

## TP - 9

# Transistor bipolaire

Dans ce TP, on se propose tracer les caractéristiques d'un transistor bipolaire en vue de l'utiliser en commutation.

### Liste du matériel

- Transistor bipolaire 2N2219A ;
- GBF ; Carte Sysam-SP5, Multimètre MTX3250 ; Multimètre CL2T ;
- Alimentation réglable 0-30V (ALR3003-ELC) ; Alimentation stabilisée Electronic 2 ;
- Résistances : 100 k $\Omega$  (x1), 1k (x2) , 10k (x1) ; Plaque d'essai ; LED.

## 9.1 Introduction

Le transistor bipolaire est composé d'une juxtaposition de trois zones semiconductrices, selon la séquence NPN ou PNP. La conduction du courant électrique est assurée par deux types de porteurs de charges : les électrons  $e^-$  et les trous  $p$ , d'où l'appellation de *bipolaire*.

Le schéma du transistor est indiqué figure 9.1 :

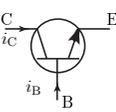
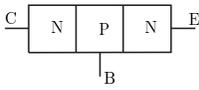
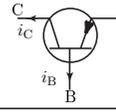
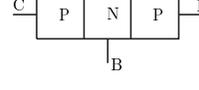
Type	Symbole	Structure
Transistor NPN		
Transistor PNP		

FIGURE 9.1 – Structure du transistor bipolaire.

Les bornes du transistor bipolaire sont : le **collecteur C** ; l'**émetteur E** et la **base B**.

Le collecteur et l'émetteur ne sont pas symétriques. L'émetteur est plus dopé que le collecteur.

Le transistor bipolaire a un vaste champ d'applications aussi bien en électronique analogique (amplificateurs, circuit intégrés tels que les amplificateurs opérationnels...) qu'en électronique numérique (portes logiques,

interrupteurs...).

Dans notre laboratoire nous disposons de plusieurs types de transistors bipolaires : 2N2219 (NPN), transistor de puissance BD243 (NPN), BD244 (PNP) ... :

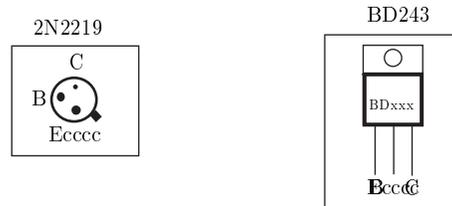


FIGURE 9.2 – Schéma du transistor bipolaire : Pour le 2N2219 : le collecteur (C) est relié au boîtier et l'émetteur (E) est situé près de l'ergot.

## 9.2 Caractéristiques du transistor

### 9.2.1 Caractéristique de sortie : $I_C = f(V_{ce})$ à $I_B = cte$

- ☞ Réaliser le montage figure 9.3 avec : (T) est le transistor NPN 2N2219A,  $R_b = 100\text{ k}\Omega$ ,  $R_c = 0,5\text{ k}\Omega$ ,  $E_c$  : alimentation continue DC (ALR3003-ELC),  $E_b$  : alimentation stabilisé (Electronic 2) et A : le multimètre MTX3250 en mode ampèremètre.

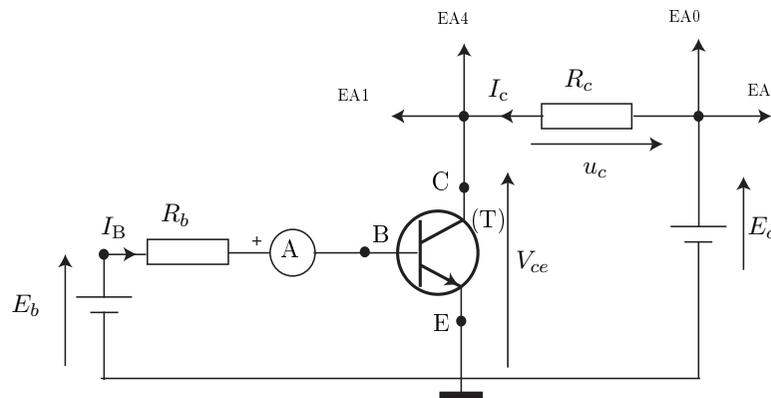


FIGURE 9.3 – Montage pour tracer la caractéristique du transistor bipolaire 2N2219.

Le transistor bipolaire est un composant actif, il nécessite un circuit de polarisation ( $E_c - R_c$ ). Le circuit  $E_b - R_b$  est le circuit de commande.

**! Important :** Le constructeur indique les valeurs maximales à ne pas dépasser sous peine de détruire le transistor (voir notice) :

$$\underline{\underline{P_{\max} = 800\text{ mW} ; I_{B,\max} = 200\mu\text{ A} ; V_{ce,\max} = 30\text{ V} ; I_{C,\max} = 800\text{ mA.}}}$$

- ☞ Déterminer la valeur maximale de  $E_b$  à ne pas dépasser sachant que  $V_{be} \approx 0,66\text{ V}$  (tension seuil de la jonction BE). Calculer  $E_b$  pour  $I_b = 10\mu\text{ A}$  et  $100\mu\text{ A}$ .
- ☞ Comment peut-on visualiser le courant  $I_c$  avec la carte Sysam SP5 ?
- ☞ Pour tracer la caractéristique  $I_c = f(V_{ce})$ , configurer LatisPro en mode XY avec :

- Abscisse :  $V_{ce}$
- Ref : EA5
- Var : 400 mV

☞ Régler la valeur du courant  $I_B$  en jouant sur la valeur de  $E_b$  puis, en faisant varier la tension  $E_c$ , tracer la caractéristique  $I_c = f(V_{ce})$  pour différentes valeurs de  $I_B$  : 0, 20, 40, 60, 80 et 100  $\mu\text{A}$  (réseau de caractéristiques).

**!! Important :**

\* Il faut contrôler la valeur de  $I_B$  à l'aide du multimètre MTX3250 (ajuster si nécessaire  $E_b$  pour maintenir  $I_B$  constant lors du tracé).

- 🔗 Commenter les résultats obtenus.
- ☞ Mesurer, à l'aide du multimètre CL2T, la tension  $V_{BE}$  pour différentes valeurs de  $E_b$  et  $E_c$ . Conclure.
- 🔗 Exprimer l'équation de la droite de charge  $I_c = g(V_{ce}, R_c, E_c)$
- ☞ En utilisant la feuille de calcul, créer la nouvelle variable  $I_{cd} = g(V_{ce}, R_c, E_c)$  pour  $E_c = 5 \text{ V}$ .
- ☞ Visualiser la droite de charge sur le réseau de caractéristiques  $I_c = f(V_{ce})$ .
- ☞ Déduire les coordonnées du point de fonctionnement ( $I_{c0}, V_{ce0}$ ) pour une valeur donnée du courant  $I_B$  (20  $\mu\text{A}$  par exemple).
- ☞ Régler  $I_B$  à 20  $\mu\text{A}$  puis mesurer les valeurs ( $I_{c0}, V_{ce0}$ ) avec le multimètre CL2T. Comparer ces mesures avec les valeurs obtenues sur la caractéristique. Conclure.
- 🔗 Comment varie la position du point de fonctionnement lorsque le courant  $I_B$  varie ?

### 9.2.2 Caractéristique de transfert : $I_c = f(I_B)$ à $V_{ce} = cte$

☞ Déterminer graphiquement les valeurs de  $I_c$  correspondant aux différentes valeurs de  $I_B$  pour une valeur constante de  $V_{ce}$  ( $V_{ce} = 3 \text{ V}$  par exemple)

$I_B$ ( $\mu\text{A}$ )	0	20	40	60	80	100
$I_c$ (mA)						

- ☞ Tracer la caractéristique de transfert  $I_c = f(I_B)$  et déduire le gain en courant  $\beta = \frac{I_c}{I_B}$  dans le zone linéaire de la courbe.
- 🔗 Comparer avec la valeur donnée par le constructeur (DC current gain).

## 9.3 Application : Interrupteur commandé

Le fonctionnement du transistor bipolaire en régime de blocage-saturation est à la base de l'électronique numérique. Le régime de fonctionnement bloqué a aussi des applications importantes en amplification de puissance (ampli de classe B) et dans les interrupteurs commandés (alimentation à découpage, hacheur... ). Nous proposons d'aborder simplement le fonctionnement du transistor bipolaire en régime dit de commutation : Bloqué - Saturé.

### 9.3.1 Point de fonctionnement

- 🔗 Indiquer sur la caractéristique  $I_c = f(V_{ce})$  où doit se trouver le point de fonctionnement pour avoir le régime de fonctionnement bloqué ( $I_C = 0$ ) puis saturé ( $V_{ce} = 0$ ).
- 🔗 Comment se comporte le transistor dans ces deux cas ? Conclure.

### 9.3.2 Montage

- Le montage de base pour l'utilisation du transistor bipolaire en régime de commutation est le suivant (figure 11.1). Réaliser ce montage avec :  $V_e(t)$  est une tension carré d'amplitude  $6 V_{pp}$  et de fréquence 10 kHz ;  $R_b = 10\text{ k}\Omega$  ;  $E_c = 5\text{ V}$  et  $R_c = 1\text{ k}\Omega$ .

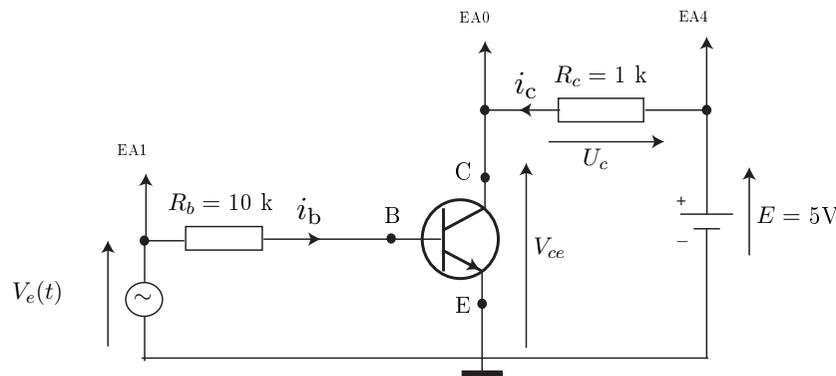


FIGURE 9.4 – Transistor en mode de commutation.

- Visualiser la tension  $U_c$  aux bornes de  $R_c$  et la tension de commande  $V_e(t)$ . Expliquer le fonctionnement de ce circuit.
- Définir le rapport cyclique  $\alpha$  d'une tension carrée. Calculer la valeur moyenne de la tension  $U_c$  en fonction du rapport cyclique de la tension de commande  $V_e(t)$ .
- Mesurer la valeur moyenne de la tension  $U_c$  pour différentes valeurs du rapport cyclique  $\alpha$  (DtyCyc) de la tension  $V_e$ .

$\alpha$ (%)	20	40	60	80
$\langle U_c \rangle$ (V)				

- Tracer la courbe  $\langle U_c \rangle = f(\alpha)$ . Conclure.

## 9.4 Identification du transistor et de ses différentes broches

La schématisation du transistor par deux diodes (deux jonctions PN ou NP) en série permet de proposer des méthodes simples pour identifier les broches E, B et C.

Pour procéder à l'identification des broches, on utilisera le multimètre en position testeur de diode. Ce dispositif envoie un courant électrique d'une intensité  $i$  égale à un milliampère ( $i$  sort en général par la borne rouge du multimètre) et mesure la tension qui en résulte au borne du dipôle testé. les dipôles testés seront les couples de broches EC, EB et BC.

### 9.4.1 Identification de la base B

- A l'aide du testeur de diode, chercher les couples de broches qui ne se laissent pas traverser par le courant d'intensité  $i$ , quel que soit le sens du branchement. La broche restante est obligatoirement la base. Expliquer.

### 9.4.2 Identification de la nature du transistor

- ☞ Positionner la borne rouge du testeur sur la broche identifiée comme étant la base. En positionnant la borne noire sur une des deux autres broches, si il est possible de lire une tension sur le testeur, le transistor est NPN si non il est PNP et il faut inverser le sens des bornes. Expliquer.

### 9.4.3 Identification de l'émetteur E et du collecteur C

- ☞ L'émetteur E est plus dopé que le collecteur C , donc la tension seuil de la jonction BE est plus grande que celle de la jonction BC. Identifier l'émetteur et le collecteur des transistors bipolaires NPN et PNP disponibles.