

## Série 2 solution :

### Exercice 1

On considère les trois amplificateurs fondamentaux à un transistor bipolaire représentés aux figures a), b) et c). On demande pour chacun d'entre eux de:

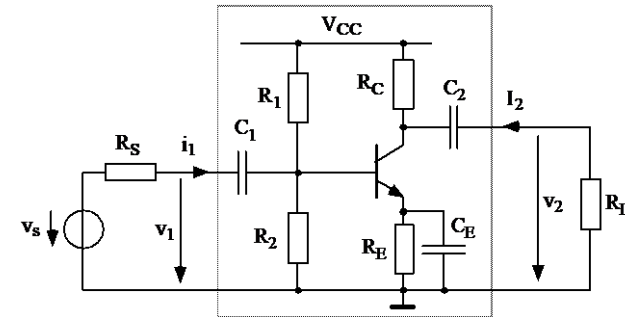
- 1) Calculer le courant de polarisation  $I_{C0}$  (courant de collecteur au repos, c.à.d. lorsque  $v_s = 0$ ).
- 2) Dessiner le circuit équivalent pour petits signaux en bande passante (c. à d. en considérant les capacités comme des court-circuits).
- 3) Calculer pour chaque amplificateur:
  - le gain en tension  $A_v = \frac{v_2}{v_1}$  lorsque l'amplificateur est chargé par  $R_L$
  - la résistance d'entrée  $R_{in} = \frac{v_1}{i_1}$  lorsque l'amplificateur est chargé par  $R_L$
  - la résistance de sortie  $R_{out} = \frac{v_2}{i_2}$  lorsque l'entrée est fermée sur la résistance de source  $R_s$

Valeurs numériques:

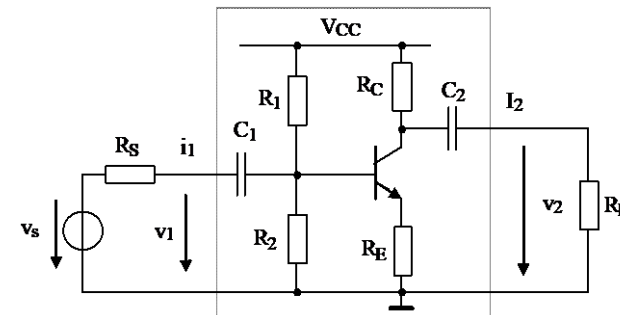
$V_{CC} = 10 \text{ V}$ ,  $R_1 = 56 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 27 \text{ k}\Omega$ ,  $R_E = 2.2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_C = 2.7 \text{ k}\Omega$ ,  $R_s = 600 \Omega$ ,

$R_L = 10 \text{ k}\Omega$ , Transistor:  $\beta = 200$ ,  $V_A = 100 \text{ V}$  (tension Early à considérer comme infinie par simplification c.à.d.  $1/g_{ce} \rightarrow \infty$ ).

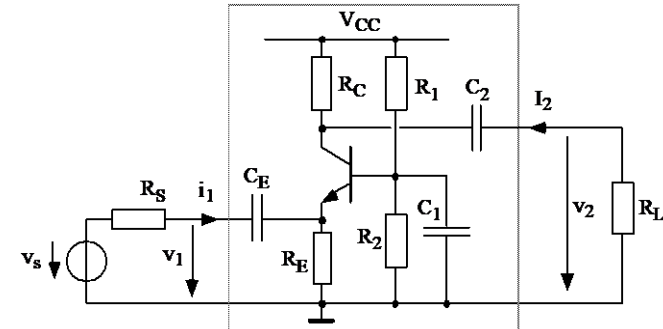
### a) Emetteur Commun



### b) Emetteur Commun Dégénéré



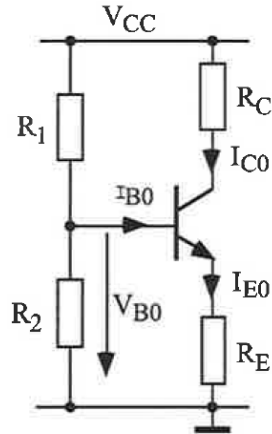
### c) Base Commune



## EXERCICE 1

### Polarisation

Le schéma pour la polarisation (grandeurs continues) est le même pour les trois montages



Comme le gain en courant  $\beta$  du transistor est  $\gg 1$ , on admet que:

$$I_{C0} = \frac{\beta}{\beta+1} I_{E0} \approx I_{E0}$$

Si le courant au travers de diviseur constitué de  $R_1$  et  $R_2$  est  $\gg I_{B0}$ , alors on peut négliger ce courant de base, d'où:

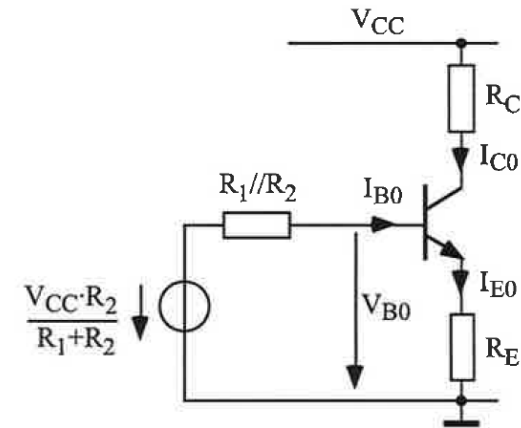
$$V_{B0} \approx V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2} = 3.25 \text{ V} \quad V_{E0} = V_{B0} - U_j = 2.55 \text{ V}$$

$$I_{C0} \approx I_{E0} = \frac{V_{B0} - U_j}{R_E} \approx \frac{V_{CC} \cdot R_2 / (R_1+R_2) - U_j}{R_E} = 1.16 \text{ mA}$$

On peut vérifier que:

$$I_{B0} = \frac{I_{C0}}{\beta} = 5.8 \text{ } \mu\text{A} \ll \frac{V_{CC}}{R_1+R_2} = 120 \text{ } \mu\text{A}$$

Si l'on veut tenir compte du courant de base, on remplace le diviseur résistif formé de  $R_1$  et  $R_2$  par son équivalent de Thévenin:



$$V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2} = (R_1 // R_2) \cdot I_{B0} + U_j + R_E \cdot I_{E0} = (R_1 // R_2) \cdot \frac{I_{C0}}{\beta} + U_j + R_E \cdot I_{C0}$$

$$I_{C0} \approx \frac{V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2} - U_j}{R_E + \frac{R_1 // R_2}{\beta}} = 1.11 \text{ mA}$$

### Paramètres petits signaux

De la valeur de  $I_{C0}$  on tire:

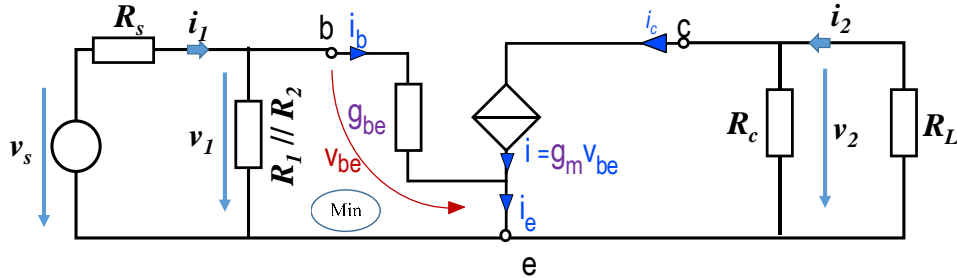
$$g_m = \frac{I_{C0}}{U_T} \quad g_{be} = \frac{g_m}{\beta} \quad g_{ce} = \frac{I_{C0}}{V_{CE0} + V_A} \approx \frac{I_{C0}}{V_A}$$

On constate bien que  $g_m \gg g_{be} \gg g_{ce}$

$$g_m = 43 \text{ mA/V}, \quad g_{be} = 215 \text{ } \mu\text{A/V} \quad \text{et} \quad g_{ce} = 11 \text{ } \mu\text{A/V}$$

$$\frac{1}{g_m} = 23 \text{ } \Omega, \quad \frac{1}{g_{be}} = 4600 \text{ } \Omega \quad \text{et} \quad \frac{1}{g_{ce}} = 90 \text{ k}\Omega \rightarrow \infty$$

### a/ Montage Emetteur Commun



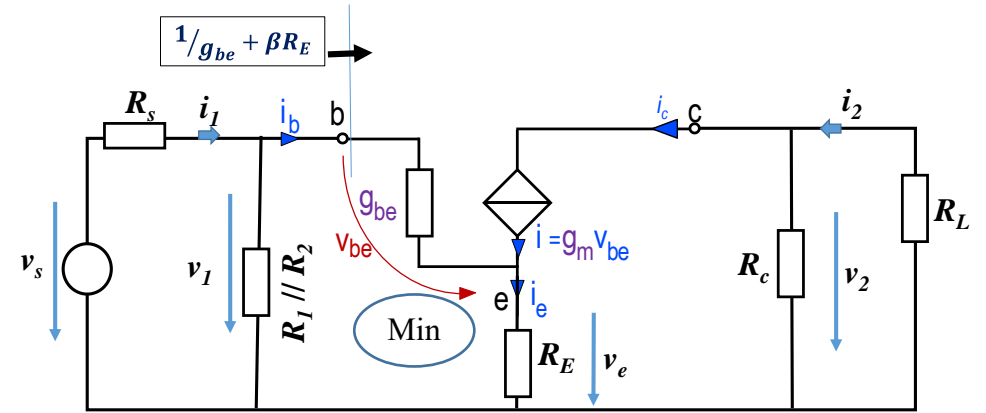
- $A_v = \frac{v_2}{v_1} = \frac{-g_m v_{be} (R_c // R_L)}{v_{be}} = -g_m (R_c // R_L) = -91$
- $R_{in} = \frac{v_1}{i_1} = R_1 // R_2 // \frac{1}{g_{be}} \approx 3.7 \text{ k}\Omega$
- $R_{out} = \frac{v_2}{i_2} \Big|_{v_s=0}, v_s = 0 \rightarrow v_{be} = 0 \rightarrow g_m v_{be} = 0$

En effet, si  $v_s = 0$ , la maille Min donne  $R_s // R_1 // R_2 \cdot i_b + v_{be} = 0$

$$R_s // R_1 // R_2 \cdot i_b + i_b / g_{be} = 0 \rightarrow i_b = 0 \rightarrow v_{be} = 0$$

$$R_{out} = \frac{v_2}{i_2} \Big|_{v_s=0} = R_c = 2.7 \text{ k}\Omega$$

### b/ Montage Emetteur Commun Dégénéré



- $A_v = \frac{v_2}{v_1} = \frac{-i_c (R_c // R_L)}{i_b (1/g_{be} + \beta R_E)} = \frac{-\beta (R_c // R_L)}{(1/g_{be} + \beta R_E)} \approx \frac{-R_c // R_L}{R_E}$

$$A_v = -0.97$$

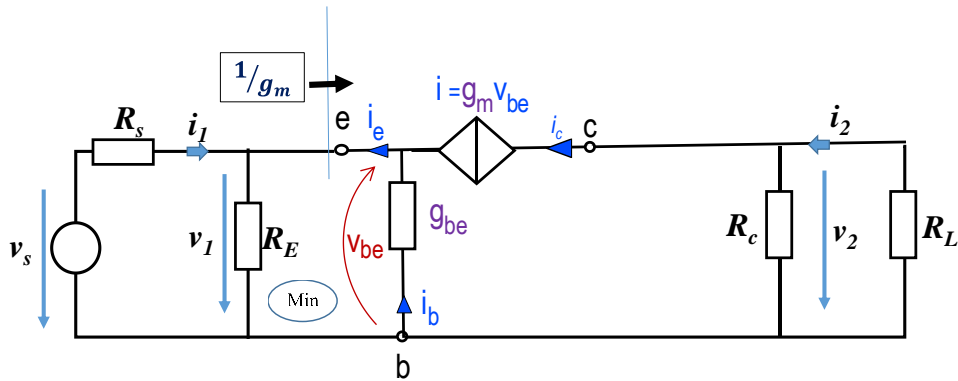
- $R_{in} = \frac{v_1}{i_1} \approx R_1 // R_2 // (1/g_{be} + \beta R_E) \approx 16 \text{ k}\Omega$
- $R_{out} = \frac{v_2}{i_2} \Big|_{v_s=0}, v_s = 0 \rightarrow v_{be} = 0 \rightarrow g_m v_{be} = 0$

En effet, si  $v_s = 0$ , la maille Min donne  $R_s // R_1 // R_2 \cdot i_b + v_{be} + R_E i_e = 0$

$$\rightarrow R_s // R_1 // R_2 \cdot i_b + i_b / g_{be} + R_E (\beta + 1) i_b = 0 \rightarrow i_b = 0 \rightarrow v_{be} = 0$$

$$R_{out} = \frac{v_2}{i_2} \Big|_{v_s=0} = R_c = 2.7 \text{ k}\Omega$$

## c/ Montage Base Commune



- $A_v = \frac{v_2}{v_1} = \frac{-g_m v_{be} (R_c // R_L)}{-v_{be}} = g_m (R_c // R_L) = 91$

- $R_{in} = \frac{v_1}{i_1} = R_E // \frac{1}{g_m} \approx 23 \Omega$

En effet, la résistance vue sur l'émetteur est

$$R = \frac{v_{be}}{i_e} \approx \frac{v_{be}}{i_c} \approx \frac{1}{g_m}$$

- $R_{out} = \left. \frac{v_2}{i_2} \right|_{v_s=0}, v_s = 0 \rightarrow v_{be} = 0 \rightarrow g_m v_{be} = 0$

En effet, si  $v_s = 0$ , la maille Min donne  $R_s // R_E \cdot i_e + v_{be} = 0$

$$\rightarrow R_s // R_E \cdot (\beta + 1)i_b + i_b / g_{be} = 0 \rightarrow i_b = 0 \rightarrow v_{be} = 0$$

$$R_{out} = \left. \frac{v_2}{i_2} \right|_{v_s=0} = R_c = 2.7 k\Omega$$