'électrons. Le semi-conducteur est dopé N.

2. Diode à jonction

Jonction PN

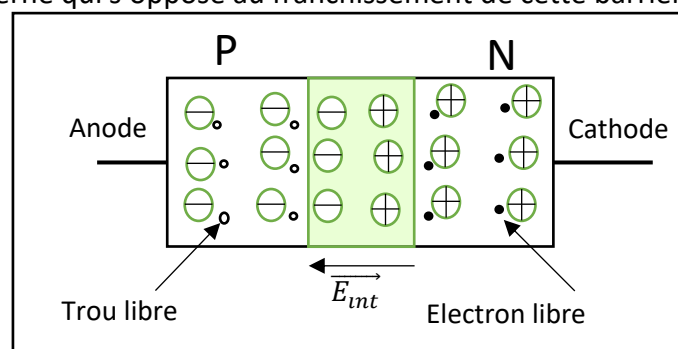
En dopant respectivement N et P deux parties d'un même semi-conducteur, on forme un dipôle appelé diode à jonction. La jonction est la surface de contact située entre les N et P.



Fonctionnement, caractéristique de la diode :

En absence de tension extérieur sans polarisation

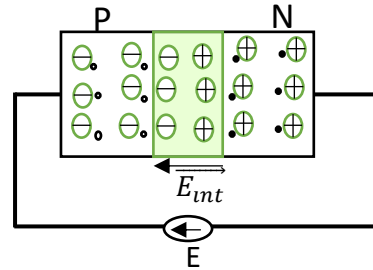
Les électrons libres du côté N proche de la jonction se recombinaient avec les trous du côté P jusqu'à création au niveau de la jonction d'une zone neutre appelée zone de charge d'espace que les différents porteurs libres ne peuvent franchir sans aide extérieur donc, il y a création d'un champ \vec{E}_{int} interne qui s'oppose au franchissement de cette barrière.



En présence de tension extérieur (polarisation)

☞ Cas ou $E > 0$ polarisation directe

Lorsqu'on applique une tension positive au Bornes de la diode qui, s'oppose au champ \vec{E}_{int} , dès que la tension E devient supérieure à V_s , les porteurs libres arrivent à franchir la zone de charge d'espace. Il y a alors circulation d'un courant direct I_d de l'anode vers la cathode. La diode est passante.



$$I_d = I_s \left(\exp^{\frac{V_d}{V_T}} - 1 \right)$$

I_s : courant de saturation qui dépend du dopage

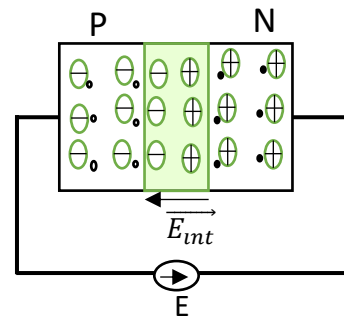
$V_T = kT/q = 25\text{mV}$ à 300°K

k : constante de Boltzmann $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

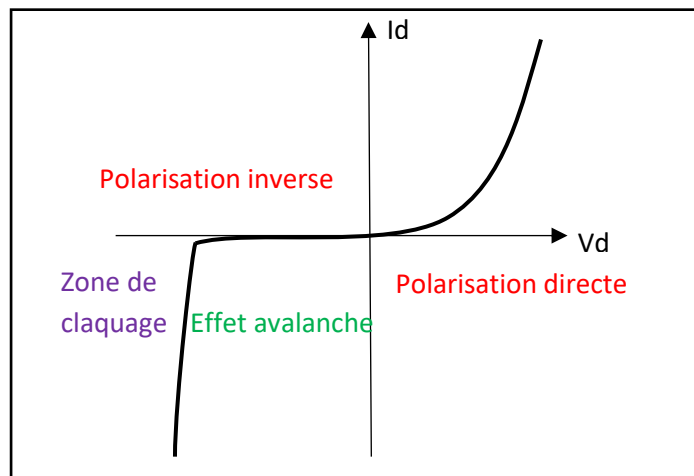
q : charge de l'électron $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

☞ Cas ou $E < 0$ polarisation inverse

Le champ extérieur est dans le même sens que \vec{E}_{int} empêchant tout franchissement de la barrière de potentiel. $I_d = 0$ donc la diode est similaire à un interrupteur ouvert. Elle est bloquée



La caractéristique $I_d = f(V_d)$ d'une diode de modèle dynamique est représentée sur la figure suivante



Pour des tensions inverses importante $\ll 10V$ on observe un effet de conduction forcé au travers la jonction (effet avalanche qui est destructeur).

Point de fonctionnement (point de repos)

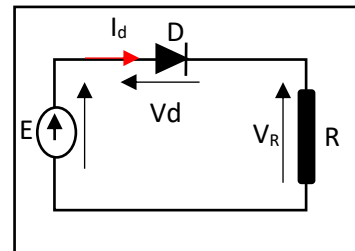
Caractéristique de charge représente l'équation du circuit :

$$E - V_d - RI_d = 0 \Rightarrow I_d = -\frac{V_d}{R} - \frac{E}{R} \text{-----(1)}$$

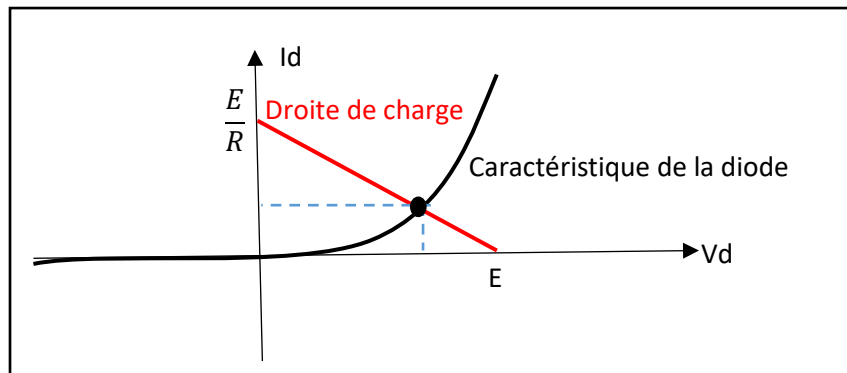
c'est l'équation d'une droite de pente $-\frac{1}{R}$

Caractéristique de la diode représentée par l'équation :

$$I_d = I_s \left(\exp^{\frac{V_d}{V_T}} - 1 \right) \text{-----(2)}$$

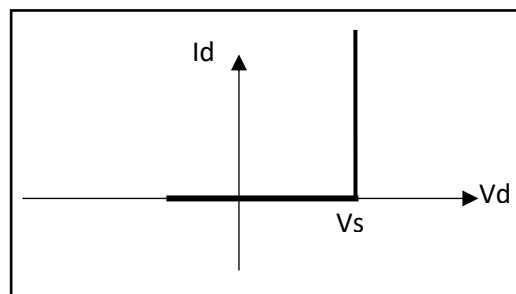


Nous pouvons résoudre ce système de deux équations analytiquement ou graphiquement. L'intersection entre la droite de charge et la caractéristique de la diode c'est le point de repos ou bien le point de fonctionnement.



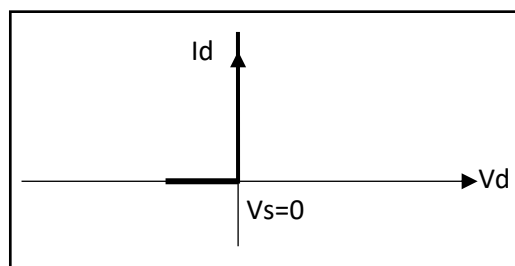
❖ Diode parfaite

La résistance dynamique de la diode
Égale à 0



❖ Diode idéale

On considère la tension seuil de la diode nulle devant les autres tensions du circuit.

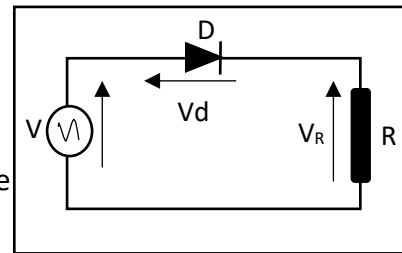


Application :

Diode à redressement

Redressement simple alternance

Soit un circuit électrique composé d'une source sinusoïdale $V = V_m \sin(\omega t)$, d'une diode supposée idéale $V_s=0$ et d'une résistance R

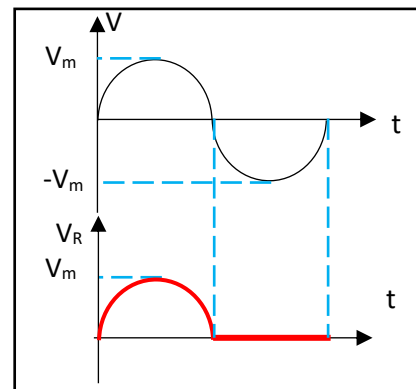


- Si $V > 0$; la diode D est polarisée en direct, elle est passante ; $I_d > 0$; $V_d = V_s = 0$ **alternance positive**

$$V_R = V - V_d = V$$

- Si $V < 0$; la diode D est polarisée en inverse, elle est bloquée ; $I_d = 0$; $V_d < 0$ **alternance négative**

$$V_R = R * I_d = 0$$



Redressement double alternance à deux diodes et transformateur à point milieu

Soit un circuit électrique composé d'une source sinusoïdale d'un transformateur $V = V_m \sin(\omega t)$, de deux diodes D1 et D2 supposées idéales $V_s=0$ et d'une résistance R

$$V = V_1 - V_2 = V_m \sin(\omega t)$$

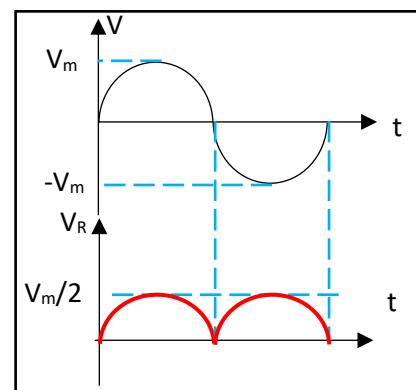
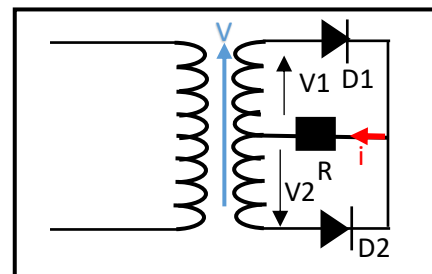
$$V_1 = \frac{V}{2} \text{ et } V_2 = -\frac{V}{2}$$

- 1) Pendant l'alternance positive de V

- V_1 est positive D1 conduit donc $V_R = V_1 = \frac{V}{2}$
- V_2 est négative D2 bloquée

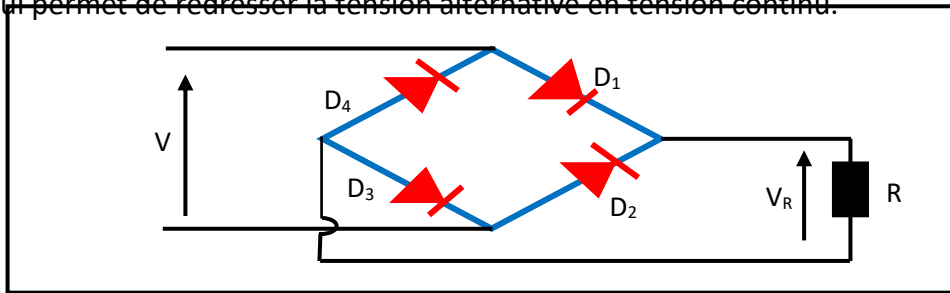
- 2) Pendant l'alternance négative de V

- V_2 est positive D2 conduit donc $V_R = V_2 = -\frac{V}{2}$
- V_1 est négative D1 bloquée



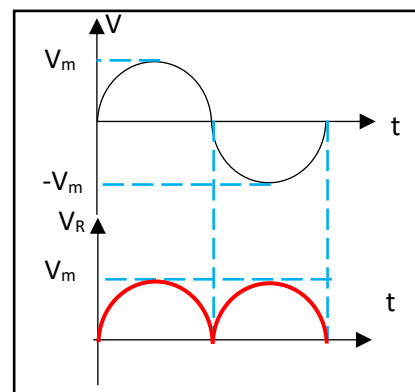
Redressement double alternance à 4 diodes à pont de Graetz

Le pont de diodes appelé pont de Graetz est un groupement de quatre diodes montées en pont qui permet de redresser la tension alternative en tension continu.



1) Pendant l'alternance positive de V
 D_1 et D_3 conduisent ; D_2 et D_4 bloquées donc $V_R = V$

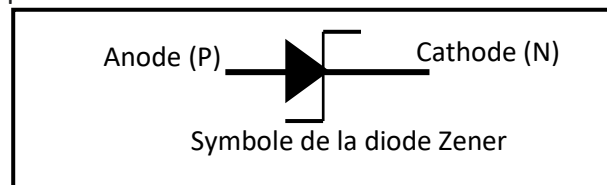
2) Pendant l'alternance négative de V
 D_2 et D_4 conduisent ; D_1 et D_3 bloquées donc $V_R = V$



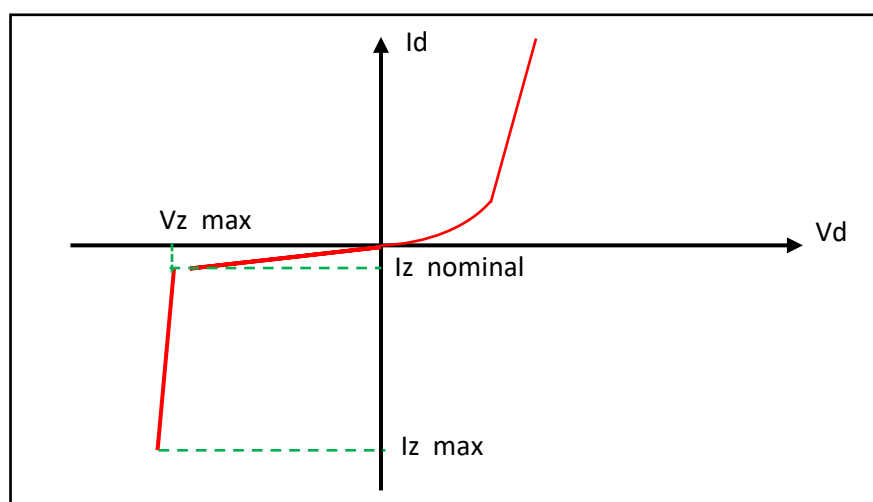
Diodes spéciales

Diodes Zener

Une diode Zener est construite de manière identique à une diode conventionnelle, sauf qu'elle est fortement dopée.



Les diodes Zener sont conçues pour laisser passer le courant direct et le courant inverse. Le passage du courant inverse est possible uniquement si la tension aux bornes de la diode est plus élevée que le seuil de l'effet d'avalanche (tension Zener) qui varie de 1,2V à plusieurs centaines de volts. Cette diode est un circuit de stabilisation ou régulateur de tension



- 2) La photodiode
- 3) Diode VARICAP
- 4) Diode Schottky
- 5) LED diode électroluminescente.