

Prénom: **THÉO**Nom: **DENIS**NOMA: **27411800**

Travail 3

Transistor bipolaire : Analyse DC et AC

Soit l'amplificateur bipolaire représenté à la Fig. 3.1, où le signal du générateur est noté v_{SIG} , l'entrée est notée v_{IN} et la sortie est notée v_{OUT} .

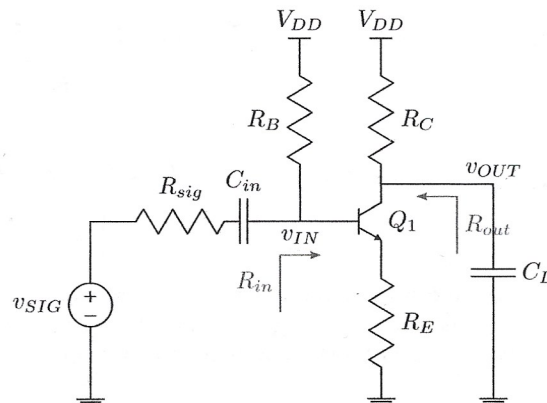


Fig. 3.1 – Schéma du circuit de l'amplificateur bipolaire.

La tension d'alimentation est $V_{DD} = 5$ [V] et le transistor est un bipolaire BC107B. Les capacités du montage valent respectivement $C_{in} = 1$ [μ F] et $C_L = 0.1$ [μ F]. La résistance de base vaut $R_B = 168$ [k Ω] et la résistance de générateur $R_{sig} = 100$ [Ω]. On considère par ailleurs 3 cas pour les valeurs des résistances R_E et R_C :

1. $R_E = 50$ [Ω] et $R_C = 330$ [Ω].
2. $R_E = 10$ [k Ω] et $R_C = 3.3$ [k Ω].
3. $R_E = 10$ [M Ω] et $R_C = 1$ [k Ω].

Analyse DC

1. Sur base du schéma de l'amplificateur de la Fig. 3.1

- Donnez le type de transistor utilisé ?

Bipolaire NPN

- Identifiez les bornes du transistor auxquelles correspondent v_{IN} et v_{OUT} ?

v_{in} : Base / v_{out} : Collecteur

- Identifiez la configuration d'amplificateur utilisée ?

Emetteur commun (entrée sur base, sortie sur collecteur)

Prénom: THÉO

Nom: DENIS

NOMA: 2741-1800

- Donnez les conditions de polarisation pour placer le transistor en régime actif. Sur base de simulations Spice, identifiez ensuite dans quelle régime se trouve le transistor pour les 3 choix de résistances de polarisation proposés.

Pour être en régime actif : $V_{BE} < 0,4V$, $V_{BE} \approx 0,7V$, $V_{CE} > 0,3V$

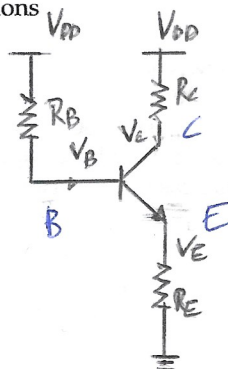
1) $R_E = 50\Omega$ et $R_C = 330\Omega$: Actif ($V_{BE} = 0,7V$, $V_{CE} = 2,28V$)

2) $R_E = 10k\Omega$ et $R_C = 3,3k\Omega$: Saturé ($V_{BE} = 0,47V$, $V_{CE} = 0,16V$)

3) $R_E = 10M\Omega$ et $R_C = 1k\Omega$: Cut-off ($V_{BE} = 0,31V$, $V_{CE} = 0,31V$)

2. Pour le cas où le transistor se trouve en régime actif, donnez toutes les équations qui permettent de calculer les courants et tensions du montage. Comparez ensuite avec les valeurs Spice extraites au travers d'une simulation du point de fonctionnement DC (.op).

Equations



$$\begin{cases} I_B = \frac{V_{DD} - V_B}{R_B} \\ I_C = \beta I_B = \frac{V_{DD} - V_C}{R_C} \\ I_E = (\beta + 1) I_B = \frac{V_E}{R_E} \\ V_B - V_E = 0,7 \end{cases}$$

Avec $\beta = 313$ (Prio sur Spice)

Les valeurs sont proches, avec un maximum d'écart de 1,2% pour les valeurs de V_B

Point de polarisation

Grandeur	Unité	Valeur calculée	Valeur simulée sur Spice
I_B	μA	23,41	23,32
I_C	mA	7,33	7,30
I_E	mA	7,35	7,33
V_B	V	1,068	1,081
V_C	V	2,58	2,59
V_E	V	0,368	0,366

Prénom: THEO

Nom: DENIS

NOMA: 274-1800

Analyse AC

3. Donnez les équations des paramètres petit signal g_m , r_o , r_π et r_e du transistor bipolaire et estimez leurs valeurs numériques. Comparez avec les valeurs extraites de Spice.

Formules

$$g_m = \left. \frac{\partial I_c}{\partial V_{BE}} \right|_{I_c = I_c} = \frac{I_c}{V_T}$$

$$r_\pi = \frac{V_{BE}}{I_b} = \frac{\beta}{g_m}$$

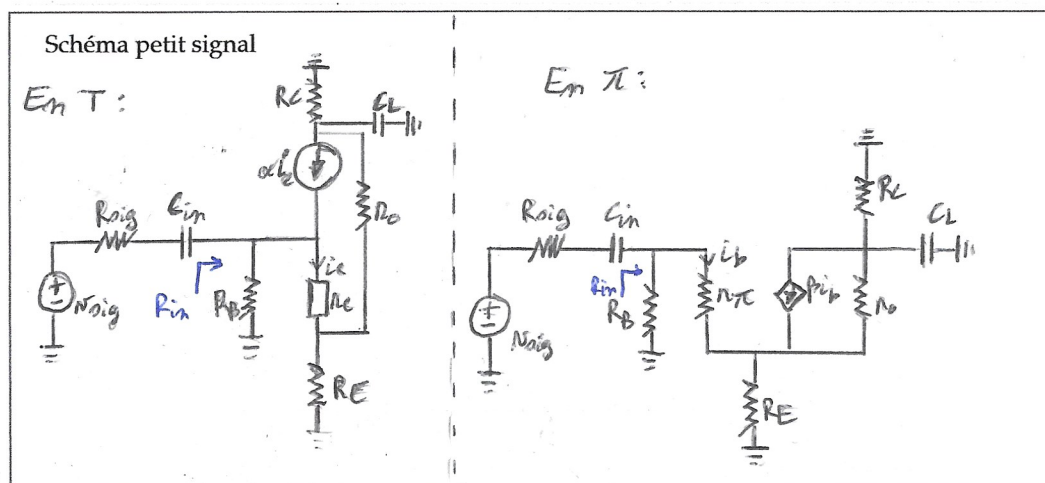
$$\beta = \beta_{AC} = 335 \text{ (valeur de LTSpice)}$$

$$r_o = \frac{1}{g_o} = \frac{V_A}{I_c}$$

$$r_e = \frac{V_{BE}}{I_e} = \frac{\alpha}{g_m} \text{ ou } \alpha = \frac{\beta}{\beta+1} \text{ et } V_T = 26 \text{ mV}$$

Grandeur	Unité	Valeur calculée	Valeur simulée sur Spice
g_m	mS	282	282
r_o	k Ω	8,13	8,36
r_π	k Ω	1,19	1,19
r_e	Ω	3,53	3,53

4. Dessinez le schéma petit signal du circuit d'amplification. Calculez les résistances d'entrée (par rapport à v_{IN}) et de sortie de l'amplificateur. Calculez les gains petit signal $\frac{v_{out}}{v_{in}}$ et $\frac{v_{out}}{v_{sig}}$ dans la bande passante.



Résistances d'entrée et de sortie du circuit d'amplification

Néglige effet Early : $r_o = \infty$

$$R_{in} = \left. \frac{v_{in}}{i_{in}} \right|_{R_L = \infty} \rightarrow i_{in} = (1-\alpha) i_{in} + \frac{v_{in}}{R_B} \Rightarrow \frac{v_{in}}{R_{in}} = \frac{R_B (r_e + R_E)}{r_e + R_E + (1-\alpha) R_B}$$

$$R_{out} = \left. \frac{v_{out}}{i_{out}} \right|_{v_{in} = 0} \rightarrow R_{out} = R_C$$

$$\begin{cases} R_{in} = 16,25 \text{ k}\Omega \\ R_{out} = 330 \Omega \end{cases}$$

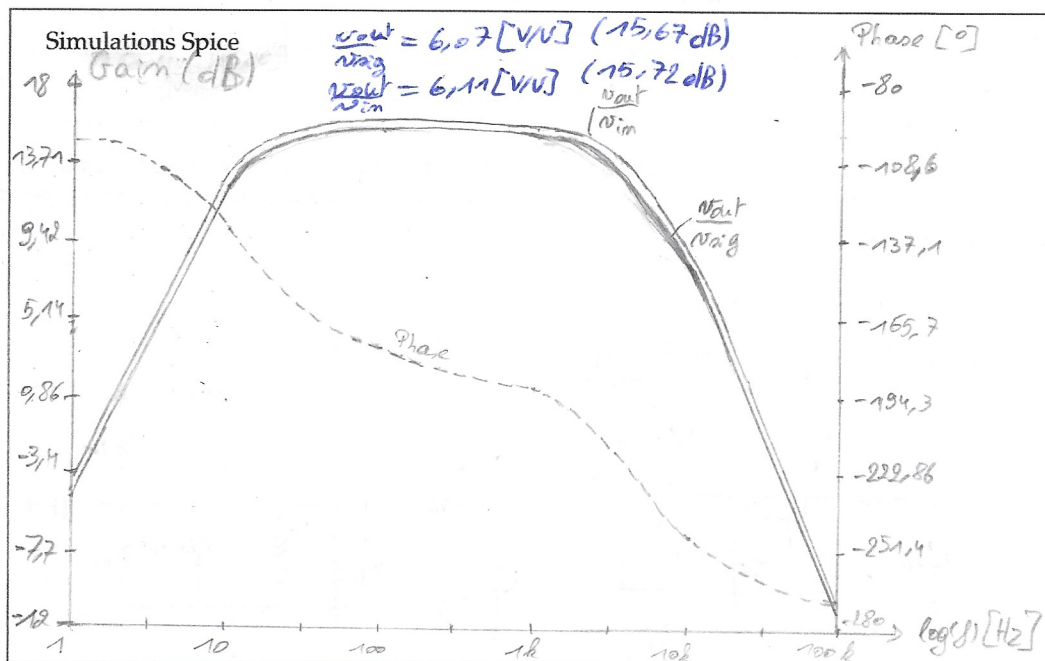
Gains en tension

Néglige effet Early : $r_o = \infty$

$$v_{out} = -R_c \times i_c = -R_c \times \frac{v_{in}}{r_e + R_E} \Rightarrow \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{-R_c}{r_e + R_E} = -6,15 \text{ V/V}$$

$$v_{in} = v_{sig} \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} \Rightarrow \frac{v_{out}}{v_{sig}} = \frac{-R_c}{r_e + R_E} \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} = -6,10 \text{ V/V}$$

5. Simulez en AC et tracez le diagramme de Bode des gains (du montage et du circuit) en fonction de la fréquence avec une source de tension AC (v_{SIG} appliquée via une capacité de découplage de 1 μF) et une charge capacitive de 100 nF (entre v_{OUT} et la masse). Comparez avec vos calculs de l'exercice précédent. Calculez aussi les limites haute et basse de la bande passante.



Limites de la bande passante

Limite basse due à C_{in} ; néglige Early :

$$f_L = \frac{1}{2\pi(R_{sig} + R_{in})C_{in}} = 9,73 \text{ Hz} \quad (C_L \text{ en C.C., } v_{sig} = 0)$$

Limite haute due à C_L ; néglige Early :

$$f_H = \frac{1}{2\pi R_{out} C_L} = 4,86 \text{ kHz} \quad (C_{in} \text{ en C.C., } v_{sig} = 0)$$