

**Université Mohamed Boudiaf - M'sila**  
**Faculté des sciences**  
**département de physique**  
**Branche : S.M.L.M.D.**  
**Année académique 2023/2024**

**JONCTION PN**  
**DIODE A SEMI- CONDUCTEUR**

Date ..../...../.....

Enseignant:.....

Rapport rédigé par:.....

Nom	Prénom	SG	Note
.....	-	-	-
.....	-	-	-
.....	-	-	-

**I- Introduction :**

Le but essentiel de cette manipulation est d'étudier l'influence de la polarisation directe et inverse sur le courant d'une diode semi-conductrice et aussi de relever la caractéristique courant- tension d'une diode semi-conductrice dans le sens « directe » et « inverse ».

**II- Rappel théorique:**

**1- Description :**

Une diode est formée de deux parties d'un même cristal de semi- conducteur dopées de façon opposée N et P, formant une jonction (fig. 1).

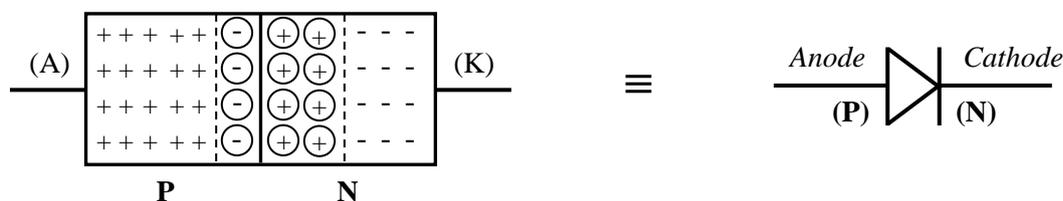


Fig. 1 : Jonction PN et représentation électrique d'une diode.

**1.2- Le dopage des semi-conducteurs**

Le fait d'introduire en très faible quantité des impuretés (opération appelée *dopage*) dans un cristal de semi-conducteur améliore fortement la conductivité du cristal. Si un cristal de germanium ou de silicium a reçu des impuretés pentavalentes (arsenic, phosphore, antimoine) il devient un semi-conducteur à conductivité N (ex: silicium N). Un cristal de germanium dopé par des impuretés trivalentes (indium, gallium, bore) devient un semi-conducteur P.

**1.3- Formation d'une jonction PN**

En juxtaposant une zone dopée **P** et une zone dopée **N** à l'intérieur d'un cristal de semi-conducteur, comme sur la figure ci-contre, on obtient une jonction **PN**. Dans la pratique on peut par exemple partir d'une monocristal de silicium dopé P à la surface duquel est déposé une fine couche d'un corps pentavalent (phosphore ou arsenic). En chauffant le cristal à une température suffisante, comprise entre la température de fusion du corps déposé et celle du monocristal, des atomes du corps déposé pénètrent dans le cristal par *diffusion* et créent une zone N.

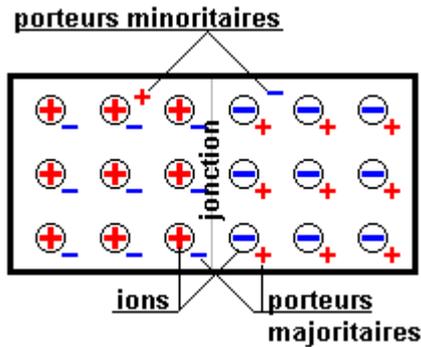


Fig. 2 : Formation d'une jonction PN

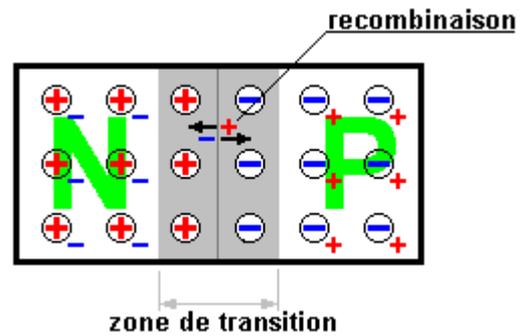


Fig. 3 : Zone de transition

**1.4- La zone de transition**

De part et d'autre de la jonction les porteurs majoritaires (électrons et trous) s'attirent et se recombinent ; leurs charges s'annulent il y a raréfaction des porteurs donc forte diminution de la conductibilité dans une zone (la zone de transition) de très faible épaisseur (de l'ordre du micron). Entre les deux zones habitées par des ions de polarité contraire s'établit une différence de potentiel.

La jonction PN s'apparente à un condensateur dont le diélectrique serait la zone de transition et les zones P et N les armatures.

Sur la figure ci-contre les porteurs minoritaires n'ont pas été représentés bien que leur rôle ne soit pas négligeable dans la zone de transition.

**1.5 - Diode idéale :**

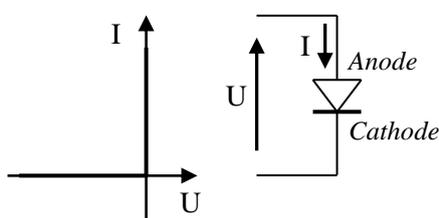


Fig. 4

C'est un dipôle électrique unidirectionnel dont les bornes sont l'anode (A) et la cathode (K).

**En polarisation directe** c'est-à-dire si  $U_A > U_K$  la résistance de la diode est nulle. Elle se comporte alors comme un interrupteur fermé.

**En polarisation inverse** ( $U_A < U_K$ ), on a :  $R = \infty$ . La diode est équivalente à un interrupteur ouvert.

Une diode idéale ne dissipe donc aucune puissance.

1.6 - Diode réelle à semi-conducteur

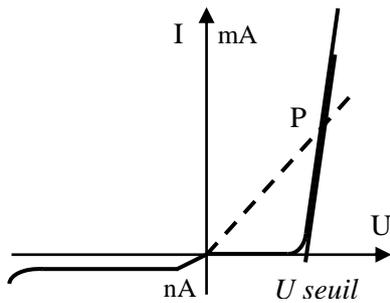


Fig. 5

L'anode est la zone P d'une jonction P-N. La zone de type N est la cathode. En polarisation inverse, le courant inverse est très faible mais il croît rapidement avec la température de la jonction. En polarisation directe, au-delà de la tension de seuil ( $V_s = 0,6$  V pour le silicium), la diode est conductrice. On peut définir en chaque point P de la caractéristique une résistance statique (trait pointillé) :  $R_S = V/I$  et une résistance dynamique (trait noir) :  $r_D = dV/dI$ .

2- polarisation d'une diode :

Soit un circuit contenant une source de tension variable et deux éléments résistifs en série, l'un linéaire, l'autre non linéaire (résistance et diode). La diode peut être polarisée de deux manières :

**a) Sens « directe » :** Lorsque l'anode est reliée au côté plus (+) de l'alimentation, et la cathode au côté moins (-), on dit que la diode est polarisée en « directe » (fig. 6).

La différence de potentiel entre les zones P et N provoquée par la source de courant continu à la zone de transition doit être suffisamment élevée pour annuler la différence de potentiel (quelques dixièmes de volts) présente dans la jonction à l'état d'équilibre.

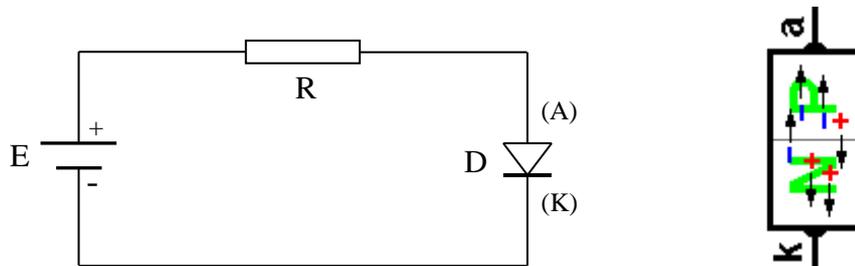


Fig. 6

Un courant parcourt le circuit dès que la tension aux bornes de la diode est supérieur à la tension de seuil  $V_0$  ( $V_0 \approx 0,6$  volt pour une diode au silicium, et  $V_0 \approx 0,3$  volt pour une diode au germanium). Ce courant croît très rapidement avec U et se trouve limité pratiquement par la résistance mise en série avec la diode.

En utilisant les résultats de l'étude physique du solide, on voit que le courant I traversant la diode est lié à la différence de potentiel V qui lui est appliquée par la relation :

$$I = I_S [\exp(qV / kT) - 1] \tag{1}$$

q: Charge de l'électron (  $1.6 \times 10^{-19}$  C).

k : Constante de Boltzman (  $1,38 \times 10^{-23}$  J/°C).

T : Température absolue.

$I_S$  : Courant de saturation.

On désigne  $kT/q$  par E à 300°K,  $E \approx 0,026$  volt

Dans le cas de la (fig. 6), la diode est polarisée dans le sens passant et  $I = I_d$ ,  $V = V_d$ , de ce fait l'équation (1) devient :

$$I_d = I_S [\exp(qV_d / kT) - 1]$$

**b) Sens « inverse » :** Lorsque l’anode est reliée au côté moins (-) de l’alimentation, et la cathode au côté plus (+), on dit que la diode est polarisée en « inverse » (fig. 7).

Les porteurs de charges s’éloignent de la jonction et la jonction devient quasiment isolante. La diode est dite polarisée en sens inverse, le courant qui la parcourt est très faible, il est dû aux porteurs minoritaires

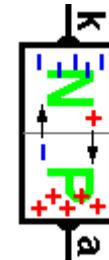
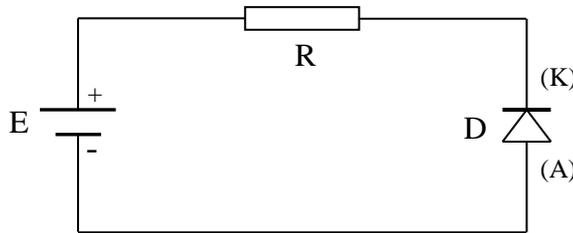


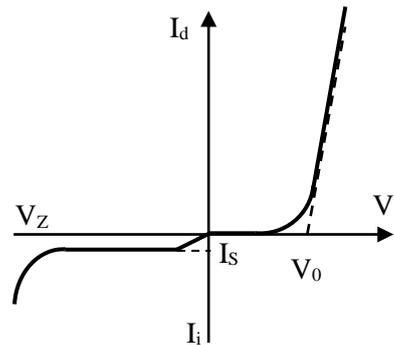
Fig. 7

Dans le cas de la (fig. 7), la diode est polarisée dans le sens bloqué et  $I = -I_i$ ,  $V = -V_i$ , de ce fait l’équation (1) devient :

$$\begin{aligned}
 -I_i &= I_S [\exp(-V_i / E) - 1] \\
 \Rightarrow I_i &= I_S [1 - \exp(-V_i / E)]; \\
 \text{on voit que : } &(-V_i / E) \ll 1, \text{ d'où : } I_i \approx I_S
 \end{aligned}$$

**3- Caractéristique courant-tension :**

- $V > V_0$  : Zone de conduction de la diode.
- $0 < V < V_0$  : La diode apparaît comme de plus en plus résistive pour le courant direct.
- $-V_Z < V < 0$  : Dès que  $V$  est suffisamment grand, le terme exponentiel est négligeable devant l’unité.



- \* La tension de seuil  $V_0$  est la tension à partir de laquelle la diode conduit.
- \* La résistance dynamique est l'inverse de la pente de la caractéristique statique au voisinage d'un point de fonctionnement.

$$\rho = \left( \frac{\Delta U}{\Delta I} \right)_{I=I_0}$$

**III- Matériel nécessaire :**

- 01 oscilloscope.
- 01 Générateur de tension (continu et alternatif).
- 01 Diode

- 01 Boîte de résistances à décades.
- 01 Voltmètre.
- 01 Ampèremètre (milliampèremètre).

**IV- Manipulation :**

**A. Sens « directe » :**

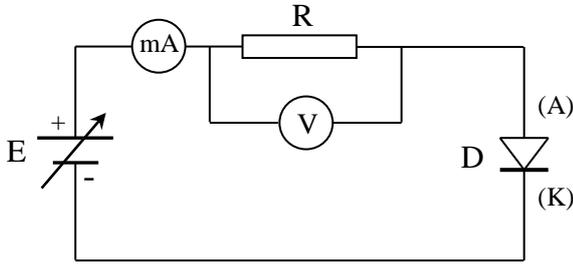


Fig. 8

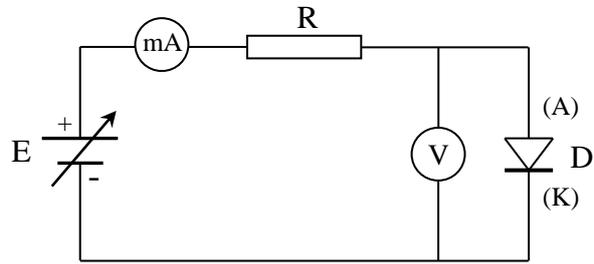


Fig. 9

- 1- Réaliser le montage de la (fig. 8).
- 2- En faisant varier la tension du générateur E, relever pour chaque valeur la chute de tension  $U_R$  de la résistance R et le courant  $I_R$  qui la traverse et porter ces valeurs dans le tableau 1.
- 3- Réaliser le montage de la (fig. 9).
- 4- En faisant varier la tension du générateur E, relever pour chaque valeur la chute de tension  $U_d$  aux bornes de la diode D et le courant  $I_d$  qui la traverse et porter ces valeurs dans le tableau 1.

**B. Sens « inverse » :**

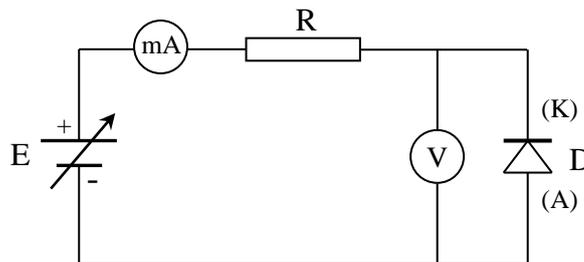


Fig. 10

- 1- Réaliser le montage de la (fig. 10).
- 2- En faisant varier le générateur E, relever pour chaque valeur la chute de tension  $U_i$  aux bornes de la diode D et le courant  $I_i$  qui la traverse et porter ces valeurs dans le tableau 1.

E (V)	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	1	1,5	2	4	10
$U_R$ (V)										
$I_R$ (mA)										
$U_d$ (V)										
$I_d$ (mA)										
$U_i$ (V)										
$I_i$ (mA)										

Tableau 1.

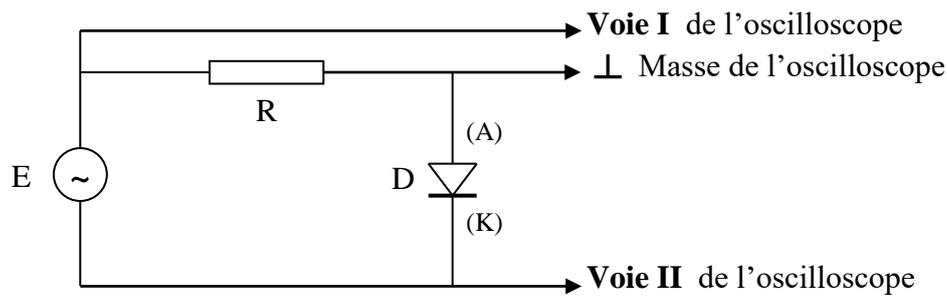
**C- Observation de la caractéristique à l'aide de l'oscilloscope.**

Fig. 11

- 1- Réaliser le montage de la (fig. 11).
- 2- mettre l'oscilloscope en balayage horizontal (Hor. ext.). Puis relever le graphe point par point sur du papier millimétré.

**Remarque :** - Fixer le « spot » de l'oscilloscope au milieu des axes.

- Ne pas oublier de prendre les échelles qui sont données par les calibres de l'oscilloscope (axe des x calibre de l'amplitude de la voie I).

**D- Travail à faire :**

- 1 - Tracer sur un même graphe, en choisissant des échelles convenables, les fonctions :  $I_R = f(V_R)$  ;  $I_d = g(V_d)$  et  $I_i = h(U_i)$ .

\* Les échelles sont différentes pour la polarisation "directe" et la polarisation « inverse ».

- 2 - Comparer ces graphes.
- 3 - Déterminer la pente à la droite  $I_R = f(V_R)$ .
- 4 - Déterminer la tension de seuil de la diode, et sa résistance dynamique.
- 5 - Donner le courant de saturation  $I_S$  de la diode.
- 6 - Déterminer à partir du graphe relevé de l'oscilloscope la tension de seuil de la diode et la comparer à celle de la question 4.
- 7- Conclusion.