

CARACTERISTIQUES D'UN TRANSISTOR NPN AU SILICIUM

TRAVAUX PRATIQUES N°7

S. Joly – 10/07/2020 – rev. 4

1. Généralités et conditions expérimentales

Le transistor est un élément clef de l'électronique. Il peut amplifier un signal (amplificateur de tension, de courant, de puissance, ...), être utilisé comme une source de courant...etc. Peu à peu supplanté par le transistor MOS depuis quelques années, le transistor bipolaire n'est quasiment plus utilisé dans l'électronique contemporaine. Toutefois, il reste utilisé dans les domaines comme les hyperfréquences et reste l'une des structures de base des composants actifs que l'on retrouve dans des composants comme l'IGBT ou la famille des thyristors.

Le transistor bipolaire est réalisé généralement par la technique de diffusion dans le silicium, contient deux jonctions PN très proches l'une de l'autre, créées dans un même monocristal et séparées par la « Base ».

Dans le cas d'un **transistor NPN** (voir Figure1 ci-dessous), les trois régions limitées par les jonctions sont : l'**Emetteur** de type N, la **Base** de type P et le **Collecteur** de type N. Ce composant peut se trouver dans trois états distincts de polarisation, correspondant à des applications différentes : polarisation normale (**régime linéaire**), **blocage** ou **saturation**.

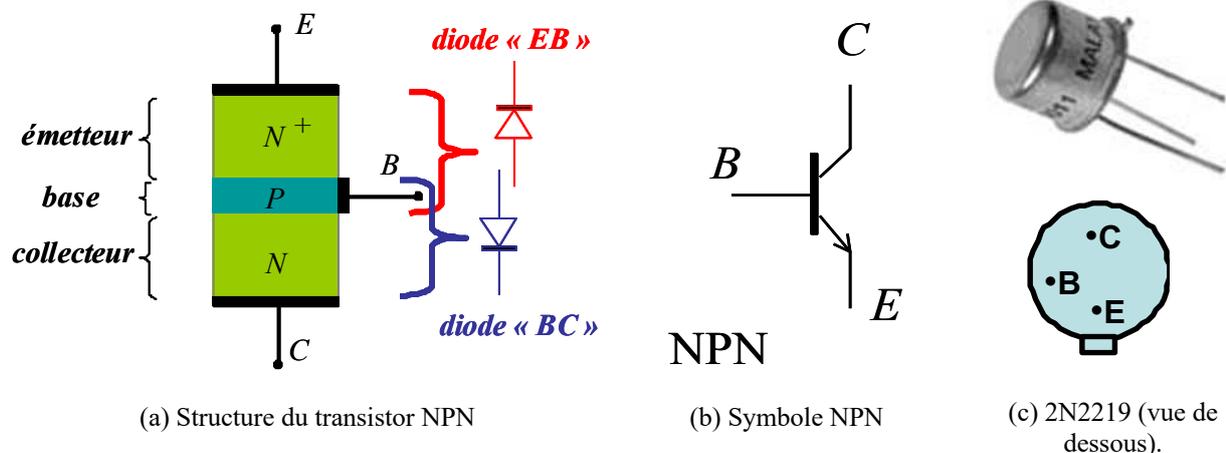


Figure 1 : Présentation du transistor bipolaire (2N2219)

Le but de cette manipulation consiste à :

- Relever et analyser les caractéristiques statiques d'un transistor NPN au silicium de type 2N2219A qui vont permettre de comprendre le fonctionnement du transistor bipolaire au travers des phénomènes physiques mis en jeu lors de son fonctionnement.
- Déterminer pour les petites variations autour d'un point de repos, les paramètres de son schéma équivalent qui est essentiel pour analyser sa fonction amplificatrice.

Liste du matériel utilisé :

- Platine de test Jeulin (voir Figure 2)
- Composants en boîtier : Transistor 2N2219, résistance 10k Ω et résistance variable 100k Ω
- Alimentation symétrique HAMEG 8040, +15V/-15V,
- 2 Multimètres METRIX MX 5060



Figure 2 : Platine de test sécurisé, composants en boîtier UME (ici LED rouge et photodiode)

2. CARACTERISTIQUES STATIQUES

Pour obtenir les caractéristiques statiques essentielles du transistor, réaliser sur la maquette le montage de la Figure 3 suivant :

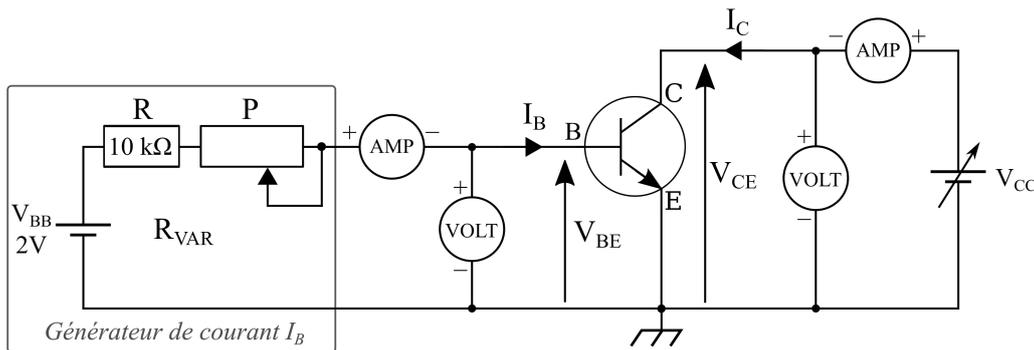


Figure 3 : Schéma permettant de mesurer I_C (V_{CE}) et I_B (V_{BE})

- La variation du courant continu de base I_B est assurée par la tension d'alimentation V_{BB} fixée à 2V (mais il est éventuellement possible de varier cette valeur) associée à R de 10 K Ω en série avec une résistance variable P de 100 k Ω . Ce montage a pour fonction d'exciter la base du transistor par un générateur de courant.
- L'alimentation V_{CC} (variable de 0 à 10 V) permet de faire évoluer le courant de collecteur I_C du transistor et la tension V_{CE} .

2.1. CARACTERISTIQUES DE SORTIE : $I_C = f(V_{CE})$ à I_B constant

- 2.1.1. Relever sur le papier millimétré quatre courbes du réseau de sortie du transistor à I_B constant à savoir : $I_B = 80, 60, 40, 20$ et $0 \mu A$ pour une tension V_{CE} variant de 0 à 10 V.
- 2.1.2. Expliquer le fonctionnement du transistor et les éléments du schéma équivalent fourni page suivante à partir des caractéristiques de sortie dans la zone de plateau.

2.2. CARACTERISTIQUE D'ENTREE : $I_B = f(V_{BE})$ à V_{CE} constante

- 2.2.1. Relever soigneusement sur du papier millimétré la caractéristique d'entrée pour une tension V_{CE} de 5 V maintenue constante. Le courant de base maximum I_B max est fixé à $100 \mu A$.
- 2.2.2. Que pouvons-nous dire de la caractéristique d'entrée ? Donner la valeur du seuil de conduction de la jonction base-émetteur.

2.3. CARACTERISTIQUE DE TRANSFERT : $I_C = f(I_B)$ à V_{CE} constant

2.3.1. A l'aide du réseau de sortie, construire point par point la caractéristique de transfert pour une tension V_{CE} constante de 5 V.

2.3.2. Déterminer sur ce graphe, le gain en courant du transistor : $\beta = I_C / I_B$. Commenter le graphe.

3. PARAMETRES DU SCHEMA AUX PETITES VARIATIONS

Les courants et les tensions continus (écrites en majuscules) du transistor sont fixés par un circuit électrique extérieur dit de polarisation (voir cours et T.D.). Autour du point de repos, pour de **petites variations** (écrites en minuscules), le comportement du transistor est représenté par le schéma linéaire suivant :

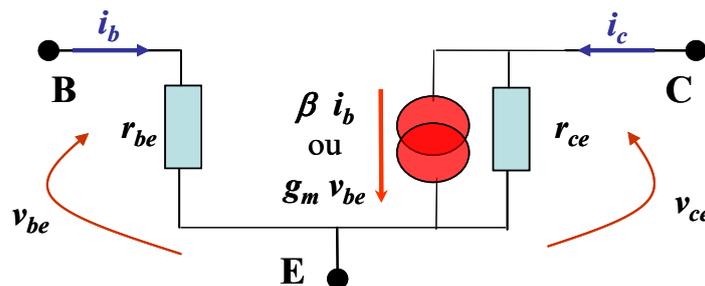


Figure 3 : Modèle dynamique

- Le circuit d'entrée reliant les variations du courant de base i_b à celles de la tension v_{be} est représenté par une résistance r_{be} qui correspond en fait à la résistance dynamique de la jonction base-émetteur.
- Le circuit de sortie reliant les variations du courant de collecteur i_c à celles de la tension v_{ce} est représenté par un générateur de courant dépendant de l'entrée nommé $g_m v_{be}$ ou βi_b de résistance interne r_{ce} (g_m représente la transconductance du transistor. β est son gain en courant).

Remarque : Ce schéma équivalent pour de petites variations sera essentiel pour déterminer les performances d'un étage amplificateur.

3.1. Choisir un point de fonctionnement P_0 tel que : $V_{CE0} = 5 \text{ V}$ et $I_{B0} = 60 \mu\text{A}$.

Autour du point P_0 , déterminer graphiquement la valeur des paramètres r_{be} , r_{ce} et β du transistor en assimilant chaque caractéristique à sa tangente au point de repos :

$$r_{be} = \left(\frac{\partial V_{BE}}{\partial I_B} \right)_{V_{CE} \text{ constant}} \quad r_{ce} = \left(\frac{\partial V_{CE}}{\partial I_C} \right)_{I_B \text{ constant}} \quad \beta = \left(\frac{\partial I_C}{\partial I_B} \right)_{V_{CE} \text{ constant}}$$

En déduire la valeur de la transconductance du transistor : $g_m = \left(\frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}} \right)_{V_{CE} \text{ constant}} = \frac{\beta}{r_{be}}$

3.2. Comparer en dressant un tableau les valeurs expérimentales précédentes aux valeurs théoriques suivantes :

$$r_{be} = \frac{U_T}{I_{B \text{ repos}}} = \beta \frac{U_T}{I_{C \text{ repos}}} \quad g_m = \frac{I_{C \text{ repos}}}{U_T} \quad U_T = 25 \text{ mV à } 25^\circ\text{C}$$

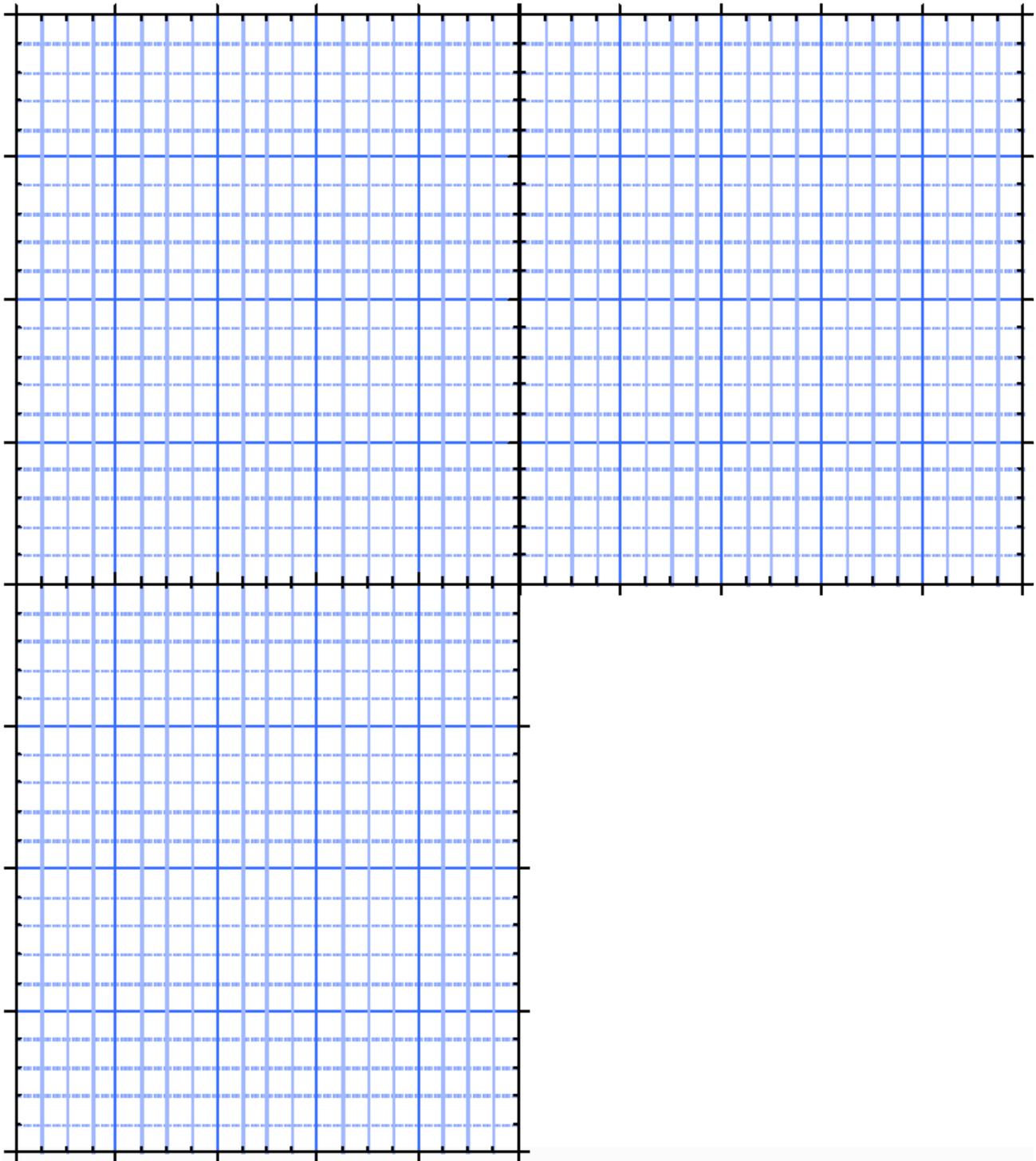
CARACTERISTIQUES D'UN TRANSISTOR NPN AU SILICIUM

GROUPE :

NOMS :

Caractéristiques de transfert

Caractéristiques de sortie



Caractéristique d'entrée