



CORRECTION: TD N°4 : Transistor bipolaire

Eléments Électronique-AP2

2016-2017

Exercice 1:

Étude statique

1. En régime continu ($\omega = 0$) les capacités deviennent des circuits ouverts on obtient le schéma équivalent statique du montage -voir figure 1.
2. La tension d'entrée, V_e , est appliquée en la base; quant à la tension de sortie, V_s , est prélevée au collecteur \Rightarrow il s'agit d'un *Emetteur commun*.
3. on suivant la démarche de la figure 2 et par application du théorème de Thévenin au niveau de l'entrée on trouve:

$$R_{TH} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$E_{TH} = \frac{V_{CC} \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{diviseur de tension})$$

4. équation de la droite d'attaque:

La loi des mailles côté entrée:

$$E_{TH} - R_{TH} I_B - V_{BE} - R_E (I_C + I_B) = 0$$

$$E_{TH} - R_{TH} I_B - V_{BE} - R_E I_B (\beta + 1) = 0$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{E_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + \beta R_E} \quad \text{car } \beta \gg 1$$

Il s'agit d'une droite décroissante de pente $\frac{-1}{R_{TH} + \beta R_E}$ qui passe par les points:

A tel que: ($I_B = 0$, $V_{BE} = E_{TH}$) soit (0A, 1V)

B tel que: ($I_B = \frac{E_{TH}}{R_{TH} + \beta R_E}$, $V_{BE} = 0$) soit (240 μ A, 0V) non représenté sur le graphe

C tel que: ($I_B = 120\mu$ A, $V_{BE} = 0.5V$)

équation de la droite de charge:

La loi des mailles côté de sortie:

$$\begin{aligned}
V_{CC} - R_C \cdot I_C - V_{CE} - R_E \cdot I_E &= 0 \\
V_{CC} - R_C \cdot I_C - V_{CE} - R_E \cdot (I_C + I_B) &= 0 \\
V_{CC} - R_C \cdot I_C - V_{CE} - R_E \cdot I_C \cdot (1 + 1/\beta) &= 0 \\
V_{CC} - R_C \cdot I_C - V_{CE} - R_E \cdot I_C &= 0 \quad \text{car } \beta \gg 1 \\
\Rightarrow I_C &= \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E}
\end{aligned}$$

Il s'agit d'une droite décroissante de pente $\frac{-1}{R_C + R_E}$ qui passe par les points:

A tel que: $(I_C = 0, V_{CE} = V_{CC})$ soit $(0A, 12V)$

B tel que: $(I_B = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}, V_{CE} = 0)$ soit $(6mA, 0V)$

5. L'intersection de la droite d'attaque D_C avec la caractéristique du réseau de sortie permet de trouver $(V_{CE0} = 5.75V, I_{C0} = 3.15mA)$ - Voir figure 4

L'intersection de la droite d'attaque D_A avec la caractéristique du réseau d'entrée permet de trouver $(V_{BE0} = 0.75V, V_{BE0} = 60\mu A)$ - Voir figure 4

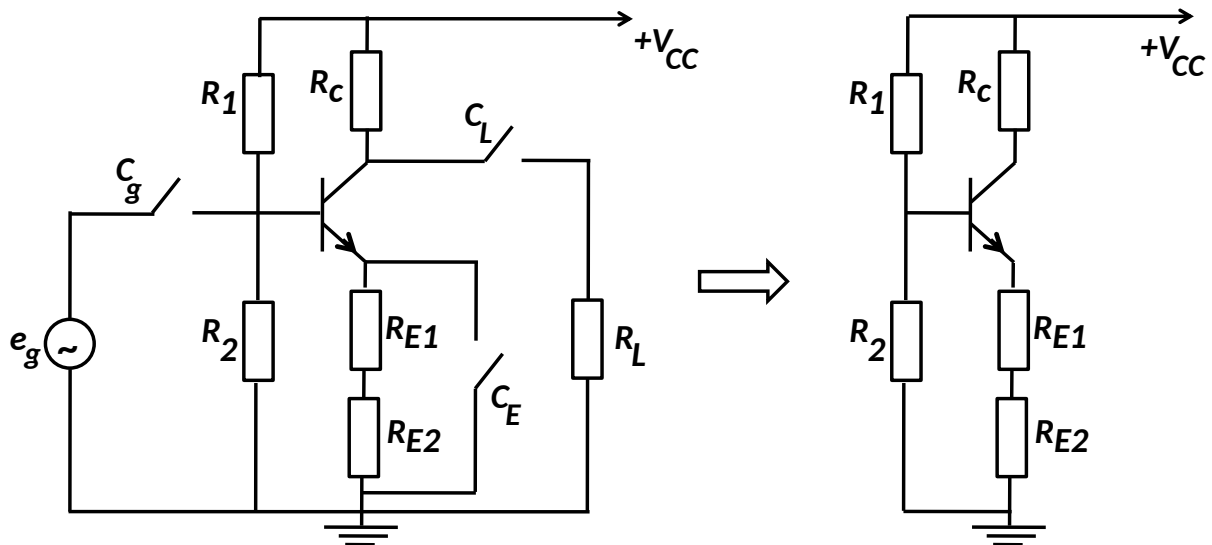


Figure 1: Schéma équivalent statique du montage

Étude dynamique

1. Les différents étapes pour l'obtention du schéma équivalent dynamique du montage est présenté sur la figure 5.
2. Calcul des grandeurs fondamentales:
Calcul du gain en tension A_v :

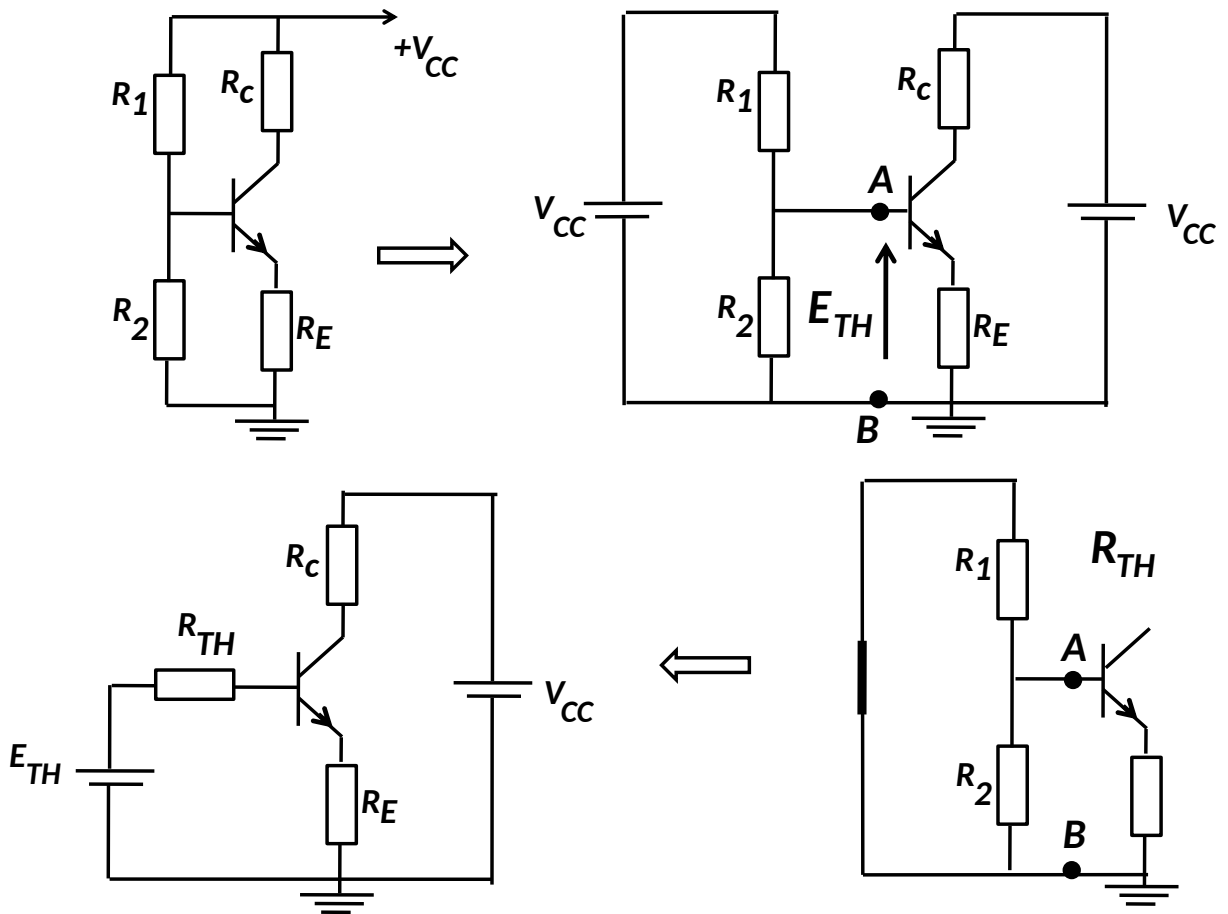


Figure 2: Transformation du montage

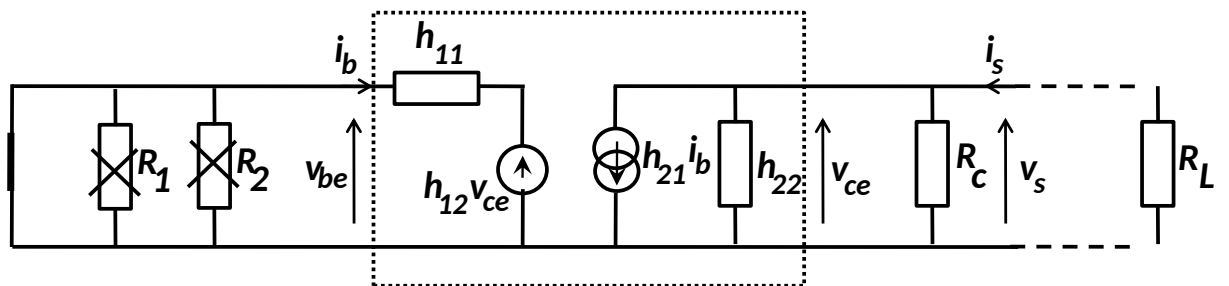


Figure 3: Calcul de l'impédance de sortie

$$A_V = \frac{v_s}{v_e} = \frac{v_s}{i_b} \cdot \frac{i_b}{v_e}$$

Maille de sortie $v_s = - \left(R_{eq_s} // \frac{1}{h_{22}} \right) h_{21} i_b$ avec $R_{eq_s} = (R_C // R_L)$

Maille d'entrée $v_e = h_{11} i_b + h_{12} v_{ce} = h_{11} i_b + h_{12} v_s$

Soit $v_e = \left[h_{11} - h_{12} \left(R_{eq_s} // \frac{1}{h_{22}} \right) h_{21} \right] i_b$

$$A_V = \frac{- \left(R_{eq_s} // \frac{1}{h_{22}} \right) h_{21}}{\left[h_{11} - h_{12} \left(R_{eq_s} // \frac{1}{h_{22}} \right) h_{21} \right]}$$

Calcul du gain en courant A_i :

$$A_i = \frac{i_s}{i_e} = \frac{i_s}{i_b} \cdot \frac{i_b}{i_e}$$

Maille d'entrée $i_e = \frac{v_{be}}{R_{eq_e}} + i_b$ avec $R_{eq_e} = R_1 // R_2$

$$v_{be} = h_{11}i_b + h_{12}v_{ce}$$

Or $v_{ce} = -\left(R_{eq_s} // \frac{1}{h_{22}}\right) h_{21}i_b = -R'_{eq_s} h_{21}i_b$ avec $R'_{eq_s} = R_{eq_s} // \frac{1}{h_{22}}$

D'où $v_{be} = \left[h_{11} - h_{12}R'_{eq_s} h_{21}\right] i_b$

Soit $i_e = \left(\frac{\left[h_{11} - h_{12}R'_{eq_s} h_{21}\right]}{R_{eq_e}} + 1\right) \cdot i_b$

Maille de sortie $i_s = \frac{y_{RL} h_{21} i_b}{(y_{RL} + y_{RC} + h_{22})}$ diviseur de courant avec: $y_{RL} = 1/R_L$ $y_{RC} = 1/R_C$

Enfin $A_i = \left(\frac{y_{RL} h_{21}}{(y_{RL} + y_{RC} + h_{22})}\right) \cdot \left(\frac{R_{eq_e}}{R_{eq_e} + \left[h_{11} - h_{12}R'_{eq_s} h_{21}\right]}\right)$

Calcul de l'impédance d'entrée Z_e :

$$Z_e = R_{eq_e} // \frac{v_{be}}{i_b}$$

Or précédemment on a: $v_{be} = \left[h_{11} - h_{12}R'_{eq_s} h_{21}\right] i_b$

Alors: $Z_e = R_{eq_e} // \left[h_{11} - h_{12}R'_{eq_s} h_{21}\right]$

Calcul de l'impédance de sortie Z_s :

Pour calculer Z_s il faut éliminer le générateur e_g le montage devient comme présenter sur la figure 3

$$Z_s = \frac{v_s}{i_s} \Big|_{e_g=0}$$

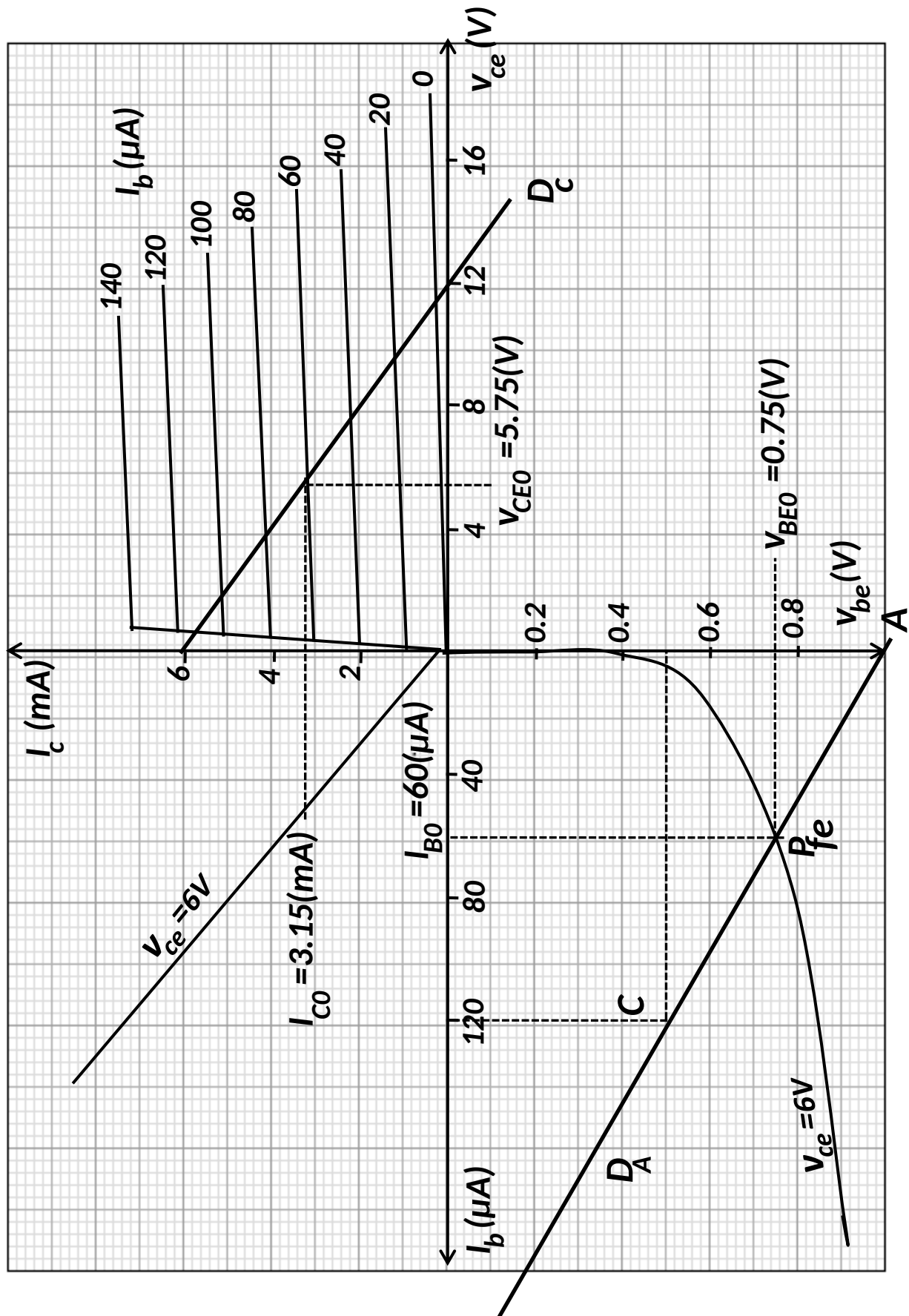
Maille de sortie $i_s = \frac{v_s}{R_C // \frac{1}{h_{22}}} + h_{21}i_b$

$$\frac{1}{Z_s} = \frac{i_s}{v_s} = \frac{1}{R_C // \frac{1}{h_{22}}} + \frac{h_{21}i_b}{v_s}$$

Maille d'entrée $h_{11}i_b + h_{12}v_s = 0 \Rightarrow \frac{i_b}{v_s} = -\frac{h_{12}}{h_{11}}$

$$\frac{1}{Z_s} = \frac{i_s}{v_s} = \frac{1}{R_C // \frac{1}{h_{22}}} - \frac{h_{21}h_{12}}{h_{11}}$$

$$Z_s = \frac{1}{\frac{1}{R_C // \frac{1}{h_{22}}} - \frac{h_{21}h_{12}}{h_{11}}}$$



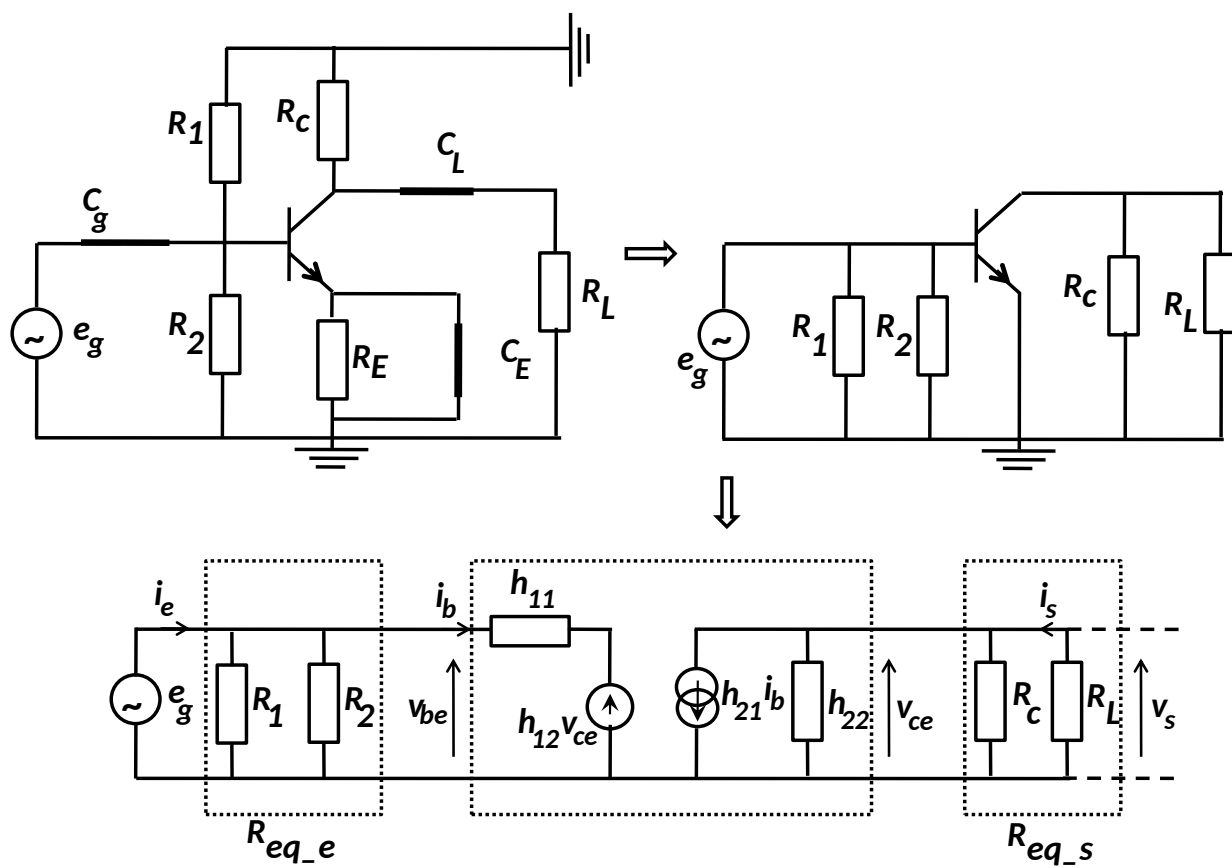


Figure 5: Schéma équivalent dynamique du montage