

LE TRANSISTOR BIPOLAIRE

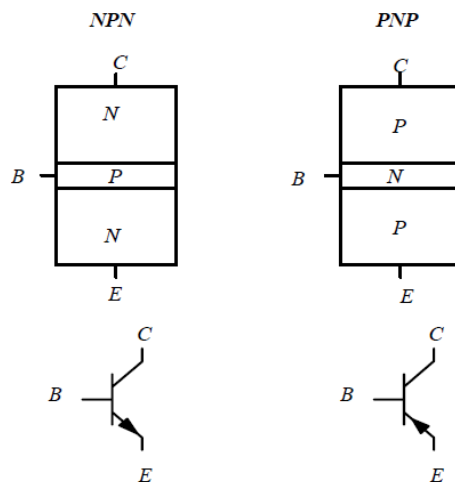
On distingue deux types de transistors bipolaires, les transistors **NPN** et les transistors **PNP**.

Le transistor **NPN** est constitué par :

- Une couche N fortement dopée constituant l'**émetteur**.
- Une couche P très mince et faiblement dopée constituant la **base**.
- Une couche N faiblement dopée constituant le **collecteur**.

Le transistor **PNP** est constitué par :

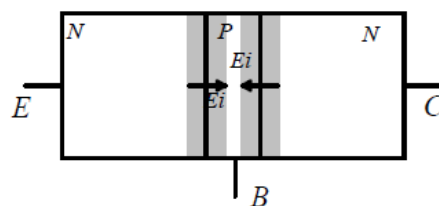
- Une couche P fortement dopée constituant l'**émetteur**.
- Une couche N très mince et faiblement dopée constituant la **base**.
- Une couche P faiblement dopée constituant le **collecteur**.



Transistors bipolaires

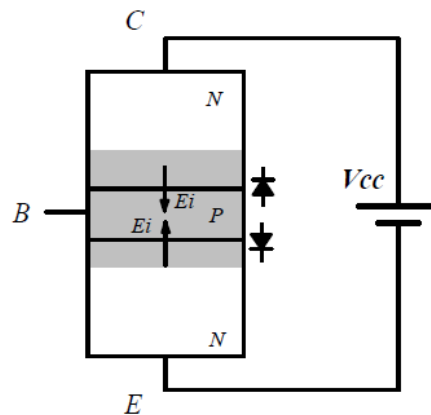
Principe de fonctionnement : effet transistor.

En l'absence de polarisation, les porteurs majoritaires diffusent de part et d'autre des deux jonctions PN, provoquant la création de deux zones dépeuplées (de déplétion) où règnent deux champs E_i qui s'opposent à la diffusion et engendrent une situation d'équilibre.



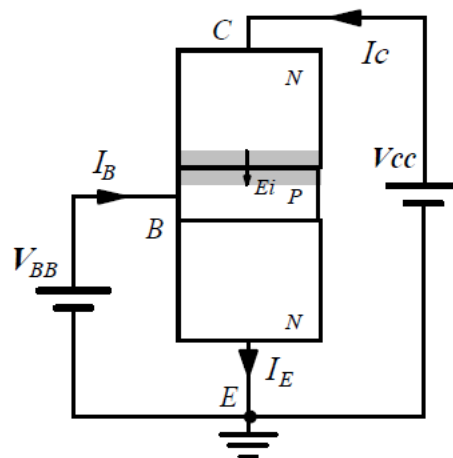
NPN non polarisé

On applique un générateur externe entre le collecteur et l'émetteur, la jonction collecteur-base est polarisée en inverse, sa zone dépeuplée devient plus large, aucun courant ne circule entre le collecteur et l'émetteur.



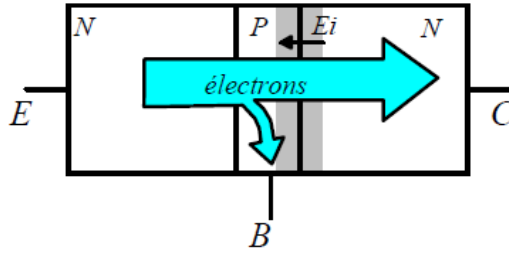
Alimentation du collecteur

Si on applique un deuxième générateur entre la base et l'émetteur la jonction base - émetteur se trouve polarisée en direct, la zone de déplétion qui l'entourait disparaît et un courant direct circule entre la base et l'émetteur, c'est le courant de base I_B .



NPN polarisé

La polarisation de la jonction B-E en direct va être à l'origine d'un deuxième courant dans le transistor, en effet, l'émetteur fortement dopé N injecte un grand nombre d'électrons dans la base (diffusion des porteurs majoritaires), ces électrons ne vont pas tous être récupérés par le circuit extérieur, car, comme la base est très mince, un grand nombre d'entre eux va se trouver au voisinage de la jonction base - collecteur. Pour cette jonction, les électrons du côté de la base constituent les porteurs minoritaires dont le passage côté collecteur est fortement encouragé par le champ important qui règne autour de cette jonction. Il en résulte la circulation d'un courant important entre le collecteur et l'émetteur à travers la base, ce phénomène est appelé **effet transistor**.



Effet transistor

Le courant de l'émetteur est noté I_E , celui de la base est noté I_B et le collecteur est noté I_C . Ces trois courants sont liés par les relations suivantes :

$$I_E = I_B + I_C$$

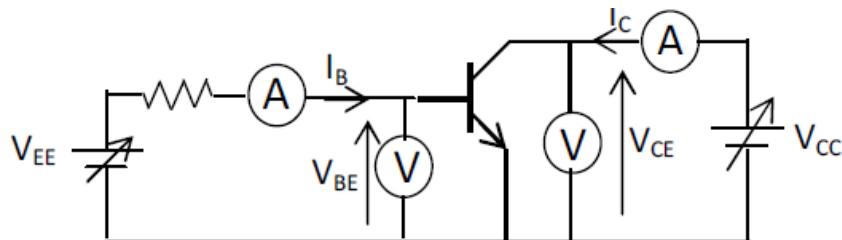
$$I_C = \alpha I_E$$

$$I_C = \beta I_B$$

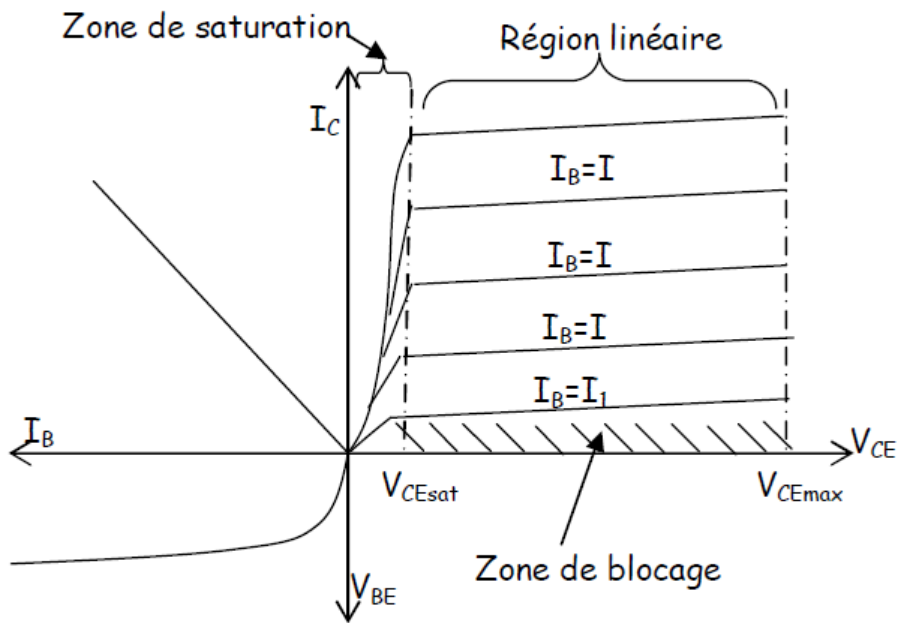
Réseau de caractéristique du transistor

Les caractéristiques sont les courbes qui représentent les relations entre les courants et les tensions du transistor. Elles permettent de délimiter les régions de fonctionnement du transistor, de déterminer le point de fonctionnement optimal et les paramètres hybrides du transistor.

Le montage suivant permet le relevé des caractéristiques d'entrée $I_B = f(V_{BE})$ à $V_{CE} = \text{cte}$, de sortie $I_C = f(V_{CE})$ à $I_B = \text{cte}$. et de transfert $I_C = f(I_B)$ à $V_{CE} = \text{cte}$.



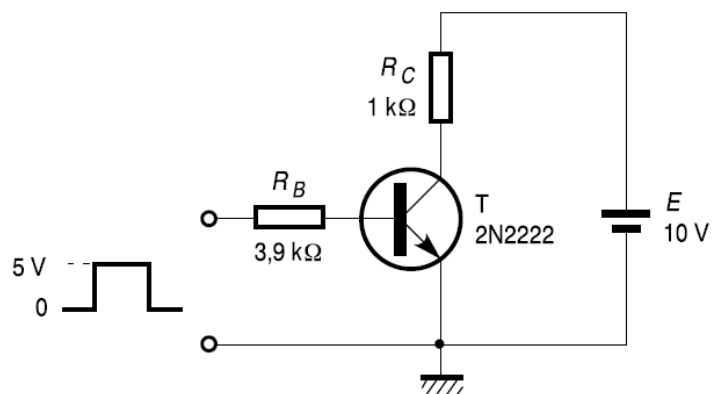
Montage expérimentale : relevé des caractéristiques



Réseaux de caractéristiques du transistor bipolaire

Domaines d'utilisation

Le transistor peut remplir de multiples fonctions dans tous les domaines de l'électronique. Ses principales applications sont : l'amplification de signaux, les circuits de puissance, les montages fonctionnant en hautes fréquences et la Hi-Fi. Les transistors sont également utilisés en commutation :

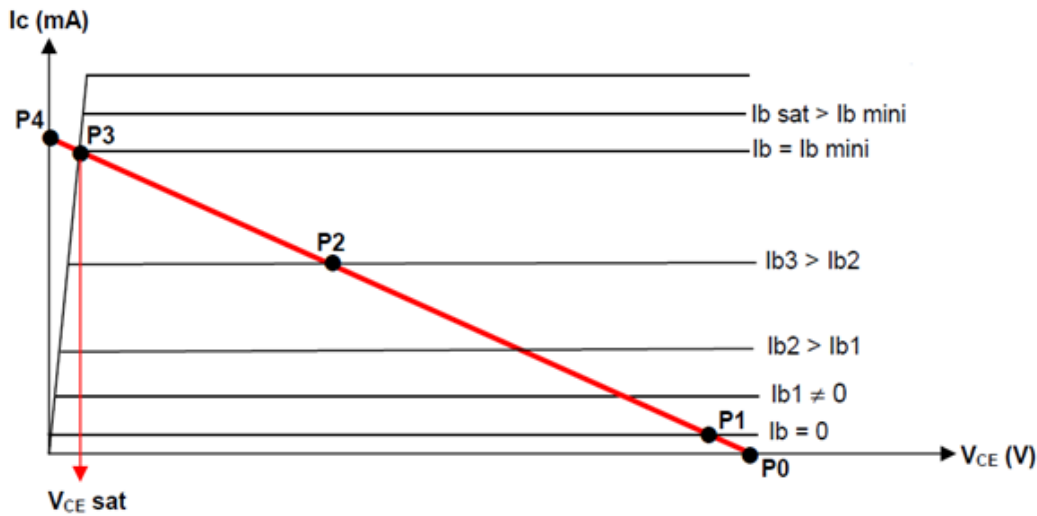


Transistor en commutation.

La charge à alimenter est la résistance R_C . Le transistor se comporte comme un circuit ouvert lorsqu'il est bloqué et un court-circuit quand il est saturé. Il réalise ainsi un interrupteur.

Points de fonctionnement d'un transistor en commutation :

Sur le réseau de caractéristique $I_c = f(V_{CE})$ à $I_b = \text{constante}$ on trace la droite de charge du transistor:



- Lors du fonctionnement en commutation le point P se déplace sur la droite de charge entre P1 (pour $I_b = 0$) et P3 (pour $I_b = I_{b,mini}$).

On peut définir les coordonnées des points P0 et P4 :

- Point P0 : On a $I_c = 0$ donc $V_{CE} = V_{CC}$
- Point P4 : On a $V_{CE} = 0$ donc $I_c = V_{CC} / R_C$

- En conclusion si I_b augmente :
 - I_c augmente et tend vers V_{CC} / R_C
 - et V_{CE} diminue et tend vers 0

- On appelle $I_{b,mini}$ la valeur pour laquelle on a saturation du transistor ; pour cette valeur I_b on a :

$$I_c = V_{CC} / R_C = I_{c,sat} \text{ et } V_{ce,sat} = 0 \text{ (idéalement)}$$

(En pratique $V_{ce,sat}$ varie de 0,1 à 0,4 V selon la valeur de $I_{b,sat}$)

- $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$: tension seuil de la jonction Base-Emetteur.

Pour bloquer le composant, il faut appliquer sur sa base une tension négative (ou tout au moins inférieure au seuil 0,5 à 0,6 V).

Pour obtenir la saturation, il faut que la tension appliquée sur base par l'intermédiaire de la résistance R_B soit supérieure au seuil et que le courant soit plus grand que :

$$I_{b,mini} = I_{c,sat} / \beta$$

$I_{c,sat}$ est la valeur du courant de collecteur que l'on obtient si le transistor est bien saturé ($V_{CE} \approx 0$). Ici, on a : $I_{c,sat} = E/R_C$

La valeur minimale du courant de base donne une valeur maximale de la résistance R_B si le niveau d'entrée est fixé à V :

$$R_{b\max} = (V - V_{BE}) / I_{b\min} \quad \text{avec } V_{BE} = 0.6V$$

Exemple:

$R_C = 1k\Omega$, $E = 10V$, $V_e = 0-5$ volts

Calcul de R_b ?

$V_e = 0V$: transistor bloqué

$V_e = 5V$: transistor saturé

On cherche si le courant base est suffisant pour saturer le transistor.

$$I_{C\text{sat}} = E / R_C \rightarrow I_{C\text{sat}} = 10 / 1 = 10 \text{ mA}$$

Pour le transistor 2N2222, le constructeur donne pour β une fourchette de 100 à 300. Pour que le résultat soit valable quel que soit l'échantillon utilisé, il faut se placer dans le cas le plus défavorable qui puisse être atteint. Le transistor est d'autant plus difficile à saturer que la valeur minimale de I_b est élevée, et donc que β est faible, soit $\beta_{\min} = 100$.

On calcule alors :

$$I_{b\min} = I_{C\text{sat}} / \beta_{\min} \rightarrow I_{b\min} = 10 / 100 = 0.1 \text{ mA}$$

La valeur de $I_{b\min}$ correspond au courant base minimum pour avoir la saturation. Pour être sûr que le transistor soit bien saturé, on prend un coefficient k de sécurité qui assure de manière certaine la saturation du transistor. Sa valeur est choisie en fonction des ordres de grandeurs : on prend souvent 10 ou 20 pour les petits transistors alors qu'on se contente de 2 ou 3 pour un circuit de forte puissance.

Pour $k=10$ il vient :

$$I_b = 10 \times I_{b\min} = 1 \text{ mA}$$

En en déduit R_B

$$R_B = (5 - 0.6) / 1 = 4.4k\Omega$$

On prend la valeur immédiatement inférieure de la série normalisée E24 ,soit $4.3k\Omega$.