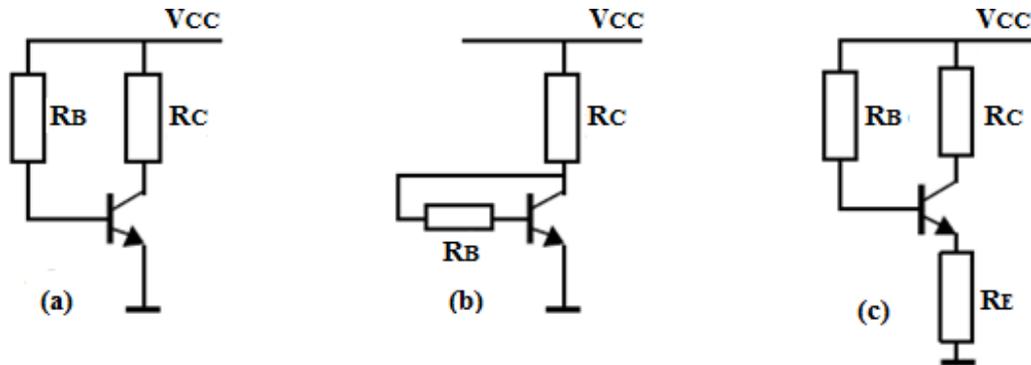


## TD : Transistors bipolaires

### Exercice 1 :

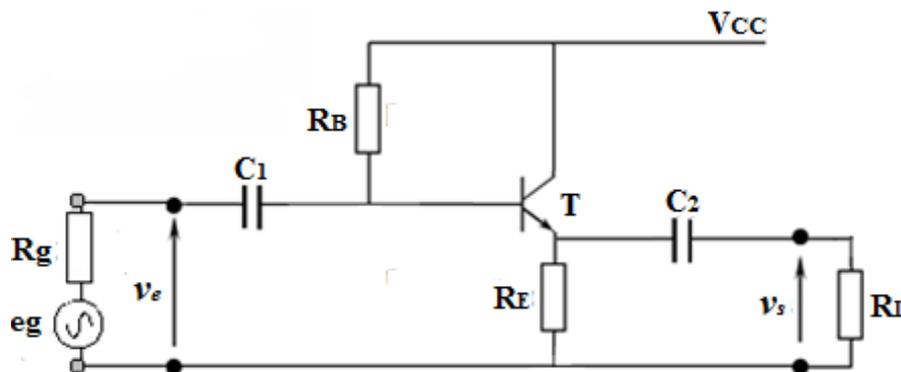
Soit les montages de polarisation d'un transistor représentés ci-dessous. On donne :  $V_{CC} = 15\text{ V}$ ,  $V_{BE} = 0.7\text{ V}$ ,  $R_C = 1\text{ k}\Omega$ ,  $R_B = 220\text{ k}\Omega$ ,  $R_E = 110\ \Omega$ .



1. Pour chacun des trois montages, calculer le courant  $I_C$  pour  $\beta = 100$  puis pour  $\beta = 300$ .
2. Quel est le montage le moins sensible aux variations de  $\beta$  ?

### Exercice 2:

On considère l'amplificateur de la figure suivante. On donne :  $V_{CC} = 15\text{ V}$ ,  $V_{BE} = 0.6\text{ V}$ , et  $\beta = 300$ .



#### I. Etude statique

On désire avoir un point de fonctionnement : ( $V_{CE0} = 6\text{ V}$ ,  $I_{C0} = 3\text{ mA}$ ).

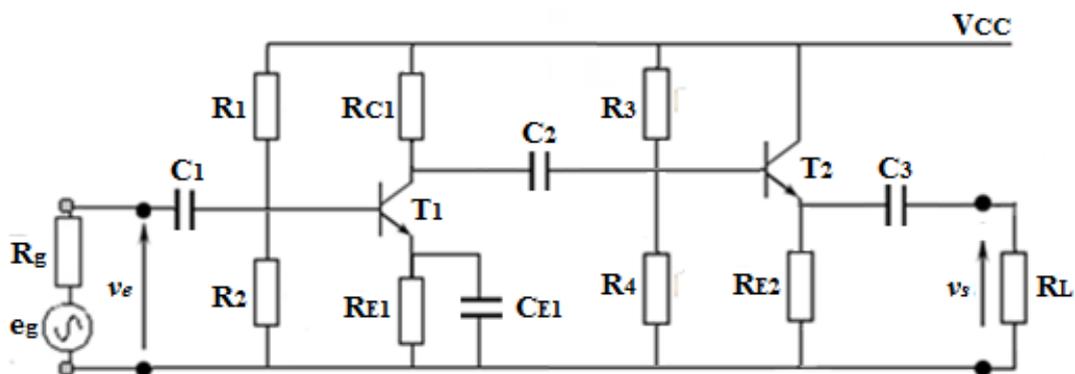
1. Donner le schéma équivalent du montage en régime statique.
2. Calculer les valeurs des résistances  $R_E$  et  $R$ .

## II. Etude dynamique

1. De quel montage s'agit-il ? Justifier.
2. Donner le schéma équivalent du montage dans le domaine des petits signaux aux fréquences moyennes.
3. Déterminer l'expression du gain en tension  $A_v$ .
4. Déterminer l'expression de la résistance d'entrée  $R_e$  du montage vue par le générateur ( $e_g, R_g$ ).
5. Déterminer l'expression de la résistance de sortie  $R_s$  du montage vue par la résistance  $R_L$ .

### Exercice 3 :

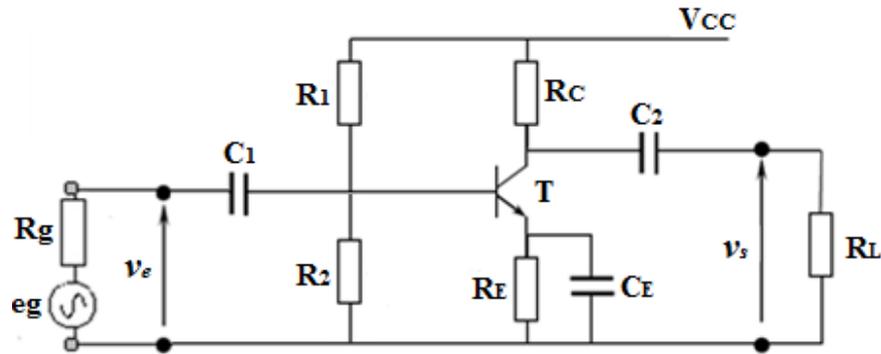
Considérons le montage amplificateur suivant. Les condensateurs se comportent comme des courts-circuits à la fréquence de travail considérée.



1. Dessiner le schéma équivalent aux petites variations du montage.
2. Donner l'expression de la résistance d'entrée  $R_{e2}$  de l'étage  $T_2$  ainsi que son gain en tension  $A_{v2}$ .
3. Donner l'expression de la résistance d'entrée  $R_{e1}$  de l'étage  $T_1$  ainsi que son gain en tension  $A_{v1}$ .
4. Donner l'expression de la résistance d'entrée  $R_e$  du montage complet ainsi que son gain en tension  $A_v$ .
5. Donner l'expression de la résistance de sortie  $R_{s1}$  de l'étage  $T_1$ .
6. Donner l'expression de la résistance de sortie  $R_s$  du montage complet.

**Exercice 4:**

On considère le montage ci-dessous :  $\rho \rightarrow \infty$

**I. Etude statique**

1. Donner le schéma équivalent du montage en régime statique.
2. On néglige  $I_B$  devant  $I$ . Donner l'équation de la droite de charge statique. Tracer cette droite.

**II. Etude dynamique**

1. De quel montage s'agit-il ? Justifier.
2. Donner le schéma équivalent de ce montage dans le domaine des petits signaux aux fréquences moyennes.
3. Déterminer l'expression du gain en tension ( $A$ ). En déduire l'expression du gain en tension à vide ( $A_{v0}$ ).
4. Déterminer les expressions de la résistance d'entrée ( $R$ ) et la résistance de sortie ( $R_s$ ) du montage

## Corrigé TD

## Exercice 1 :

$$V_{CC} = 15 \text{ V}, V_{BE} = 0.7 \text{ V}, R_C = 1 \text{ k}\Omega, R_E = 110 \Omega, R_B = 220 \text{ k}\Omega.$$

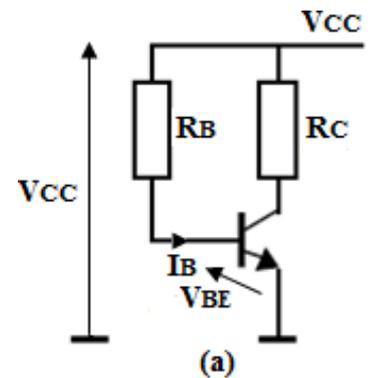
## ✓ Montage (a)

Le circuit d'entrée donne :

$$V_{CC} = R_B I_B + V_{BE}$$

$$I_C = \beta I_B \rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

$$V_{CC} = R_B \frac{I_C}{\beta} + V_{BE} \rightarrow I_C = \beta \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$



$$\beta = 100 \rightarrow I_{C1} = 100 \frac{15 - 0.7}{220 \times 10^3} \rightarrow I_{C1} = 6.5 \text{ mA}$$

$$\beta = 300 \rightarrow I_{C2} = 300 \frac{15 - 0.7}{220 \times 10^3} \rightarrow I_{C2} = 19.5 \text{ mA}$$

Rapport :

$$\frac{I_{C2}}{I_{C1}} = 3$$

✓ **Montage (b)**

Le circuit d'entrée donne :

$$V_{CC} = R_C(I_C + I_B) + R_B I_B + V_{BE}$$

$$V_{CC} = R_C I_C + (R_C + R_B) I_B + V_{BE}$$

$$I_C = \beta I_B \rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta} \rightarrow V_{CC} = R_C I_C + (R_C + R_B) \frac{I_C}{\beta} + V_{BE}$$

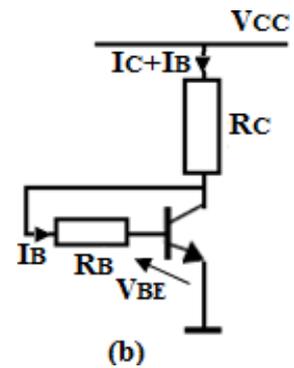
$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + \frac{R_C + R_B}{\beta}}$$

$$\beta = 100 \rightarrow I_{C1} = \frac{15 - 0.7}{10^3 + \frac{221 \times 10^3}{100}} \rightarrow I_{C1} = 4.45 \text{ mA}$$

$$\beta = 300 \rightarrow I_{C2} = \frac{15 - 0.7}{10^3 + \frac{221 \times 10^3}{300}} \rightarrow I_{C2} = 8.23 \text{ mA}$$

Rapport :

$$\frac{I_{C2}}{I_{C1}} = 1.85$$



✓ Montage (c)

Le circuit d'entrée donne :

$$V_{CC} = R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E$$

$$I_E = I_C + I_B \text{ et } I_B = \frac{I_C}{\beta} \rightarrow I_E = \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) I_C$$

$$V_{CC} = R_B \frac{I_C}{\beta} + V_{BE} + R_E \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) I_C$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_E + \frac{R_B}{\beta}}$$

$$\beta = 100 \rightarrow I_{C1} = \frac{15 - 0.7}{110 + \frac{220 \times 10^3}{100}} \rightarrow I_{C1} = 6.19 \text{ mA}$$

$$\beta = 300 \rightarrow I_{C2} = \frac{15 - 0.7}{110 + \frac{220 \times 10^3}{300}} \rightarrow I_{C2} = 16.95 \text{ mA}$$

Rapport :

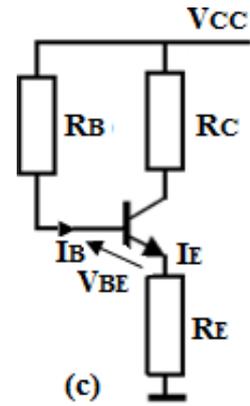
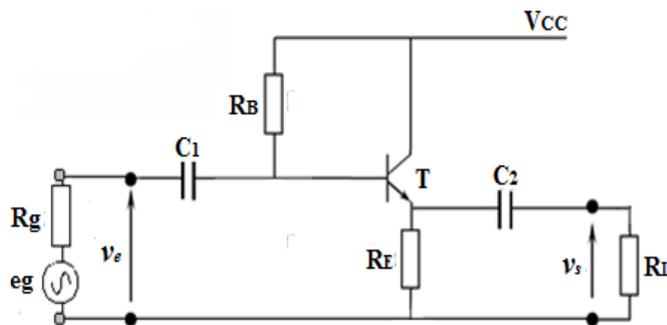
$$\frac{I_{C2}}{I_{C1}} = 2.74$$

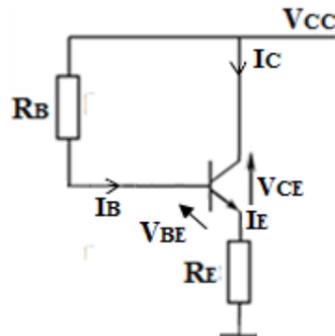
**Conclusion :**

Le montage le moins sensible aux variations de  $\beta$  :  
Montage (b).

**Exercice 2 :**

$$V_{CC} = 15 \text{ V}, V_{BE} = 0.6 \text{ V}, \beta = 300.$$



**I. Etude statique****I.1. Schéma équivalent du montage en régime statique.****I.2. Valeurs des résistances  $R_E$  et  $R_B$ .**Valeur de  $R_E$  :

$$V_{CE0} = 6 \text{ V}, I_{C0} = 3 \text{ mA.}$$

$$V_{CC} = R_E I_E + V_{CE}$$

$\beta = 300$ , on néglige  $I_B$  devant  $I_C$  :  $I_E = I_C + I_B \approx I_C$

$$V_{CC} = R_E I_C + V_{CE} \rightarrow R_E = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} \rightarrow R_E = \frac{V_{CC} - V_{CE0}}{I_{C0}}$$

$$R_E = \frac{15 - 6}{3 \cdot 10^{-3}} \rightarrow R_E = 3 \text{ k}\Omega$$

Valeur de  $R_B$  :

$$V_{CC} = R_B \times I_B + V_{BE} + R_E \times I_C$$

$$I_C = \beta I_B \rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

$$V_{CC} = R_B \times \frac{I_C}{\beta} + V_{BE} + R_E \times I_C$$

$$R_B = \frac{\beta (V_{CC} - V_{BE} - R_E \times I_C)}{I_C} \rightarrow R_B = \frac{\beta (V_{CC} - V_{BE0} - R_E \times I_{C0})}{I_{C0}}$$

$$R_B = \frac{300 (15 - 0.6 - 3 \cdot 10^3 \times 3 \cdot 10^{-3})}{3 \cdot 10^{-3}} \rightarrow R_B = 540 \text{ k}\Omega$$

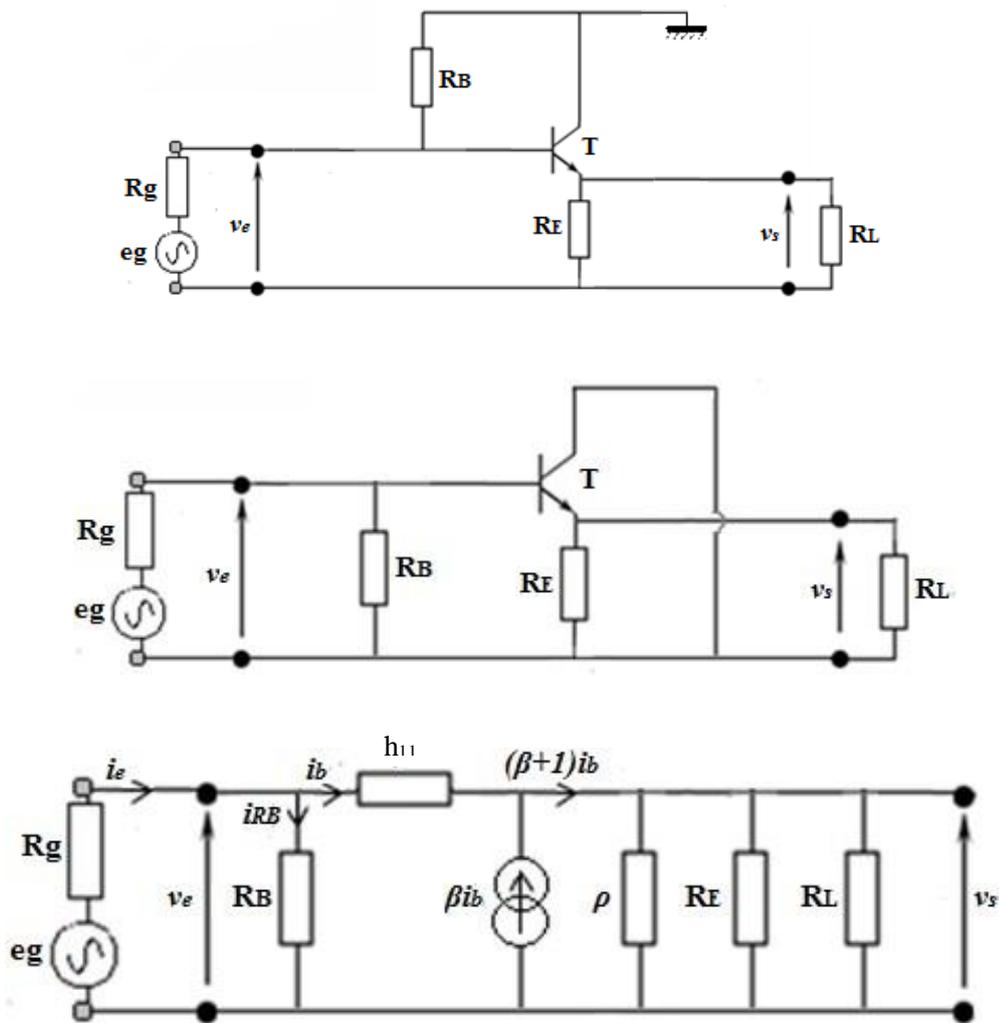
**II. Etude dynamique**

Type du montage ? Justification.

Montage Collecteur -commun.

Justification : Entrée → Base, Sortie → émetteur.

Schéma équivalent du montage dans le domaine des petits signaux aux fréquences moyennes.



Expression du gain en tension  $A_v$ .

$$\begin{cases} v_e = [h_{11} + (\beta + 1)(\rho // R_E // R_L)] i_b \\ v_s = (\rho // R_E // R_L) \cdot (\beta + 1) i_b \end{cases}$$

$$A_v = \frac{v_s}{v_e}$$

$$A_v = \frac{(\beta + 1)(\rho // R_E // R_L)}{h_{11} + (\beta + 1)(\rho // R_E // R_L)}$$

Expression de la résistance d'entrée  $R_e$  du montage vue par le générateur ( $e_g, R_g$ ).

$$R_e = \frac{v_e}{i_e}$$

$$Z_e = R_B // Z_e'$$

$$Z_e' = v_e / i_b$$

$$v_e = h_{11} \cdot i_b + (\beta + 1)(\rho // R_E // R_L) i_b$$

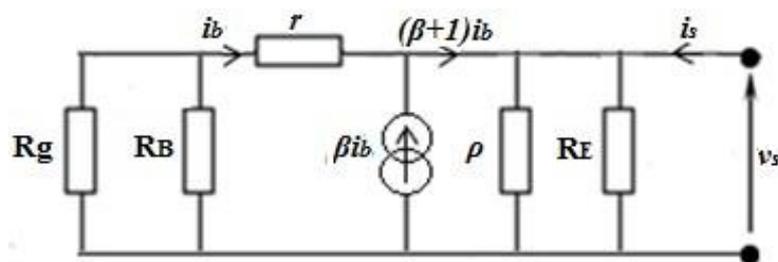
$$Z_e' = h_{11} \cdot i_b + (\beta + 1)(\rho // R_E // R_L) i_b / i_b$$

$$Z_e' = h_{11} + (\beta + 1)(\rho // R_E // R_L)$$

$$\text{Donc : } Z_e = R_B // [h_{11} + (\beta + 1)(\rho // R_E // R_L)]$$

Expression de la résistance de sortie  $R_s$  du montage vue par la résistance  $R_L$ .

$$R_s = \left. \frac{v_s}{i_s} \right]_{e_g=0, L \text{ déconnectée}}$$



$$Z_s = (\rho // R_e) // Z_s^-$$

$$Z_s^- = v_s / i_s^-$$

$$i_s^- = -(\beta + 1) i_b$$

$$Z_s^- = -v_s / (\beta + 1) i_b$$

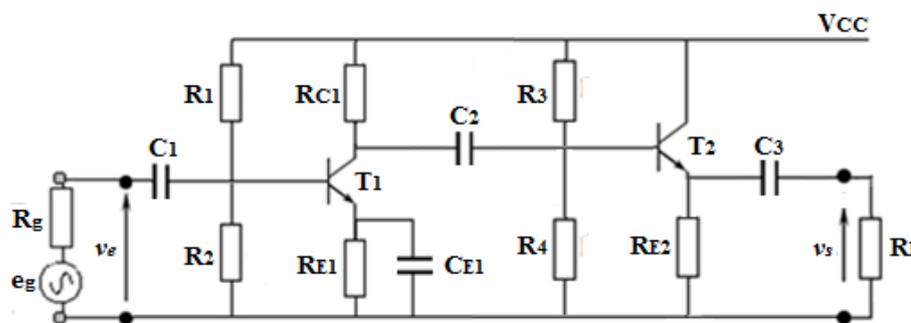
$$V_s = -h_{11} \cdot i_b - (R_g // R_B) i_b$$

$$Z_s^- = -h_{11} \cdot i_b - (R_g // R_B) i_b / -(\beta + 1) i_b = -i_b [h_{11} + (R_g // R_B)] / (\beta + 1)$$

$$Z_s^- = h_{11} + (R_g // R_B) / (\beta + 1)$$

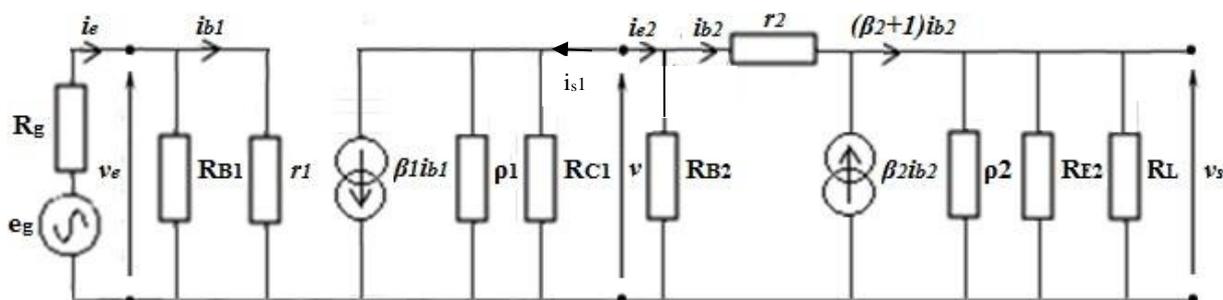
Donc :  $Z_s = (\rho // R_e) // ([h_{11} + (R_g // R_B)] / (\beta + 1))$

**Exercice3 :**



Les condensateurs se comportent comme des courts-circuits à la fréquence de travail considérée.

Pour T1,  $h_{11}$  est notée  $r_1$  et pour T2,  $h_{11}$  est notée  $r_2$ .



1. Le schéma équivalent aux petites variations du montage

$$R_{B1} = R_1 // R_2$$

$$R_{B2} = R_3 // R_4$$

2. Expression de la résistance d'entrée  $R_{e2}$  de l'étage  $T_2$  ainsi que son gain  $A_{v2}$ .

$R_{e2}$ ?

$$R_{e2} = \frac{v}{i_{e2}}$$

$$R_{e2} = R_{b2} // R_{e2}$$

$$v = R_{e2} \cdot i_{b2}$$

$$R_{e2} = v / i_{b2}$$

$$v = r_2 \cdot i_{b2} + (\beta_2 + 1) i_{b2} (\rho_2 // R_{e2} // R_L)$$

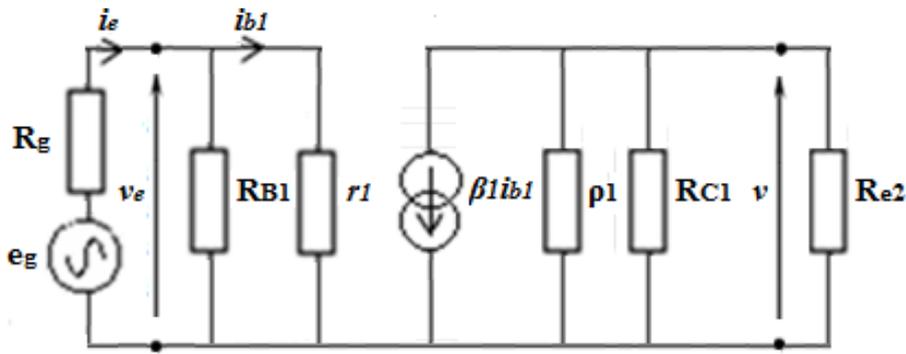
$$v = [r_2 + (\beta_2 + 1) (\rho_2 // R_{e2} // R_L)] i_{b2}$$

$$R_{e2} = [r_2 + (\beta_2 + 1) (\rho_2 // R_{e2} // R_L)] i_{b2} / i_{b2}$$

$$R_{e2} = r_2 + (\beta_2 + 1) (\rho_2 // R_{e2} // R_L)$$

$$\text{Donc : } R_{e2} = R_{b2} // [r_2 + (\beta_2 + 1) (\rho_2 // R_{e2} // R_L)]$$

3.Expression de la résistance d'entrée  $R_{e1}$  de l'étage  $T_1$  ainsi que son gain  $A_{v1}$ .



$R_{e1}$ ?

$$R_{e1} = \frac{v_e}{i_e}$$

$$v_e = (R_{B1} // r_1) \cdot i_e$$

$$R_{e1} = R_{B1} // r_1 \rightarrow R_{e1} = R_1 // R_2 // r_1$$

$A_{v1}$  ?

$$\begin{cases} v_e = r_1 \cdot i_{b1} \\ v = -(\rho_1 // R_{C1} // R_{e2}) \cdot \beta_1 i_{b1} \end{cases}$$

$$A_{v1} = \frac{v}{v_e}$$

$$A_{v1} = -\frac{\beta_1 \cdot (\rho_1 // R_{C1} // R_{e2})}{r_1}$$

4.Expression de la résistance d'entrée  $R_e$  du montage complet ainsi que son gain  $A_v$ .

$R_e$ ?

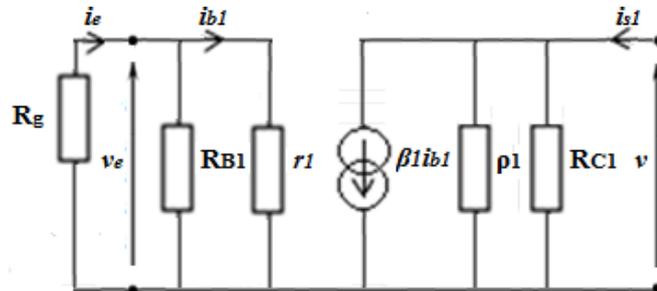
$$R_e = R_{e1} = R_1 // R_2 // r_1$$

$A_v$ ?

$$A_v = A_{v1} \cdot A_{v2} \rightarrow A_v = \left[ -\frac{\beta_1 \cdot (\rho_1 // R_{C1} // R_{e2})}{r_1} \right] \cdot \left[ \frac{(\beta_2 + 1)(\rho_2 // R_{E2} // R_L)}{r_2 + (\beta_2 + 1)(\rho_2 // R_{E2} // R_L)} \right]$$

5.Expression de la résistance de sortie  $R_{s1}$  de l'étage  $T_1$ .

$R_{s1}$ ?



$$R_{s1} = \frac{v}{i_{s1}} \Big|_{e_g=0, e_2 \text{ déconnectée}}$$

$$v = (\rho_1 // R_{C1}) \cdot i_{s1}$$

$$R_{s1} = \rho_1 // R_{C1}$$

6.Expression de la résistance de sortie  $R_s$  du montage complet.

$$V_s = R_s / i_s$$

$$R_s = (\rho_2 // R_{E2}) // R_s$$

$$R_s = V_s / ((\beta_2 + 1) i_{b2})$$

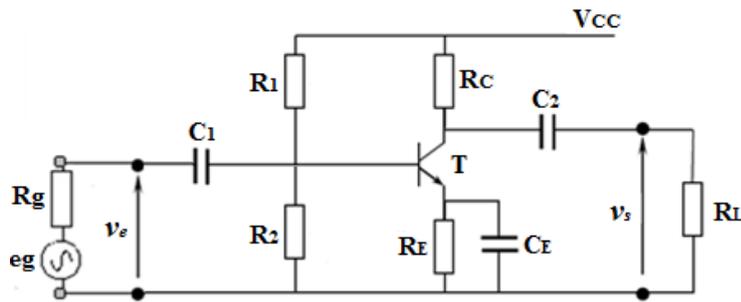
$$V_s = ((\rho_1 // R_{C1} // R_{B2}) + r_2) i_{b2}$$

$$R_s = ((\rho_1 // R_{C1} // R_{B2}) + r_2) i_{b2} / ((\beta_2 + 1) i_{b2})$$

$$R_s = ((\rho_1 // R_{C1} // R_{B2}) + r_2) / (\beta_2 + 1)$$

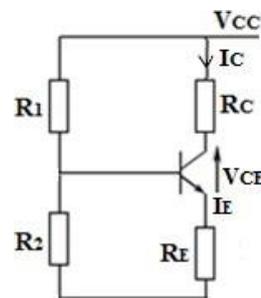
$$\text{Donc : } R_s = (\rho_2 // R_{E2}) // [((\rho_1 // R_{C1} // R_{B2}) + r_2) / (\beta_2 + 1)]$$

**Exercice 4:**



**I. Etude statique**

1. Schéma équivalent du montage en régime statique.



2. Equation de la droite de charge statique.

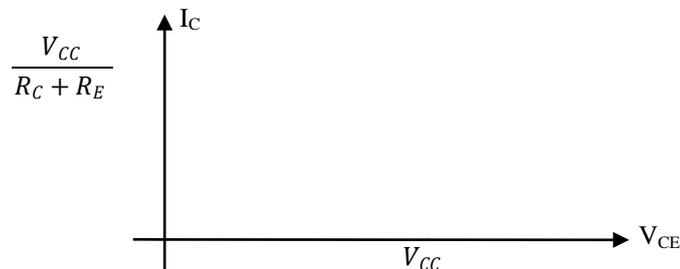
$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E$$

On néglige  $I_B$  devant  $I_C$  :  $I_E = I_C + I_B \approx I_C$

$$V_{CC} = (R_C + R_E) I_C + V_{CE}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E}$$

Graphes de la droite de charge statique :



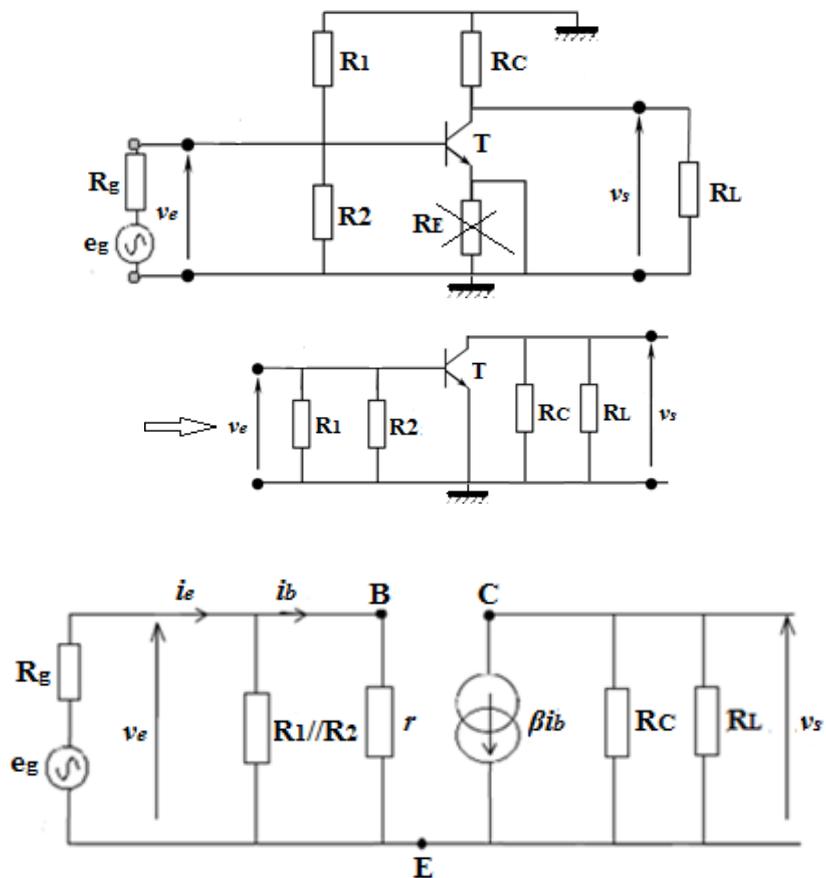
**II. Etude dynamique**

1. Type du montage ? Justification.

Montage émetteur-commun.

Justification : Entrée → Base, Sorite → Collecteur

2. Schéma équivalent du montage dans le domaine des petits signaux aux fréquences moyennes : ( $\rho \rightarrow \infty$ ),  $h_{11}$  est notée  $r$



3. Expression du gain en tension ( $A_v$ ). Expression du gain en tension à vide ( $A_{v0}$ ).

$A_v$  :

$$\begin{cases} v_e = r \cdot i_b \\ v_s = -(R_C // R_L) \cdot \beta i_b \end{cases}$$

$$A_v = \frac{v_s}{v_e}$$

$$A_v = -\frac{\beta \cdot (R_C // R_L)}{r}$$

$A_{v0}$  :

Sans charge :  $A_{v0} = -\frac{\beta \cdot R_C}{r}$

4. Expressions de la résistance d'entrée ( $R_e$ ) et de la résistance de sortie ( $R_s$ ).

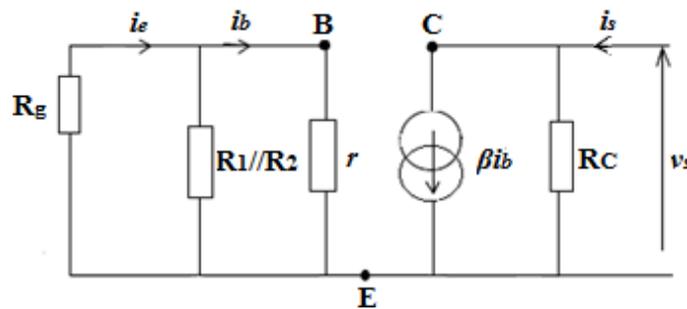
$R_e$  : z

$$R_e = \frac{v_e}{i_e}$$

$$v_e = (R_1 // R_2 // r) \cdot i_e$$

$$R_{e1} = R_1 // R_2 // r$$

$R_s$  :



$$R_s = \left. \frac{v_s}{i_s} \right|_{e_g=0, L \text{ déconnectée}}$$

$$v_s = R_c \cdot i_s \rightarrow R_s = R_c$$



