

مكتبه الطالب  
05.39.80.71.87  
attaliblib@gmail.com

## *Chapitre V: TRANSISTOR BIPOLAIRE*

14 mai 2017

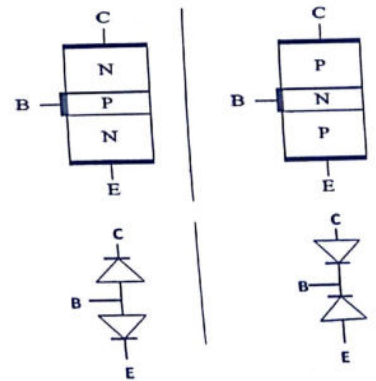
# I- Généralités

## 1- Définition :

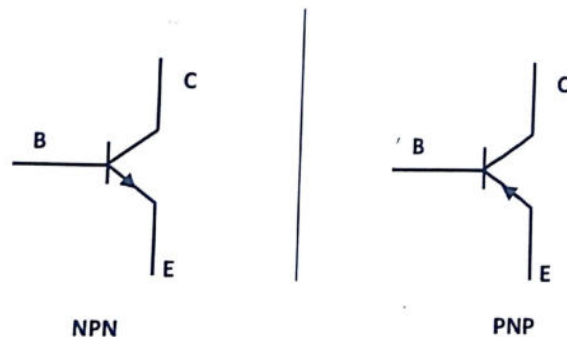
Le transistor bipolaire, ou encore transistor bijonction, est un semi-conducteur présentant trois zones dopées N, P et N pour un transistor NPN, ou P, N et P pour un transistor PNP. C'est un composant actif, c'est à dire un composant capable d'amplifier la puissance d'un signal.

## 2- Description et Symbole :

- La base : est la couche intermédiaire, est très mince et est légèrement dopée. Les porteurs majoritaires sont donc en quantité assez faible.
- L'émetteur : est la zone la plus dopée du transistor. Son rôle consiste à injecter des porteurs (les électrons dans le cas d'un transistor NPN et les trous dans le cas d'un transistor PNP) dans la base.
- Collecteur : Son dopage est plus faible que celui de l'émetteur et sa géométrie est différente. Le rôle principal du collecteur est de recueillir (collecter) les porteurs.



Les trois zones ainsi dopées forment deux jonctions : la jonction base-émetteur (BE) dite jonction de commande, et la jonction base-collecteur (BC).  
Les transistors bipolaires sont représentés par les symboles suivants :

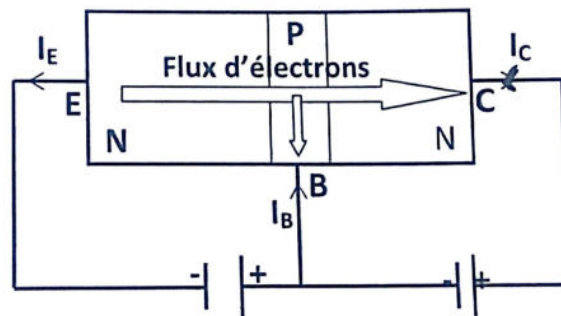


La flèche figurant sur l'émetteur (E) indique le sens passant des jonctions base-émetteur (BE). En conduction directe, les courants sont positifs pour le NPN et négatifs pour le PNP.

## II-Fonctionnement du transistor NPN

L'étude sera menée sur un transistor bipolaire de type NPN qui est le plus utilisé et le plus facile à réaliser. Le fonctionnement d'un transistor de type PNP se déduit en échangeant les rôles des électrons ainsi que des trous et en inversant les signes des tensions d'alimentation et des courants.

1- Effet transistor :

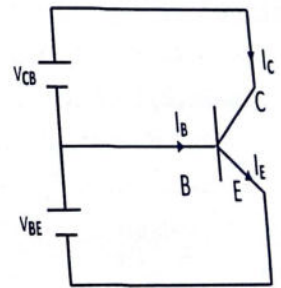


Soit un transistor NPN, sous l'action d'un champ produit par la tension  $V_{BE}$  (polarisation directe de la jonction B-E), les majoritaires de la région émetteur passent dans la base (épaisseur très faible). La quasi-totalité des électrons traversent la base, ils sont ensuite attirés par le champ créé par la tension  $V_{CB}$  pour atteindre le collecteur ; une faible partie de ces électrons se recombinent avec les trous dans la base (très faiblement dopé).

L'effet transistor consiste au fait qu'un grand nombre d'électrons majoritaires traversent les deux jonctions. Cet effet transistor a pour conséquence le fait de pouvoir contrôler à l'aide du courant de base  $I_B$  relativement faible, un courant de collecteur  $I_C$  beaucoup plus important.

### 2- Transistor NPN polarisé :

En polarisation normale pour avoir l'effet transistor, la tension  $V_{BE}$  positive, polarise la jonction B-E du transistor en direct, alors que la tension  $V_{CB}$  polarise la jonction C-B en inverse.



### 3- Relations fondamentales :

☛ La loi des noeuds permet d'écrire :  $I_E = I_B + I_C$ .

☛ D'autre part il existe des relations due à l'effet transistor :

✓  $I_C = \alpha I_E$ , avec  $\alpha$  la proportion des électrons émis par l'émetteur, qui parviennent jusqu'au collecteur ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ).

La loi des noeuds peut alors s'écrire :  $I_C/\alpha = I_C + I_B \Rightarrow I_C(\frac{1-\alpha}{\alpha}) = I_B \Rightarrow I_C = \frac{\alpha}{1-\alpha} I_B \Rightarrow$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

✓  $I_C = \beta I_B$ , avec  $\beta$  le gain en courant du transistor ; c'est une caractéristique du transistor (En règle générale  $\beta$  varie de 30 à 300).

### III- Caractéristiques du transistor NPN

1- Différents montages :

Il est avantageux de transformer le tripôle E, B, C équivalent au transistor, en un quadripôle par mise en commun entre entrée et sortie d'une des bornes. Il existe alors trois possibilités de montage de transistor : le montage émetteur commun, le montage base commune et le montage collecteur commun.

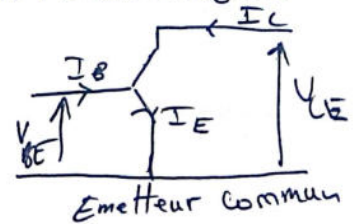
2- Fonctionnement en émetteur commun :

Parmi les trois montages fondamentaux, le montage émetteur commun est le plus utilisé (utilisé en amplification). L'étude sera abordée en courant continu : c'est le régime statique.

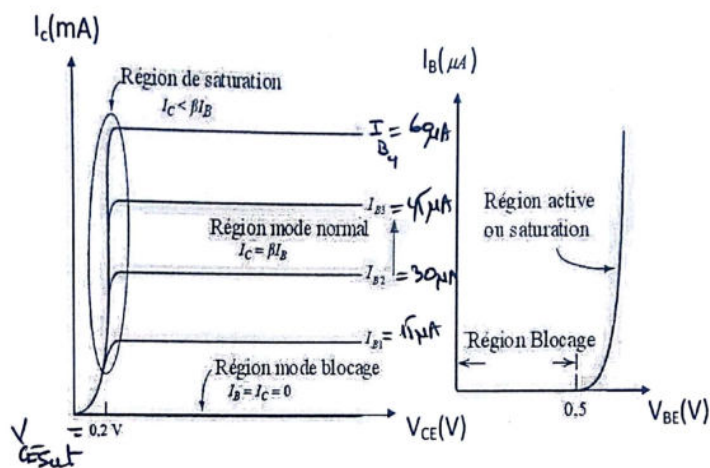
2-1 Equivalence transistor-quadripôle :

On utilise les paramètres hybrides :

$$\begin{bmatrix} V_{BE} \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_B \\ V_{CE} \end{bmatrix}$$



En « configuration Emetteur commun », on représente les caractéristiques d'un transistor NPN par l'évolution de  $I_B$  en fonction de  $V_{BE}$  pour différentes valeurs de  $V_{CE}$  (qui joue le rôle de paramètre), et l'évolution de  $I_C$  en fonction de  $V_{CE}$  pour différentes valeurs de  $I_B$ .



## 2-2 Réseaux des caractéristiques :

☛ Réseau de sortie : C'est le réseau  $I_C = f(V_{CE})$  avec  $I_B$  comme paramètre. Dans ce réseau, on distingue 3 zones :

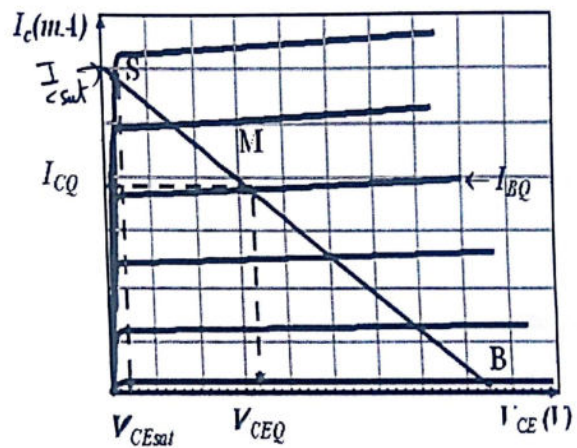
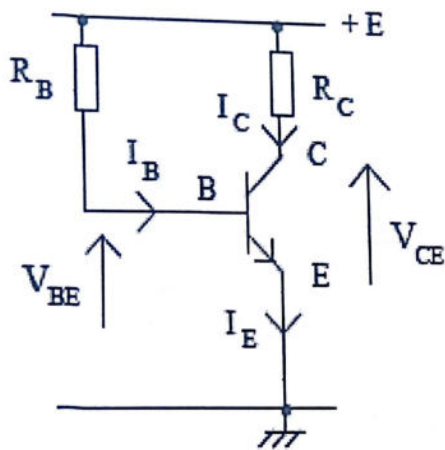
✓ Mode de saturation : Les deux jonctions BE et BC sont conductrices. Le courant  $I_B > 0$  et  $V_{BE} \simeq 0.6$ , la tension  $V_{CE} \simeq 0.2\text{ V}$  dans ce cas  $\beta I_B \neq I_C$ .

✓ Mode normal ou mode actif : BE en direct, BC en inverse.  $V_{CE}$  intermédiaires : le courant collecteur est donné par la relation :  $I_C = \beta I_B$ .

✓ Mode de blocage : les deux diodes sont bloquées,  $I_C \approx I_B \approx 0$ .

☛ Réseau d'entrée : La courbe est identique à la caractéristique d'une diode qui est constituée par la jonction base émetteur. Pour un transistor au silicium,  $V_{BE}$  varie très peu et reste voisin de la tension de seuil de la jonction base-émetteur soit  $0,6\text{ V}$ .

2-3 Régime de fonctionnement du transistor NPN : Point de fonctionnement Le point de fonctionnement est déterminé par les caractéristiques du transistor et par les lois de Kirchhoff appliquées au circuit. Exemple : Comment déterminer le point de fonctionnement P du transistor dans un circuit ?



En appliquant la loi des mailles au circuit collecteur (ou circuit de sortie) on obtient l'équation linéaire (ou droite de charge).  $E = V_{CE} + R_C I_C \Rightarrow I_C = \frac{E - V_{CE}}{R_C}$  (c'est l'équation de la droite de charge).

- ☛ Si  $I_C = 0$ ,  $V_{CE} = E$ , T est bloqué (interrupteur ouvert) point P en B.
- ☛ Si T est saturé (interrupteur fermé),  $V_{CE} = V_{CEsat}$  et  $I_C = I_{Csat} = \frac{E - V_{CEsat}}{R_C} < \beta I_B$  point P en S.
- ☛ Si T fonctionne en linéaire, point P en M (P est choisi dans la partie horizontale des caractéristiques  $I_C = f(V_{CE})$ ). Le transistor est un amplificateur de courant,  $I_E \approx \beta I_B$ .



## IV-Le transistor en régime variable :

Lorsque l'une des sources de tensions alimentant le transistor varie en fonction du temps. Au voisinage du point de fonctionnement, on applique sur la base un petit signal sinusoïdale qui va provoquer des variations  $i_b$  du courant de base  $I_B$ . Ce courant  $i_b$  donne naissance au courant sinusoïdale  $i_c$ . Dans ce cas le transistor peut être remplacé par un quadripôle équivalent caractérisé par ces paramètres hybrides [hij].

- $h_{11} = v_{BE}/i_B$  à  $v_{CE}=\text{Cte}$ . C'est la résistance d'entrée du transistor. C'est aussi la pente de la caractéristique d'entrée.
- $h_{21} = i_C/i_B$  à  $v_{CE}=\text{Cte}$ . C'est le gain en courant du transistor. Il est très voisin de  $\beta$  qui est la pente de la caractéristique de transfert en courant.
- $h_{22} = i_C/v_{CE}$  à  $I_B=\text{Cte}$ . C'est l'admittance de sortie du transistor. Elle est en général faible et correspond à la pente des caractéristiques du réseau de sortie.
- $h_{12} = v_{BE}/v_{CE}$  à  $I_B=\text{Cte}$ . Ce paramètre étant voisin de zéro (typiquement  $10^5$  à  $10^6$ ) sera toujours négligé.

$$\begin{aligned}v_{BE} &= h_{11}I_B + h_{12}V_{CE} \\ I_C &= h_{21}I_B + h_{22}V_{CE}\end{aligned}$$

