

## TD n°2 : - Électronique analogique - Le transistor bipolaire

### 1. Caractéristiques d'un transistor.

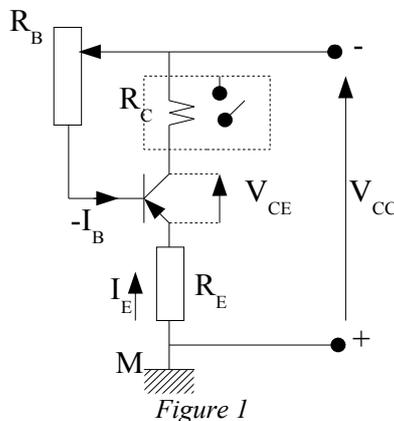
Nous allons ici étudier les caractéristiques du transistor 2N2222. A partir des informations du data sheet, expliquer ce que représente (bien faire la relation avec la physique du semi-conducteur) :

- 1.1.  $V_{CE0}$ ,  $V_{EB0}$ ,  $V_{CB0}$ ,
- 1.2.  $I_C$ ,
- 1.3.  $BV(BR)_{CE0}$ ,  $BV(BR)_{EB0}$ ,  $BV(BR)_{CBO}$ ,
- 1.4.  $I_{CEX}$ ,  $I_{EB0}$ ,  $I_{CB0}$ ,  $I_{BL}$ ,
- 1.5.  $V_{CEsat}$ ,  $V_{BEsat}$ ,
- 1.6. l'ensemble des informations de Spice model.

### 2. Le transistor en courant continu.

On considère le montage d'un transistor PNP -Figure 1- dont le coefficient d'amplification est  $\beta=50$ .  $R_B$  est une résistance pouvant varier entre 100 et 200k $\Omega$ ,  $R_C=2\,000\Omega$  est la résistance de la bobine relais,  $R_E=500\Omega$ ,  $V_{CC}=15V$ . En négligeant le courant résiduel  $I_{CE0}$  et la tension  $V_{BE}$  entre l'émetteur et base et en sachant que l'enclenchement du relais se produit quand la bobine du relais est traversée par un courant minimal égal à 5mA.

- 2.1. Déterminer la valeur minimale de  $I_B$  permettant l'enclenchement du relais.
- 2.2. En déduire la valeur maximale que doit avoir  $R_B$ .
- 2.3. Quelle est alors la valeur de  $V_{CE}$ , tension entre émetteur et collecteur ?
- 2.4. Déterminer les valeurs des courants  $I_B$ ,  $I_C$  et  $I_E$  quand  $R_B = 100\,000\Omega$ .



### 3. Polarisation par pont.

La tension de collecteur  $V_{CE}$  d'un transistor étant maintenue constante est égale à 4,5V, on mesure le courant de collecteur  $I_C$  et le courant de base  $I_B$ , en fonction de la tension de base  $V_{BE}$ . Les résultats sont les suivants :

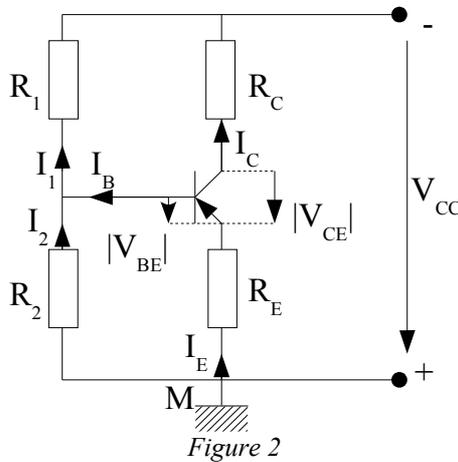
$ V_{BE} $ (mV)	50	100	128	150	160	178	192	204
$I_C$ (mA)	0	0,35	1	2	3	4	5	6
$I_B$ ( $\mu$ A)	0	6,4	18	36	55	73	92	109

- 3.1. Calculer le coefficient d'amplification en courant  $\beta = \frac{I_C}{I_B}$ , et le rapport de transfert de

courant de ce transistor.

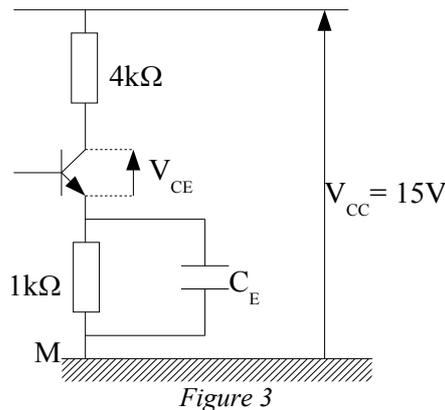
- 3.2. Le transistor précédent est monté en amplificateur, d'après le schéma Figure 2 (les flèches indiquent le sens réel des courants et tensions). On donne  $R_E = 560\Omega$ ,  $R_C = 1\,000\Omega$ ,  $R_2 = 4\,700\Omega$ ,  $V_{CC} = 9V$ . On règle  $R_1$  de façon que la tension de collecteur soit  $|V_{CE}| = 4,5V$ . Indiquer le type de transistor (PNP ou NPN). Calculer  $I_C$ ,  $I_B$ ,  $I_E$ ,  $|V_{BE}|$ ,  $I_2$ ,  $I_1$  et  $R_1$ .
- 3.3. On admet que le courant  $I_C$  suit une loi de la forme  $I_C = \beta \cdot I_B + \beta \cdot I_{CB0}$ .  $I_{CB0}$  étant la valeur du courant  $I_C$  quand  $I_E = 0$  (un fil coupé). Ce courant augmente avec la température et cette variation sera notée  $\Delta I_{CB0}$ . En appliquant le théorème de Thévenin au générateur qui produit le courant  $I_B$ , écrire la loi d'Ohm pour le circuit d'entrée du transistor.
- 3.4. En déduire une expression littérale du courant  $I_B$  dans ce circuit et la valeur du coefficient de

stabilisation en température 
$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_{CB0}}$$
.



**4. Droites de charges.**

- 4.1. On réalise le montage de la Figure 3, où  $R_C = 4k\Omega$  et  $R_E = 1k\Omega$ . Tracer les droites de charge  $\Delta_C$  pour le continu et  $\Delta_a$  pour l'alternatif. On veut que pour le point de repos  $I_C = 1,5mA$  ( $I_B$  sera considéré comme négligeable).



- 4.2. On réalise maintenant le montage de la Figure 4. Même questions que précédemment avec cette fois un point de repos  $V_{CE} = -3V$ .

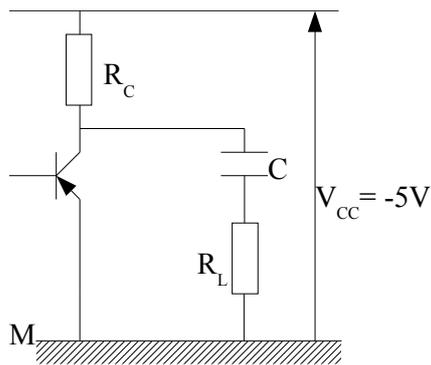


Figure 4

4.3. On réalise un montage collecteur commun (uniquement pour l'alternatif, Figure 5). On a  $R_E = 4k\Omega$  et  $R_L = 1k\Omega$ . Tracer la droite de charge  $\Delta_C$  pour le continu. Placer le point de repos M et  $\Delta_a$  de façon que l'amplitude puisse être maximale en classe A.

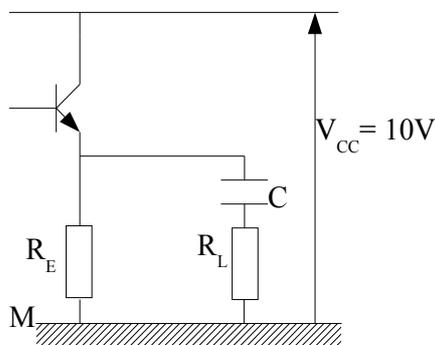


Figure 5

4.4. Le transistor est connecté à l'alimentation par un transformateur conformément à la Figure 6. On suppose que le transformateur est parfait (la résistance de son primaire est négligeable en continu). Le rapport de transformation est  $m = \frac{n_2}{n_1}$ . La charge est  $R_u$ . Tracer  $\Delta_C$  et  $\Delta_a$ .

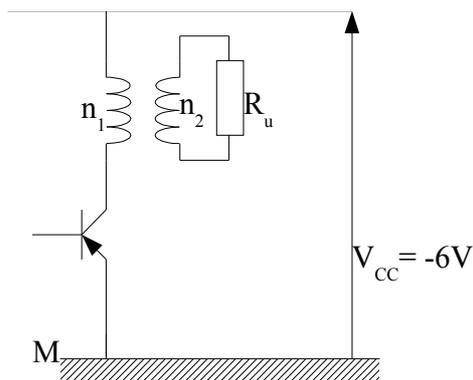


Figure 6

**5. Etude statique d'un montage émetteur commun.**

Soit le montage émetteur commun suivant :

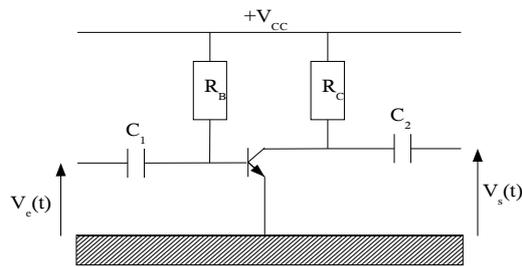
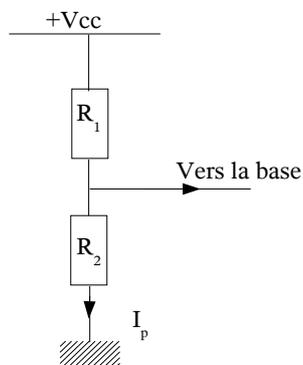


Figure 7

avec  $V_{CC} = 12V$  et  $R_C = 1.2k\Omega$

- 5.1 Déterminer l'équation de la droite de charge statique (D) et tracer (D) dans le réseau statique du transistor.
- 5.2 Appliquer la règle de la « demi-alimentation » pour choisir le point de fonctionnement  $M_0$ . Quel est son intérêt?
- 5.3 En déduire la valeur de  $R_B$  avec les coordonnées du point de fonctionnement sur le réseau de caractéristiques.
- 5.4 On remplace  $R_B$  par un pont de polarisation. En supposant que  $I_p = 5I_{B0}$ , calculer les valeurs de  $R_1$  et  $R_2$  pour obtenir la même position de  $M_0$ .



- 5.5 Calculer sur le réseau de caractéristiques  $\alpha$  et  $\beta$ . Comment évolue  $\beta$  en fonction des coordonnées du point de fonctionnement.

**6. Régimes de fonctionnement du transistor bipolaire**

Déterminer le régime de fonctionnement du transistor dans les deux montages suivants :

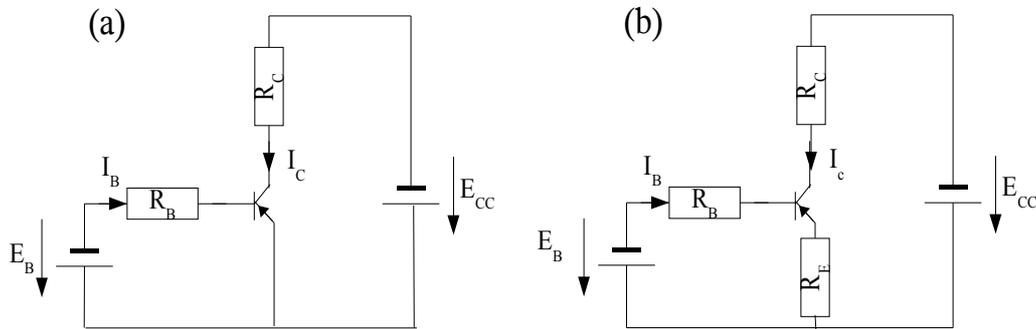


Figure 8

Avec  $E_B = 5V$ ,  $E_{CC} = 10V$ ,  $R_B = 50k\Omega$ ,  $R_C = 3k\Omega$ ,  $R_E = 2k\Omega$

Sur les feuilles des caractéristiques du transistor, fournies par le fabricant, on lit :

- transistor PNP au silicium ;
- $h_{FE} = \beta = 100$  ;
- à la saturation, on a  $(V_{CE})_{sat} = -0.2V$  et  $(V_{BE})_{sat} = -0.8V$ .