

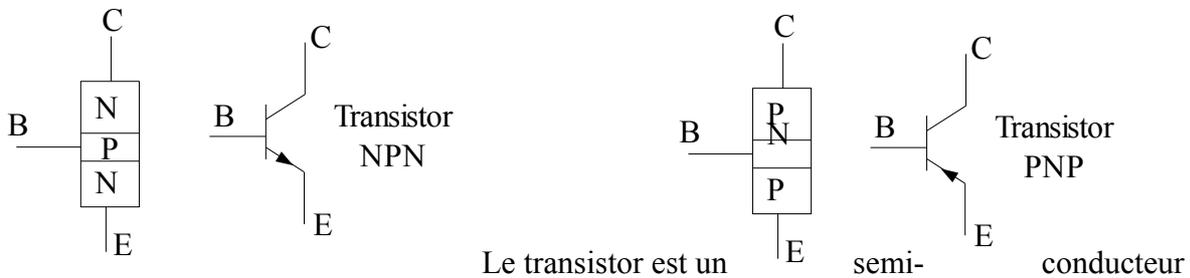
TRANSISTOR BIPOLAIRE

I. DESCRIPTION ET SYMBOLES

Un transistor bipolaire est constitué par la juxtaposition de trois zones semi-conductrices. On réalise le transistor à partir des 2 configurations suivantes:

- deux zones semi-conductrices N emprisonnant une mince couche P (<10 μ): transistor NPN
- deux zones semi-conductrices P emprisonnant une mince couche N: transistor PNP

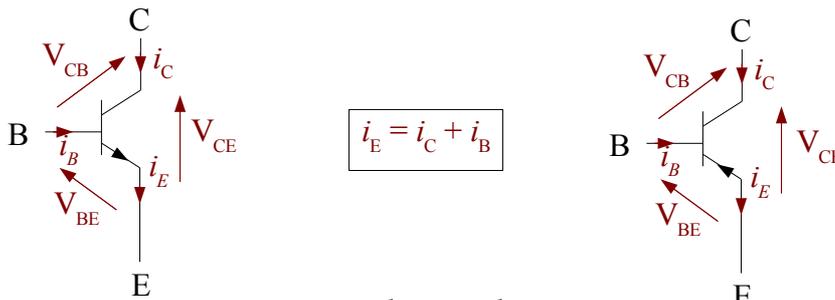
Le transistor comporte 3 connexions: Emetteur (E), Base (B), Collecteur (C).



permettant:

- un fonctionnement bloqué-saturé (commutation)
- un fonctionnement en amplificateur de courant (linéaire)

II. CONVENTION ET RELATION



NPN:

toutes les grandeurs

PNP: toutes les grandeurs sont négatives

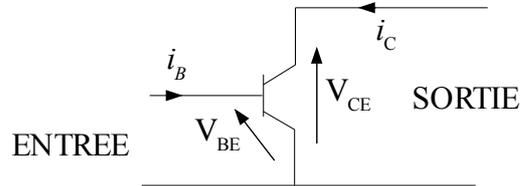
sont positives

III. RÉSEAUX DE CARACTÉRISTIQUES

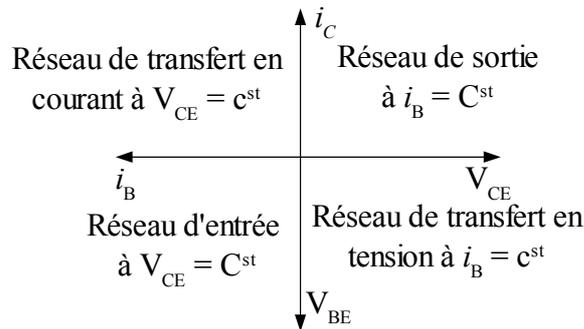
3.1. PRÉSENTATION

Quatre grandeurs suffisent pour caractériser le comportement du transistor:

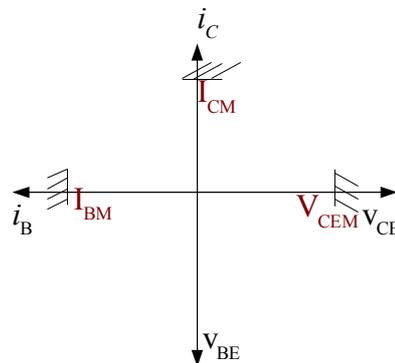
- deux grandeurs d'entrée: i_B , V_{BE}
- deux grandeurs de sortie: i_C , V_{CE}



L'ensemble des caractéristiques peut donc être représenté dans le système d'axe suivant:



3.2. VALEURS LIMITES DU COMPOSANT



I_{CM} : courant collecteur maximal

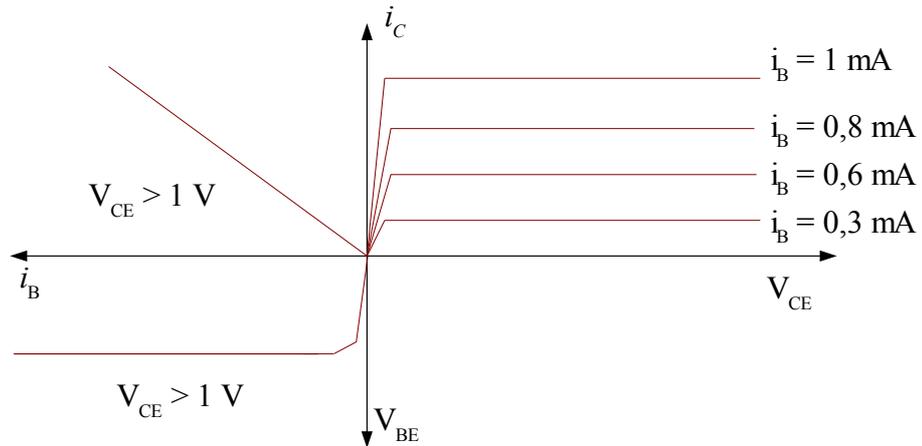
V_{CEM} : tension maximale de VCE au delà de laquelle le transistor risque d'être détruit.

I_{BM} : courant de base maximal au delà duquel la jonction émetteur-base peut se détruire.

P_M : puissance dissipable maximale pour une température du boîtier de 25°C

$$P_M = i_C \cdot V_{CE} + i_B \cdot V_{BE} \approx i_C \cdot V_{CE}$$

3.3. ENSEMBLE DE CARACTÉRISTIQUES

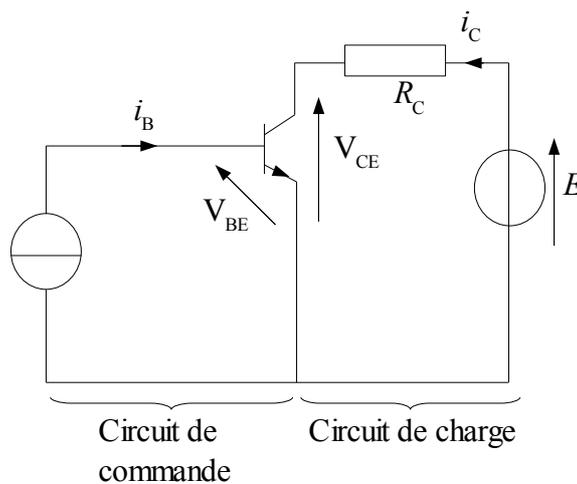


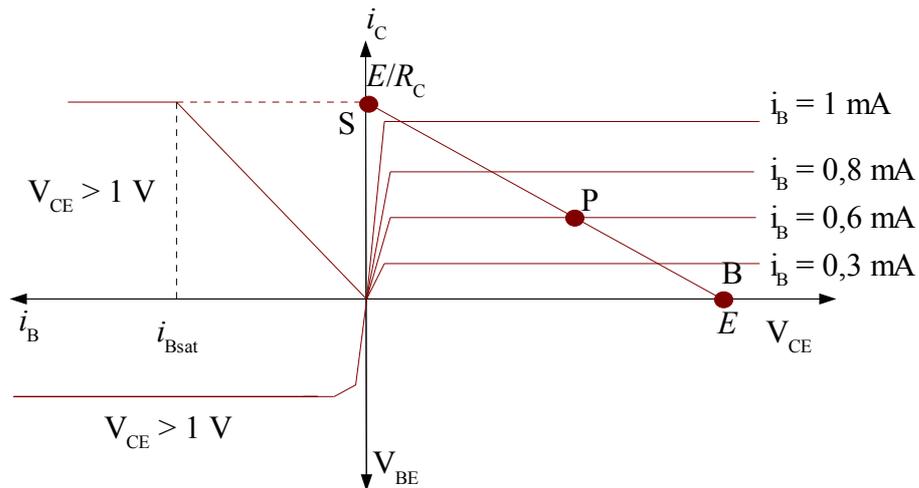
3.4. INTERPRÉTATION

- $i_C = f(i_B)$ est appelé caractéristique de transfert en courant.
Pour $v_{CE} > 1 \text{ V}$ $i_C = \beta \cdot i_B$
 $\beta = h_{FE}$: coefficient d'amplification statique en courant
- $i_B = f(v_{BE})$: la caractéristique d'entrée est identique à celle d'une diode lorsque $v_{CE} > 1 \text{ V}$
 $v_{BE} \approx 0,6 \text{ à } 1 \text{ V}$
- Les caractéristiques de sortie sont sensiblement horizontales pour $v_{CE} > 1 \text{ V}$. Le transistor est équivalent à un générateur de courant presque parfait dont l'intensité est commandée par le courant de base.

$$i_C = \beta \cdot i_B \quad \text{Pour } v_{CE} > 1 \text{ V}$$

IV. TRANSISTOR BIPOLAIRE SUR CHARGE RÉGISITIVE





Loi des mailles:

$V_{CE} +$

$$R_C \cdot I_C = E - V_{CE} \Rightarrow I_C = \frac{E}{R_C} - \frac{V_{CE}}{R_C} \text{ droite affine}$$

coefficient directeur : $-\frac{1}{R_C}$ (droite décroissante) et coordonnées à l'origine: $\frac{E}{R_C}$

$I_C = f(V_{CE})$: droite de charge statique

Au point de saturation S: $V_{CE} \approx 0 \text{ V}$ $I_{Csat} \approx \frac{E}{R_C}$ $i_B > I_{Bsat}$ avec $I_{Bsat} = \frac{I_{Csat}}{\beta}$

la formule $i_c = \beta \cdot i_B$ n'est plus valable. Quelque soit la valeur de i_B ($> I_{Bsat}$) $i_c = I_{Csat}$

Au point de blocage B: $V_{CE} \approx E$ $I_C \approx 0 \text{ A}$ et $I_B \approx 0 \text{ A}$

Au point de fonctionnement P (compris entre B et S): fonctionnemnt linéaire $i_c = \beta \cdot i_B$ pour $i_B < I_{Bsat}$

V. APPLICATION À LA COMMUTATION

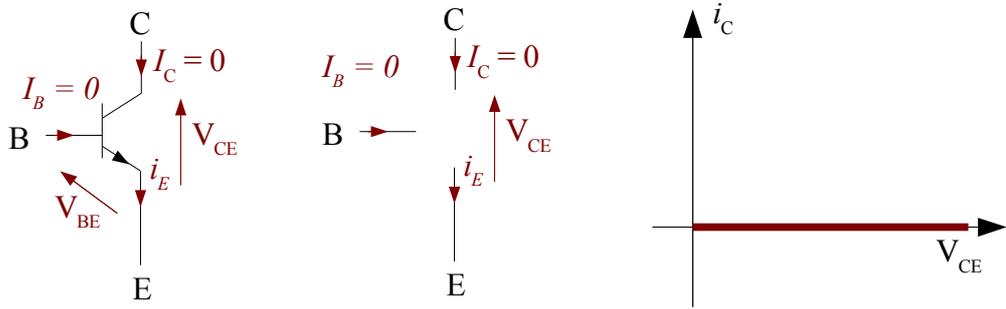
La commutation est le passage de l'état bloqué à l'état saturé et inversement. Le transistor ne peut être que bloqué ou saturé: il se comporte comme un interrupteur ouvert ou fermé.

5.1. ETAT BLOQUÉ

transistor réel:

$$\begin{array}{l}
 I_B = 0 \text{ A} \\
 I_C \approx 0 \text{ A} \\
 \text{NPN} \left\{ \begin{array}{l} V_{BE} \leq 0,4 \text{ V} \\ V_{CE} \approx E \end{array} \right. \quad \text{PNP} \left\{ \begin{array}{l} V_{BE} \geq -0,4 \text{ V} \\ V_{CE} \approx -E \end{array} \right.
 \end{array}$$

transistor idéal:



5.2. ETAT SATURÉ

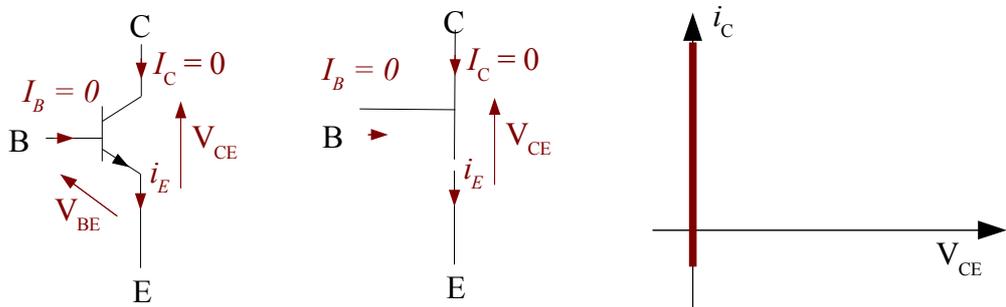
transistor réel:

$$i_B \geq I_{Bsat}$$

$$i_C = i_{Csat} \approx \frac{E}{R_C}$$

NPN	{	$V_{BEsat} \approx 0,8 \text{ V}$ $V_{CEsat} \approx 0,2 \text{ V}$	PNP	{	$V_{BE} \approx -0,8 \text{ V}$ $V_{CE} \approx -0,2 \text{ V}$
-----	---	--	-----	---	--

transistor idéal:



5.3. EXEMPLE DE COMMUTATION

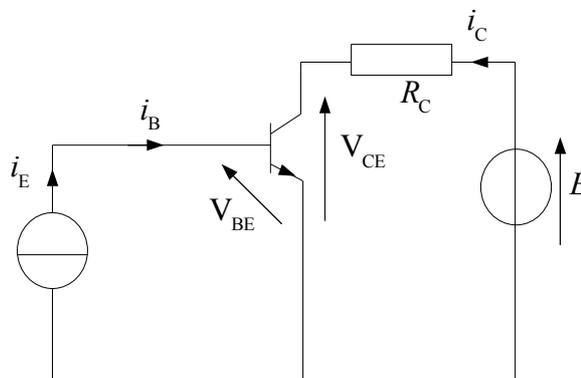
$$E = 15 \text{ V}$$

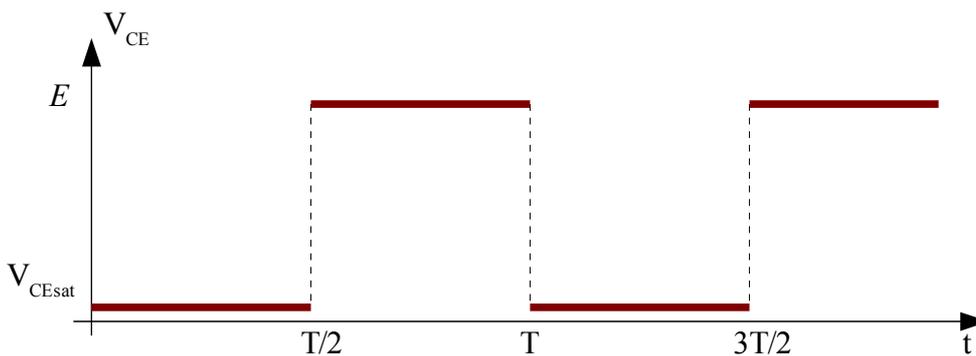
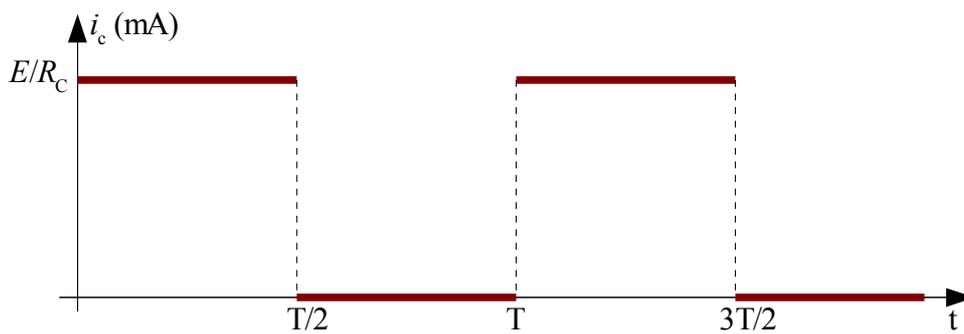
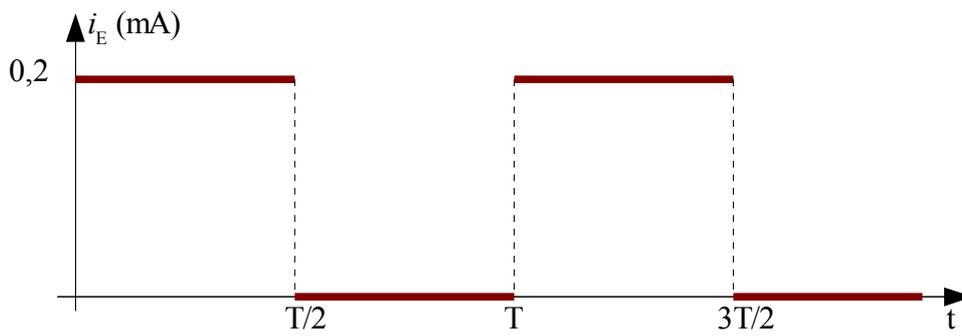
$$R_C = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\beta = 100$$

$$V_{CEsat} = 0,5 \text{ V}$$

$$i_B = i_E$$





$$\text{de } 0 < t < \frac{T}{2} \quad i_E = i_B = 0,2 \text{ mA} \quad \text{or } i_{Csat} = \frac{E}{R_C} = 15 \text{ mA} \Rightarrow i_{Bsat} = \frac{I_{Csat}}{\beta} = 0,15 \text{ mA}$$

$i_B > i_{Bsat}$ le transistor est saturé.

$$\text{On en déduit } i_C = \frac{E - V_{CEsat}}{R_C} = 14,5 \text{ mA}$$

$$\text{de } 0 < t < \frac{T}{2} \quad i_E = 0 \text{ mA} \quad \text{le transistor est bloqué. } I_C = 0 \text{ mA} \quad \text{et } V_{CE} = E = 15 \text{ V}$$